T.C
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı
Cerrahi Tıp Bilimleri Bölüm Başkanlığı
Nöroşirurji Anabilim Dalı Başkanlığı

# LİMBİK SİSTEM MİKROANATOMİSİ: AK MADDE DİSEKSİYONU VE DİFÜZYON TENSÖR GÖRÜNTÜLEME EŞLİĞİNDE 3 BOYUTLU İNCELENMESİ

UFUK TEMTEK

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
PROF.DR.HAKAN HADİ KADIOĞLU
DOÇ. DR. METE ZEYNAL

ERZURUM 2025

T.C
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı
Cerrahi Tıp Bilimleri Bölüm Başkanlığı
Nöroşirurji Anabilim Dalı Başkanlığı

# LİMBİK SİSTEM MİKROANATOMİSİ: AK MADDE DİSEKSİYONU VE DİFÜZYON TENSÖR GÖRÜNTÜLEME EŞLİĞİNDE 3 BOYUTLU İNCELENMESİ

UFUK TEMTEK

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
PROF.DR.HAKAN HADİ KADIOĞLU
DOÇ. DR. METE ZEYNAL

ERZURUM 2025

Bu araştırma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TTU-2023-12254 kodlu proje olarak desteklenmiştir

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

# ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ TEZ SINAVI TUTANAĞI

| I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİ ve TEZİ İLE İLGİLİ BİLGİLER | |
|---|---|
| **Adı, Soyadı** : Ufuk TEMTEK | **Sınav tarihi:** 31 / 01 / 2025 |
| **Anabilim Dalı** : Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD | |
| **Tez Danışmanı ve Atanma Tarihi:** Prof. Dr. Hakan Hadi KADIOĞLU 26.01.2023 | |
| **Tezin Konusu ve Başlığı :** "Limbik Sistem Mikroanatomisi; Ak Madde Diseksiyonu ve DTI Eşliğinde Üç Boyutlu İncelenmesi : Kadavra Çalışması"<br>**Belirlenme Tarihi** : 10.01.2023 | |
| **Tezin Niteliği** : ☒ Tıpta Uzmanlık Tezi<br>☐ Klinik Çalışmalar ( ) Prospektif ( ) Retrospektif ( ) Kesitsel<br>☐ 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.) | |

## 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*

## IV. JÜRİ ÜYELERİ

| | Unvanı Adı Soyadı | Uzmanlık Dalı | Kurum Bilgisi | İmza |
|---|---|---|---|---|
| **Jüri Başkanı** | Prof. Dr. Hakan Hadi KADIOĞLU | Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD | Atatürk Üniversytesi Tıp Fakültesi | |
| **Jüri Üyesi** | Prof. Dr. Mehmet Dumlu AYDIN | Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD | Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi | |
| **Jüri Üyesi** | Prof. Dr. Mürteza ÇAKIR | Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD | Atatürk Üniverstesi Tıp Fakültesi | |

## İÇİNDEKİLER

**İÇİNDEKİLER** ..... **İİ**

**TEŞEKKÜR** ..... **İV**

**ÖZET** ..... **V**

**ABSTRACT** ..... **Vİİ**

**ŞEKİLLER DİZİNİ** ..... **İX**

**SİMGELER KISALTMALAR** ..... **Xİİİ**

**1.GİRİŞ VE AMAÇ** ..... **1**

**2.GENEL BİLGİLER** ..... **3**

2.1 Tarihçe ..... 3

2.1.1 Limbik Sistem ve Tarihçesi ..... 3

2.2 Anatomi ..... 5

2.2.1 Temporal Lob Anatomi ..... 5

2.2.2 İnsula Anatomi ..... 9

2.2.3 Limbik Lob Anatomi ve Fonksiyon ..... 12

2.2.3.1 Papez Döngüsü Ve Tarihçesi ..... 13

2.2.3.2 Limbik Lobun Yedi Ana Semisirküler Bağlantısı ..... 14

2.2.3.2.1 Singulum ..... 15

2.2.3.2.2 Longitudinal Stria ve İndiseum Griseum ..... 15

2.2.3.2.3 Forniks ..... 15

2.2.3.2.4 Stria Terminalis ..... 16

2.2.3.2.5 Stria Medullaris ..... 16

2.2.3.2.6 Broca'nın Diagonal Bandı ..... 16

2.2.3.2.7 Unsinat Fasikül ..... 17

2.2.3.3 Limbik Lobun Başlıca Elemanları ..... 17

2.2.3.3.1 Singulat Girus ..... 17
2.2.3.3.2 Amigdala ..... 18
2.2.3.3.3 Hipokampus ..... 19
2.2.3.3.4 Hipotalamus ..... 19
2.2.3.3.5 Anterior Nükleus Talami ve Anterior Talamik Pedinkül ..... 20
2.2.3.3.6 Mamillotalamik Traktus ..... 20
2.2.3.3.7 Ventral Amigdalofugal Yol ve Ansa Pedinkülaris ..... 21
2.2.3.3.8 Septal Çekirdekler ..... 21
2.2.3.3.9 Anterior Komissur ..... 22
2.2.3.3.10 Medial Ön Beyin Demeti ..... 22
2.2.3.3.11 Akumbens Çekirdekler ..... 22
2.2.4 Serebral Ak Madde Yollarının Önemi ve Tarihçesi ..... 23
2.2.4.1 Tarihsel Bakış ..... 23
2.2.4.2 Serebral Ak Madde Yollarının Önemi ..... 24
**3.GEREÇ ..... 26**
**4.YÖNTEM ..... 27**
**5.BULGULAR ..... 29**
5.1 Laterale Medialden Doğru Kademeli Diseksiyon ..... 29
5.2 Medialden Laterale Doğru Kademeli Diseksiyon ..... 40
5.3 Radyoloji Bulgular ..... 72
**6. TARTIŞMA ..... 83**
**7. SONUÇ ..... 96**
**8. KAYNAKÇA ..... 97**

## TEŞEKKÜR

Tüm ihtisasım boyunca ve tezimi hazırladığım süre zarfında bana yol gösterdiği ve öncülük ettiği için Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Hakan Hadi Kadıoğlu'na,

Tez çalışması sürecinde emeği geçen, bilgi ve deneyimlerini cömertçe paylaşan, abiliğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli tez danışman hocam Doç. Dr.Mete Zeynal'a,

Uzmanlık tezimin, konusu dahil; başlangıcından bitişine kadar her türlü imkânı sağlayıp, bilgi ve tecrübesiyle ufkumu açan, desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Mehmet Hakan Şahin' e

İhtisasım boyunca eğitimime sonsuz katkıları olan Prof. Dr. Mehmet Dumlu Aydın'a, Prof. Dr. Gökşin Şengül'e, Prof. Dr. Mürteza Çakır'a, Doç. Dr. Mehmet Emin Akyüz'e ve Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Kürşat Karadağ'a,

Yüksek tempolu ve unutulmaz asistanlık sürecinde beraber çalışma fırsatı bulduğum değerli dostlarım Op.Dr. Yakup Çağlaroğlu, Op.Dr. Caner Fahrettin Kara, Op.Dr. Furkan İlteber Dayı, Op.Dr. Temirlan Chyndolotov, Op. Dr.Tohid Vahedkajehpasha, Dr. Elshan Ojagov, Dr. Şahabettin Canımoğlu Kaplan, Dr. İrfan Kılıç, Dr. Jaililu Aryeetey Armah, Dr. İmamverdi Hasanov, Dr. Turgut Huseyinli, Dr. İsfendiyar Turan, Dr. Ferhat Erkan, Dr. Sefa Yazıcı, Dr. Oğuzhan Aktaş, Dr. Haşim Ateş'e,

Diseksiyon sürecinde ekip çalışmasının hazzına vardığım değerli çalışma arkadaşım Dr. Serhat Gündoğdu'ya,

Yazım sürecinde katkı ve destleklerinden dolayı değerli dostum Op.Dr. Muhammet Elveren'e,

Son olarak öğrenciliğimin ve asistanlığımın her aşamasında bana desteklerini esirgemeyen annem, babam ve sevgili ablam Gülçin Temtek'e,

Bu süreçte her zaman yanımda olan sevgili eşim AYŞE NUR, her zaman motivasyon kaynağım olan biricik oğullarım MERT ALİ ve MEHMET YİĞİT'e

Sonsuz Teşekkürler…

**Ufuk TEMTEK**

**2025**

# ÖZET

## Limbik Sistem Mikroanatomisi: Ak Madde Diseksiyonu ve Difüzyon Tensör Görüntüleme Eşliğinde 3 Boyutlu İncelenmesi

**Amaç:** Limbik sistem, duygusal ve bilişsel süreçler üzerinde etkili olan, beyindeki kortikal ve subkortikal birçok bölgenin birleşiminden oluşan kompleks bir yapı olarak tanımlanır. 1870'li yıllarda Paul Broca ile başlayan limbik sistem makro anatomisi hakkında günümüze kadar çok sayıda araştırma yapılmıştır. Beynin merkezinde yer alan bu kompleks yapının ameliyatı yapmayı hedefleyen cerrahın makro anatomi dışında, mikro anatomik bağlantıları da çok iyi bilmesi gerekmektedir. Ak madde yolları, birçok anatomik yapının oluşturduğu bu kompleks sistemdeki iletişim sağlayan ağdır. Bu nedenle bu bölgenin ak madde yolakları ve mikro bağlantı yollarının ortaya konulması cerrahi yaklaşımın başarısında kilit rol oynamaktadır. Limbik sistem yapılarını ve bu yapılar arasındaki bağlantıların makro anatomisinin, mikro anatomisinin ak madde diseksiyon ve difüzyon tensör görüntüleme (DTI) teknikleri ile 3 boyutllu görüntüler eşliğinde incelenmesi 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 manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile 3 planda 1 mm kesit aralıklarla görüntülemeler yapılarak tüm spesmenlerin diseksiyon yapmaya elverişli olduğu görüldü. Kranyal cerrahi usulle skalp, kemik, dura açığa çıkarıldı, kaldırıldı. Cerrahi mikroskop yardımıyla medialden laterale sonra lateralden mediale doğru vasküler 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 20 gönüllünün, ak madde liflerinin yönelimini incelemek için için MRG görüntüleri alındı. Lif izlerini tasvir etmek için kavisli çok düzlemli rekonstrüksiyon ve 3D modelleme DSI studio kullanılarak yapıldı. 20 adet sağlıklı bireye ait DTI görüntüler, kadaverik spesmenlerden elde edilen görüntüler ile eşleştirilerek değerlendirildi.

**Bulgular:** Kademeli olarak yapılan ak madde lif diseksiyon çalışması sonucu limbik sisteme ait olan ak madde yolları ve bu yolların birbiri ile olan bağlantısı literatürde bilinen klinik çalışmalarla korele şekilde DTI ile gösterildi.

**Sonuç:** Nöroanatomi bilgisi beyin cerrahları için çok önemli bir yere sahiptir, müdahalelerin başarısı ve hasta güvenliği bu bilgilere dayanmaktadır. Son yıllardaki radyolojik görüntülemelerdeki gelişmelerle özellikle tümöral lezyonlar başta olmak üzere beyindeki tüm patolojilerin tam konumunu ve etrafındaki ak madde lifleri ile ilişkilerini belirlemeye yardımcı olur. Ak madde diseksiyonu nöroanatomi bilgisini geliştirirken, cerrahların üç boyutlu düşünme becerilerini güçlendirir ve güncel radyolojik gelişmeleri daha iyi anlamlandırarak daha doğru ve daha güvenli bir cerrahi planlama yapmalarına olanak sağlar**.** Bizde çalışmamızda beynin merkezide yer alan limbik sistemi anatomisinin hem ak madde diseksiyonu hem de güncel traktografik yöntemlerle gösterdik. Çalışmamızda limbik sistemin güncel literatür ışığında mikro anatomik ve traktografik yöntemlerle gösterilmesi sağlandı. Böylelikle limbik sistemin genel anatomisi üzerinde yapılan az sayıda çalışma olduğu göz önüne alındığında literatüre bir katkı sunduk.

**Anahtar Kelimeler**: Ak madde yolları, Limbik sistem, Traktografi

## ABSTRACT

### Microanatomy of the Limbic System: A Three-Dimensional Examination Using White Matter Dissection and Diffusion Tensor Imaging

**Objective:**The limbic system is defined as a complex structure composed of multiple cortical and subcortical regions in the brain, playing a crucial role in emotional and cognitive processes. Since the 1870s, when Paul Broca initiated research on the macroanatomy of the limbic system, numerous studies have been conducted. Neurosurgeons aiming to operate on this intricate central brain structure must not only have a thorough understanding of its macroanatomy but also its microanatomical connections. White matter pathways serve as the communication network within this complex system composed of various anatomical structures. Therefore, elucidating the white matter tracts and microconnections in this region plays a key role in the success of surgical approaches. This study aims to examine the macroanatomy and microanatomy of limbic system structures and their interconnections through white matter dissection and diffusion tensor imaging (DTI) techniques using three-dimensional visualization.

**Materials and Methods:**This study was conducted in the Laboratory of the Department of Anatomy at Erzurum Atatürk University Faculty of Medicine. The research was carried out in two phases: anatomical and radiological. In the first phase, anatomical dissections were performed on 10 embalmed, stained cadaveric head specimens. Prior to dissection, magnetic resonance imaging (MRI) scans of the specimens were obtained in three planes with 1 mm slice intervals to ensure suitability for dissection. The scalp, bone, and dura mater were exposed and removed using cranial surgical techniques. White matter fiber dissections were performed under an operating microscope using microsurgical instruments while preserving vascular structures, progressing from medial to lateral and then from lateral to medial. Each stage of the dissection was documented with three-dimensional photography.

In the second phase, MRI scans were obtained from 20 healthy volunteers without cerebral pathology to examine the orientation of white matter fibers. Curved multiplanar reconstruction and 3D modeling were performed using DSI Studio to

visualize the fiber tracts. DTI images from these 20 individuals were matched and compared with images obtained from cadaveric specimens for analysis.

**Results:**Stepwise white matter fiber dissection revealed the white matter tracts of the limbic system and their interconnections. The findings obtained from DTI imaging were consistent with previously reported clinical studies in the literature.

**Conclusion:**Neuroanatomical knowledge is crucial for neurosurgeons, as the success of surgical interventions and patient safety rely on this expertise. With advancements in radiological imaging techniques in recent years, especially for tumor lesions, it has become possible to determine the precise location of brain pathologies and their relationship with surrounding white matter fibers. While white matter dissection enhances neuroanatomical knowledge and strengthens surgeons' three-dimensional thinking skills, it also facilitates a better understanding of contemporary radiological advancements, allowing for more accurate and safer surgical planning.

In our study, we demonstrated the anatomy of the limbic system, which is centrally located in the brain, through both white matter dissection and modern tractographic techniques. By presenting the microanatomical and tractographic characteristics of the limbic system in light of current literature, our research contributes to the existing body of knowledge, given the limited number of studies on the general anatomy of the limbic system.

**Keywords:** White matter pathways, Limbic system, Tractography

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil 1.** Temporal Lob Lateral Medial Ve İnferior Görünümü ..... 9
**Şekil 2.** İnsula Medialde Giruslarının Ve Dekortikasyonu Sonrası Görünümü..... 11
**Şekil 3.** Limbik lob ..... 12
**Şekil 4.** Papez Döngüsü Tarihçesi ..... 13
**Şekil 5.** Limbik Lobun Yedi Ana Bağlantısı 1)Singulat 2)Longitudinal Stria 3)Forniks 4)Stria Terminalis 5)Stria Medullaris 6)Diagonal Band 7)Unsinat Fasikül Yeşil: Singulat Lifler, Kırmızı: Hipokampal Lifler Mavi : Amidala Kompleksi Sai Mezensefalan Arası Bağlantılar ..... 14
**Şekil 6.** Limbik Lobun Bağlantılarının Kadavra Beyni Üzerinde Gösterimi ..... 14
**Şekil 7.** Limbik Lob Başlıca Elemanları..... 17
**Şekil 8.** Atlas Serebri Humani ..... 24
**Şekil 9.** Cillten kortekse kadar diseksiyon aşamaları ( A: Kafa spesmeninin lateral görüntüsü; B: Cilt kaldırıldıktan sonra lateralden kaide kemiklerinin görüntüsü C: Kemik kaldırıldıktan sonra supratentoryal bölgeye ait dura mater görüntüsü; D: Dura mater kaldırıldıktan sonra lateral hemisfer ait korteks ve vasküler yapıların görüntüsü; E: Sağ hemisfer çıkarıldıktan sonra sol hemisferin flaks serebri ile medial görünümü; F: Falks serebri kaldırıldıktan sonra sol hemisfer medial görünüm; G: Sağ hemisfer araknoid mater ve vasküler dokular temizlendikten sonra lateral görünüm; H: Sağ hemisfer araknoid mater ve vasküler dokular temizlendikten sonra medial görünüm; I: Sağ hemisfer lateral ak madde diseksiyon aşaması; J: Sağ hemisfer medial ak madde diseksiyon aşaması)..... 28
**Şekil 10.** A: sağ hemisfer supratentoryal alan dura ve araknoid mater kaldırıldıktan sonraki lateral hemisfer vasküler ağ görüntüsü B: sağ hemisferin arter ve venler eksize edildikten sonraki lateral korteks görüntüsü. ..... 30
**Şekil 11 :** A: dekortikasyondan sonra kısa u liflerinin gösterilmesi B: dekortike edilmiş girus duvarlarının kısaltılması sonrası u liflerinin görüntüsü..... 31
**Şekil 12.** u lifleri kaldırıldıktan sonra SLF ve AF görüntüsü ..... 32
**Şekil 13.** SLFc / AF, sstr ve FAT görünümü ..... 33
**Şekil 14.** Eksternal kapsül, klastrum, kısa insular girusların görünümü..... 34

**Şekil 15.** Eksternal kapsül, klastrumun ve unsinat fasikül görülmesi..... 35
**Şekil 16.** ex ve ec kaldırılması sonrası Pu ve UF görünümü ..... 35
**Şekil 17.** Pu ve fof un kısmen kaldırılması sonrası gp nin ve ac nin anterolateralden görüntüsü..... 36
**Şekil 18.** İnternal kapsülün liflerinin ve optik radyasyon liflerinin gösterilmesi ..... 36
**Şekil 19.** tapetum lifleri epandim dokusu kaldırılması ile ventrikül içerisinde hipokampüs görünümü (A: tapetum liflerinin kaldırılması ve ventrikül duvarının görülmesi B: ventrikül duvarının kaldırılması koroid pleksus görülmesi C: koroid pleksus ekartasyonu ile hipokampus gövdesinin görülmesi D: Koroid pleksusun kaldırılması) ..... 37
**Şekil 20.** : hipokampüs ve amigdalanın lateral diseksiyonlardan sonra görüntülenmesi..... 38
**Şekil 21.** hipokampüs baş, gövde fimbria ve forniks görünümü ..... 39
**Şekil 22.** Talamus eksarte edilmesi sonrası Hipokampüs, fimbria ve forniksin görünümü ..... 40
**Şekil 23.** Supratentoryal sınır içerisinde kalan skalp, kemik ve sağ hemisfer çıkarıldıktan sonra sol hemisfer medial yüzey görünümü ..... 41
**Şekil 24.** Falks serebri kaldırıldıktan sonra medial yüzey görüntüsü ..... 42
**Şekil 25.** Meninks ve vasküler dokular kaldırıldıktan sonra sağ hemisfer medial görünümü ..... 43
**Şekil 26.** A-B: Sol hemisfer medial yüzeyinin anteroinferiordan görüntüsü ..... 44
**Şekil 27.** A: Talamus üzerinden epandim dokusu kaldırılarak thp-ec, DLF, mtt, mtet görünümü. B: talamus medial yüzeyine odaklanılması sonrası talamus üzerindeki DLF, thp-ec, mtet ve MFB nin görülmesi..... 45
**Şekil 28.** A: MB, mtt ile bağlantısı kesilerek pocfx ile kısmen diseke edildi. B: sm ile pocfx posterior liflerinin birleşim yerinin gösterilmesi ..... 47
**Şekil 29:** A-B: thp-ec dekortikasyonu, MB ve pocfx kaldırılması sonrası ATN görüntüsü, ayrıca Ent, AG, SLG görünümü..... 48
**Şekil 30:** A-B: Talamus ve hipotalamus kısmi dekortikasyonu sonrası ATT, ATeT, AHT görünümü..... 49
**Şekil 31:** A-B: Sağ hemisfer CG dekortikasyonu sonrası cg görüntüsü..... 50

**Şekil 32:** Singulat girusun dekortike edilmesinden sonra singulumun ortaya çıkarılması, talamus üzerinden mamillotalamik traktusun talamus dekortikasyonundan sonra görülmesi..... 51
**Şekil 33.** A: GRe, MFG, PTG, SCG dekortikasyon sonrası singulat pol görünümü B: Kaudat nükleus rostrum ve genusu eksize edildikten sonra kaudat nükleus görüntüsü C: Forniks kaldırıldıktan sonra talamus ve kaudat nükleus görüntüsü ..... 52
**Şekil 34 .** A-B: Beyin sapı mezensefalon hizasından kesilerek alınan sol hemisfer medial yüzey görüntüsü ve LgG, PhG, ICG, FG, cos, Ent, un, us, unn, SLG, AG, rs, TmP medial ve inferiordan görünümü ..... 53
Şekil 35 Anterior talamik pedikül ve singulum liflerinin parahipokampal uzantısının medial açıdan görüntüsü ..... 54
**Şekil 36 .** A: İTG kaldırıldıktan sonra PhG görünümü B: PhG dekortikasyon sonrası cg görünümü ..... 55
**Şekil 37 .** A: PhG dekortike edildikten sonra cg liflerinin gösterilmesi B: PCun dan başlayıp inferiora doğru uzanan cg liflerinin görünümü..... 56
**Şekil 38.** A:cg ve talamus üzerindeki liflerin posterior ve superior açıdan görünümü B: ac liflerinin singulat pole doğru uzanan kısmının görünümü..... 57
**Şekil 39.** A Diagonal band kaldırılması ile VAFP görünümü B: Ent ekartasyonu ile st ve VAFP görünümü ..... 58
**Şekil 40.** A: AHT ve cg nin inferior açıdan görünümü B: VAFP ve st nin anteriordan görünümü ..... 59
**Şekil 41.** A: UF nin medial açıdan görünümü B: Ent ekarte edildikten sonra UF, st ve cg nin görünümü ..... 60
**Şekil 42.** A-B: cg liflerinin CC-s ye kadar olan liflerinin görünümü ..... 61
**Şekil 43.** A-B: cg liflerinin bir kısmının CC altından geçtiği görülmesi..... 62
**Şekil 44.** A: sol hemisfer lateral görüntüsü B: sol hemisfer inferior görüntüsü ..... 63
**Şekil 45.** A-B:CC-s dekortike edilerek cg liflerinin bir kısmının buraya doğru yöneldiğinin görüntüsü ..... 64
**Şekil 46.** A-B cg liflerinin inferiordan görünümü ..... 65
**Şekil 47**. A-B fm, thp-i, tp liflerinin gösterilmesi..... 66
**Şekil 48.** A-C: sol hemisfer medial yüzey inferior görüntüsü ..... 67

**Şekil 49.** A-D cg liflerinin kaldırılması ve Ent bir kısmının dekortike edilmesi sonrası sol hemisfer medial yüzeyi ..... 68
**Şekil 50.** A-B: fmj liflerinin gösterilmesi ..... 69
**Şekil 51.** A-C tp liflerinin fornikse karışması ..... 70
**Şekil 52.** Fronto talamik liflerinin görünümü ..... 71
**Şekil 53.** cg lifleri kaldırıldıktan sonra hipokampüs görünümü ..... 72
**Şekil 54.** A: Sol hemisfer lateralden cg,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden cg,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü ..... 74
**Şekil 55.** A: Sol hemisfer lateralden fx,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden fx,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü ..... 75
**Şekil 56.** A: Sol hemisfer lateralden st,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden st,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü ..... 76
**Şekil 57.** A: Sol hemisfer lateralden sm,thp-a,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden sm,thp-a,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü..... 77
**Şekil 58.** A: Sol hemisfer lateralden ATT,AHT,AST,ATeT,A-SI,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden ATT,AHT,AST,ATeT,A-SI,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü..... 78
**Şekil 59.** A: Sol hemisfer lateralden ac,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden ac,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü ..... 79
**Şekil 60.** A: Sol hemisfer lateralden mtet,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden mtet,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü..... 80
**Şekil 61.** A: Sol hemisfer lateralden UF,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden UF,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü..... 81
**Şekil 62.** A: Sol hemisfer lateralden cg,fx,st,sm,ATT,AHT,ATeT,AST,A-SI,mtet,UF,ac,thp-a,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden cg,fx,st,sm,ATT,AHT,ATeT,AST,A-SI,mtet,UF,ac,thp-a,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü..... 82

## SİMGELER KISALTMALAR

**1n**: 1.Kranial sinir,

**2n**: 2. Kranial sinir

**3n**: 3.kranial sinir

**a.f.a.:** anterior frontal arter,

**a.f.v:** anterior frontal ven,

**a.p.v**: anterior paryetal ven,

**a.t.a**: anterior temporal arter,

**a.t.v**: anterior temporal ven,

**A2**: anterior serebral arter A2 dalı,

**A3**: anterior serebral arter A3 dalı,

**ac**: anterior komissur,

**AF**: arkuat fasikül

**AG**: ambiens girus,

**AHT**: amigdala hipotalamik trakt,

**aic**: internal kapsül anterior bacağı,

**als**: anterior limitan sulkus, ,

**alv**: alveus,

**Amg**: amigdala,

**an.p.ar**: anterior paryetal arter,

**Ang**: angüler girus,

**ATeT**:amigdala tegmental trakt,

**ATT**:amigdala talamik trakt,

**ATh**: anterior talamik nükleus,

**ATN**: anterior talamik nükleus,

**bfx**: forniks gövdesi,

**bG**: Giacomini bandı, ,

**Cb**: Serebellum,

**CC-b**: korpus kallozum gövdesi, ,

**CC-g**: korpus kallozum genu,

**CC-r**: korpus kallozum rostrum,

**CC-s**: korpus kallozum splenium

**ce**: santral sulkus,

**ce.a**.: santral arter,

**ce.v.:** santral ven,

**cfx**:krus forniks,

**CG**: singulat girus

**Cg**: singulum,

**cgs**: singulat sulkus,

**chp**: koroid pleksus,

**Ci.pol**: singulat pol,

**Cl**: klastrum,

**cos**: kollateral sulkus,

**cr**: korona radiata lifleri,

**cs**: kalkarin sulcus,

**Cun**: kuneus,

**db**: diagonal band,

**dHp**: hipokampüs parmaksı çıkıntıları,

**DLF**:dorsal longitudinal fasikül,

**ec**: eksternal kapsül,

**Ent**: entorinal alan,

**ex**: ekstrem kapsül,

**FAT**: fronto astlant trakt,

**IFG**: inferior frontal girus,

**FG**:fasciolar girus,

**fmj**:forseps majör,

**FOF**: frontoksipital fasikül,

**fx**: forniks,

**FxC**: Falks serebri,

**gic**: internal kapsül genu bacağı,

**Gp**: globus pallidus,

**GRe**: girus rektus,
**HCd**: kaudat nükleus başı,
**Hp**: hipokampus,
**HpB**: hipokampus gövedisi,
**HpF**: hipokampus fimbriası,
**HpH**: hipokampus başı,
**Hy**:hipotalamus,
**ICG**: singulat girusun isthmusu,
**IFGOr**:inferior frontal girus orbital kısmı,
**IFGTr**: inferior frontal girus triangülar kısmı,
**IGg**: indiseum griseum,
**ILF**: inferior longitudinal fasikül,
**IOG**: inferior oksipital girus
**IPL**: inferior paryetal lob,
**ITG**: inferior temporal girus,
**IThA**: intertalamik adezyo,
**i.frbz.a**.: inferior frontobazal arter,
**ifs**: inferior frontal sulkus,
**iLG**:intralimbik girus,
**ips**: inferior paryetal sulkus,
**its**: inferior temporal sulkus,
**LGB**: lateral genukulat body,
**LgG**: lingual girus,
**Li**: limen insula,
**Long Ins G**: uzun insular girus,
**los**: lateral oksipital sulkus,
**m.t.a**: middle temporal arter,
**mtt**: mamillo talamik traktus,
**MB**: mamiller cisim,
**Mcep**: mezensefalon,
**MdLF**: middle longitüdinal fasikül,
**MFB**: ön beyin demeti,
**MFG**: middle frontal girus,
**ms**: marginal sulkus,
**mtet**: mamillotegmental trakt,
**MTG**: medial temporal girus, ,
**o.v.:** oksipital ven,
**OcG**: Oksipital girus,
**OG**: inferior oksipital girus
**OP**: oksipital pol,
**or**: optik radyasyon,
**ot**: optik trakt,
**p.op**: pars operkülaris,
**p.t**: pars triangülaris,
**p.t.v.:** posterior temporal ven,
**pc**: posterior komissur,
**PCL**: parasentral lob,
**pcls**: parasentral sulkus,
**pcs.a**: presantral arter,
**PCun**: prekuneus,
**PhG**: parahipokampal girus,
**pocfx**:postkomissüral forniks,
**pic**: internal kapsül posterior bacağı,
**pls**: posterior limitan sulkus,
**pocs**: postsantral sulkus
**pocs.a.:** postsantral arter,
**pocs.v.:** postsantral ven,
**pof:** paryetoksipital fissür,
**PoG**: postsantal girus,
**pons**: pons,
**pos**: paryetoksipital fissür,
**prcfx**: prekomissural forniks,

**PrG**: presantral girus,
**pst.p.a.:** post paryetal arter,
**Pu**: putamen,
**rs**: rinal sulkus,
**S**: subikulum,
**sbps:** subparyetal sulkus,
**SCG**: subkallozal girus,
**SFG:** superior frontal girus,
**sfs**: superior frontal sulkus,
**SI**: substantina innominata,
**SLF II**: superior longitudinal fasikül II,
**SLF III**: superior longitudinal fasikül III,
**SLF I**: superior longitudinal fasikül I,
**SLG**: semilunar girus,
**SLF**: superior longitudinal fasikül,
**SLFc**: superior longitudinal fasikül kompleks,
**SLFc/AF**: süperior longitudinal fasikül kompleksi,
**sls**: süperior limitan sulkus,
**sm**: stria medullaris,
**SMG**: supramarjinal girus,
**SOG**: superior oksipital girus
**SPL**: superior paryetal lobul,
**SptP**: septum pellusidum,
**ss**:slyvian sulkus,
**sstr** :sagittal striatum,
**st**: stria terminalis,
**STG**: superior temporal girus
**sts**:superior temporal sulkus,
**tc**: tuber cinerium,
**Th**: talamus,
**thp-a**: anterior talamik pedinkül,
**TPF**: talamoprefrontal fiberler,
**thp-ec**: ekstrakapsüler talamik pedinkül,
**TmP**: temporal pol,
**thp-ec**: ekstrakapsüler talamik pedinkül,,
**thp-i**: inferior talamik pedinküller,
**thp-p**: posterior talamik pedinkül,
**thp**: talamik pedinküler lifler,
**TLV**: lateral ventrikül temporal horn,
**tp**: tapetum
**TrLV**: lateral ventrikül trigon,
**uf:** u lifleri
**UF**: unsinat fasikül,
**Un**: unkus,
**unn**: uncal notch,
**v.o.l.:** labbe veni,
**v.o.t.:** trolard veni
**VAFP**:ventroamigdalofugal yol,

# 1.GİRİŞ VE AMAÇ

Limbik sistem, duygusal ve bilişsel süreçler üzerinde etkili olan, beyindeki kortikal ve subkortikal birçok bölgenin birleşiminden oluşan kompleks bir yapı olarak tanımlanır [1]. Bu sistem, başta emosyonel düzenleme, hafıza kodlaması ve öğrenme gibi süreçlerin kontrolünde kritik rol oynar [2]. Limbik sistem singulat korteks, orbitofrontal korteks, parahipokampal girus, hipokampus, amigdala, anterior talamik çekirdek, acumbens çekirdeği ve mamiller cisimden oluşmaktadır. Bu yapılar ise birbirlerine cingulum (cg), longitudinal stria (LS), forniks (fx), anterior talamik pedikül (ATP), uncinat faciculus (UF), mamillotalamik trakt (mtt), mamillotegmental yol (mtet), accumbofrontal demet (AFB), medial ön beyin demeti (MFB), ansa pedinkülaris (ap), stria terminalis (st) ve pronsefalik trakt olarak adlandırılan amigdalo-tegmental, talamik-tegmental, septal-tegmental yolları ile bağlantılıdır [3]

İşlevsel olarak bakıldığında üç limbik alt ağ tanımlanır. Bunlar hafıza ve uzamsal ortyantasyonla ilgili hipokampal-diensefalik ve parahipokampal-retrosplenial ağ, visseral ve duyusal durumları biliş ve davranışla bütünleştiren temporo-amigdala-orbitofrontal ağ ve dinlenme durumunda aktif olan dorsomedial mod ağıdır [4]. Limbik yapılar birbirini şu şekilde etkilemektedir: hipokampus hafızanın içeriğini işler ardından amigdala buna bir anlama yükler ve duygusal önemine göre hafızanın oluşumunu etkiler. Bu kaynaklardan gelen bilgiler hipotalamus tarafından bütünleştirilen visseral durumlarla birlikte davranışta değişikliklere neden olur. Limbik sistemdeki her bir lif demeti limbik ağda kendine özgü bir rol oynar. Singulum hafıza yürütme işlevi, karar verme ve duyguları işleme ile ilgili olduğu bildirilmiştir [5]. Özellikle sol singulum entelektüel performans ve bilişsel işlevlerle ilişkilidir [6]. Forniks hipokampusun afferent ve efferent bağlantılarını sağlar ve böylece mamillotalamik trakt ile hafıza ve uzamsal oryantasyonla sorumludur [7, 8]. Anterior talamik pedinkül, bellek kodlama ve yürütme işlevlerinde rol oynar [8]. Medial ön beyin demeti, visseral fonksiyon ve uzaysal bilginin kontrolünde rol oynar [4]. Unsinat fasikül, duyusal entegrasyon ödül zevk sistemi tarafından modüle edilen davranışsal inhibisyon ve görsel bilgi için hafıza ile ilgilidir [8]. Ansa pedinkülaris ve stria medüllaris amigdalanın efferent yolaklarıdır, böylece hafıza duygusal tepkiler cinsel davranış ve cinsiyetin tanımlanmasından sorumludur [9].

Bu önemli işlevlerin korunması, beyin cerrahlarını yalnızca limbik lobun gliomları, atriovenöz malformasyonları ve kavernomları gibi limbik yapıların patolojilerini tedavi ederken değil, limbik lifler boyunca infiltre olan komşu bölgelerde lokalize gliomlar veya beynin diğer yapılarına özellikle lateral ventriküllere, üçüncü ventriküle, talamusa, beyin sapına yaklaşımlar ve aynı zamanda epileptik nöbetlerin yayılması gibi dolaylı olarak dahil oldukları durumları da ilgilendirmektedir [5, 10].

Limbik sistem fonksiyonel anatomisinin temel ilkeleri 19. Yüzyılın sonunda ve 20. Başlarında Broca, Papez, Yakolev ve MacLean gibi temel sinirbilimciler tarafından insan ve hayvan kadavra çalışmaları ile oluşturulmuştur [4]. Günümüzde limbik sistem anatomisi ak madde diseksiyonu ile doğrudan ya da MRG tabannlı tarktografi ile dolaylı yoldan incelenmektedir [11]. Ak madde lifleri, formalinle sabitlenmiş beyinlerin Klingler yöntemi kullanılarak üç boyutlu bir şekilde diseke edilebilir [12]. Bu yöntem ile sadece araştırma değil aynı zamanda nöroanatomi alanında öğretim için de değerli bir araç olarak kabul edilmektedir [13]. Son zamanlarda Klingler yöntemi, Uğur Türe, Mahmut Gazi Yaşargil, Albert Rhoton Jr gibi önemli şahsiyetler tarfından desteklendiği için özellikle beyin cerrahları arasında çok popüler hale gelmiştir [14]. Beyaz madde anatomisi için diğer bir çalışma yöntemi olan traktografi, su moleküllerinin difüzyonunun anizotropik olmasından faydalanan ve böylece liflerinin yönünün hesaplanabildiği MRG tabanlı görüntüleme tekniğidir [11]. Difüzyon Tensör Görüntüleme (DTI) alımlarına dayanarak lif demetleri, özel bir yazılım kullanılarak seçilen bir bölgeden başlayarak yeniden yapılandırılabilir. Bu tekniğin lif diseksiyonu ile karşılaştırıldığında ana avantajı beyaz madde yollarının in vivo olarak görselleştirilmesi ve yeniden yapılandırılan yolların görsel olarak döndürülmesi ve kantitatif olarak analiz edilmesidir [11]. Ancak bazı dezavantajları da vardır bunlar arasında kullanıcıya bağımlı olup dik bir öğrenme eğrisine sahiptir [15]. Her iki çalışma yönteminin sınırlamalarını üstesinden gelebilmek için en iyi yaklaşım bunları birleştirmektir [6].Çalışmamızın amacı iki yöntem olan ak madde lif diseksiyonu ile traktografi kullanarak ana limbik yolların tanımını sağlamaktır. Hedefimiz ayrıca limbik ak madde için özel olarak uyarlanmış diseksiyon adımlarını ve lif izleme endikasyonlarını açık ve tekrarlanabilir bir şekilde tanımlamaktır, böylece daha ileri araştırma öğretim ve klinik ortamlarda uygulanabilirler.

# 2.GENEL BİLGİLER

## 2.1 Tarihçe

### 2.1.1 Limbik Sistem ve Tarihçesi

Paul Broca, 1878 tarihli makalesinde ‘’Le grand lobe limbique’’ büyük limbik lob adını vererek ilk defa limbik sistemden bahsetmiştir. Bu ismi seçerken büyük ifadesini kullanarak beynin diğer bölümlerine kıyasla anatomik olarak belirgin bir alan kapladığını ve geniş bir yapı oluşturduğunu vurgulamıştır. Limbik terimi ise latince ‘’limbus’’ kelimesinden türetilmiştir ve ‘’kenar’’ sınır anlamına gelir. Broca bu yapının beynin hemsiferlerinin medial yüzeyinde bir kenar şeridi gibi uzandığını gözlemlemiş ve anatomik olarak bu terimi kullanmıştır. Broca bu terim ile ifade ettiği anatomik yapılar ise singulat girus, parahipokampal girus, hipokampüs, subkallozal alan ve limbik oluktur. Limbik lobun fonksiyonel ve anatomik olarak koku duyusu ile ilişkili olduğunu da ifade etmiştir. Limbik lobun evrimsel kökenini anlamak için olfaktör sistemin önemini vurgulamıştır. Broca’nın tanımında yalnızca bu 5 yapı ile sınırlı olmayıp forniks, korpus kallozumun alt kenarı, girus fasiolaris, girus dentatus ve insular korteksten de dolaylı olarak bahsetmiştir. Broca limbik lobun evrimsel incelenmesi için karşılaştırmalı anatomi yöntemini kullanmıştır. İnsan beyninin yanı sıra limbik sistemin evrimsel gelişimini anlamak için farklı memeli türlerinin beyinlerini incelemiştir. Çalışmalarında, primat olarak makak maymunlarını, etçil olarak köpekleri, kemirgen olarak fare ve sıçanları, otçul olarak atları ve su samurlarını kullanarak limbik yapıların organizasyonu ile koku sistemi arasındaki ilişkiyi ve bu yapıların farklı türlerdeki varyasyonlarını ortaya koymuştur. Makalesinde denek sayısı net bir şekilde belirtilmemiş ancak geniş bir memeli yelpazesinde diseksiyon yaptığı ve bunları karşılaştırdığı görülmektedir [16]. James Papez, 1937 yılında yayımladığı ‘’ A Proposed Mechanism of Emotion’’ başlıklı makalesinde Broca’nın anatomik olarak büyük limbik lob tanımını fonkisyonel olarak açıklamıştır. Ancak anatomik olarak bazı eklemeler yaparak işlevsel bir bakış açısıyla farklı bir perspektif sunmuştur. Limbik sistemin duyguların üretimi ve düzenlenmesinde rol oynadığını öne sürmüş ve Papez döngüsü adı verilen bir devre tanımlamıştır. Bu devre Broca’nın tanımına ek olarak mamiller cisimler, anterior talamus çekirdekleri, girus singuli ve

hipokampüs yapılarını dahil etmiştir. Mamiller cisimleri, hipokampüs ve talamus arasındaki bağlantı sağladığını belirtmiştir. Anterior talamik çekirdekleri duygusal bilginin işlenmesinde katkı sağladığını öne sürmüştür. Ayrıca girus singuli ve hipokampüs Broca'nın tanımında yer alıp Papez'in döngüsünde sadece anatomik değil aynı zamanda hafıza ve duygusal bilgi işleme merkezi olarak kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Broca, limbik lobu olfaktör sistemle ilişkilendirmiş ve koku duyusu ile bağlantılı olarak tanımlamasını Papez eleştirmiştir. Limbik sistemin olfaktör işlevlere hizmet etmediğinin duygusal düzenleme, hafıza ve davranış süreçlerinde kritik rol oynadığını öne sürmüştür [17]. 1948'de P.I. Yakovlev, beynin motor organizasyonunu ve davranışsal işlevlerini anlamak için Papez'in devresini daha da genişletti. Yakovlev, limbik yapıları daha çok davranışsal işlevler bağlamında inceledi ve beyin yapılarını daha kapsamlı bir şekilde analiz etti. Özellikle Papez devresinde yer almayan amigdalanın duygusal ve davranışsal süreçlerdeki rolünü vurguladı [18]. MacLean ise, 1949 ve 1952 yıllarında, limbik sistemin daha geniş bir şekilde ele alınması gerektiğini savunarak Papez ve Yakovlev'in çalışmalarını geliştirip eleştirdi. MacLean, limbik sistemin yalnızca duygusal işlevleri değil, aynı zamanda davranışsal ve visseral (iç organlar ile ilgili) işlevleri de kapsadığını ileri sürdü ve "visseral beyin" kavramını önerdi. Amigdala ve hipotalamusun duygu, motivasyon ve iç organ fonksiyonlarını düzenleyen kritik yapılar olduğunu belirtti. MacLean, ayrıca limbik yapılarla ilgili olarak beynin daha derin işlevsel bağlantılarını araştıran kimyasal ve elektriksel simülasyonlar gerçekleştirdi. Bu bağlamda, Papez'in devresinin eksikliklerini tamamlayarak, limbik sistemin işlevsel çeşitliliğini ve karmaşıklığını daha kapsamlı bir şekilde ele almıştır [19, 20]. W.J.H. Nauta'nın 1958 tarihli çalışması, hipokampüsten orta beyin (midbrain) olarak tanımlanan bölgelere uzanan sinir liflerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Çalışmada, hipokampüs projeksiyonlarının özellikle forniks aracılığıyla mamiller cisimler, ventral tegmental alan (VTA), interpedinküler nukleus, periaquaduktal gri madde ve diğer tegmental yapılar gibi hedeflere ulaştığı belirtilmiştir. Orta beyin, mamiller cisimlerin posterioru, substantia nigra, periaquaduktal gri madde ve tegmental bölgeler olarak tanımlanmış ve bu yapılar limbik sistemin işlevsel bağlantıları bağlamında incelenmiştir. Araştırmada ana model olarak kedi kullanılmış, ancak kaç hayvanın dahil edildiği belirtilmemiştir. Kediler, beyin anatomisinin iyi tanımlanmış olması ve limbik sistem yapılarının diğer

memelilere benzer özellikler taşıması nedeniyle tercih edilmiştir. Nauta, Yakovlev ve MacLean'in limbik sistem tanımlarını eleştirerek, onların sistemin beyin sapı bağlantılarını yeterince vurgulamadığını ve hipokampüsün sadece duygusal değil, aynı zamanda otonomik regülasyonda da önemli bir rol oynadığını savunmuştur. Bu çalışma, hipokampus ve orta beyin arasındaki bağlantılar üzerinden limbik sistemin hem davranışsal hem de otonomik süreçlerdeki işlevsel rolünü yeniden tanımlamış ve literatüre önemli katkılar sağlamıştır [21]. Rudolf Nieuwenhuys ise limbik sistemin sadece mezensefalon da değil tüm beyin sapında devam ettiğini ileri sürmüştür. Özellikle hipotalamus, amigdala ve kortikal yapılarla pons arasında, hipotalamus ile de bulbus arasında bağlantı olduğunu söylemiştir. Bu etkileşimler, limbik sistemin duygusal ve motor tepkilerin entegrasyonunda nasıl rol oynadığını ve tüm vücut üzerinde nasıl bir etki yarattığını gösterir. Bu döngünün tamamını ‘’büyük limbik sistem ‘’ olarak isimlendirmiştir [22].

### 2.2 Anatomi

Limbik sistem, beyindeki kortikal ve subkortikal birçok bölgenin birleşiminden oluşan ve fonksiyonel olarak duygular ve bilişsel süreçler üzerinde etkili olan kompleks bir yapı olarak tanımlanır [1]. Bu sistem, özellikle emosyonel düzenleme, hafıza kodlaması ve öğrenme gibi süreçlerin kontrolünde kritik rol oynar [2]. Limbik sistem singulat korteks, orbitofrontal korteks, parahipokampal girus, hipokampus, amigdala, anterior talamik çekirdek, acumbens çekirdeği ve mamiller cisimden oluşmaktadır. Bu yapılar ise birbirlerine cingulum (cg), longitudinal stria (LS), forniks (fx), anterior talamik pedikül (ATP), uncinat faciculus (UF), mamillotalamik trakt (mtt), mamillotegmental yol (mtet), accumbofrontal demet (AFB), medial ön beyin demeti (MFB), ansa pedinkülaris (ap), stria terminalis (st) ve pronsefalik trakt olarak adlandırılan amigdalo-tegmental, talamik-tegmental, septal-tegmental yolları ile bağlantılıdır [3]

#### 2.2.1 Temporal Lob Anatomi

Temporal lob superior, inferior, lateral ve medial yüzey olarak dört yüzeyden oluşur [23]. Lateral yüzey sınırları üstte slyvian fissür ve aşağıda kafa tabanı

kemikleridir. Arka sınırı oksipital lobdan, preoksipital çentik ile pariyeto-oksipital sulcusu birleştiren hayali bir çizgi olan lateral pariyetotemporal çizgidir. Pariyetal lobdan ise slyvian fissürün en posterior ucu ile lateral pariyetotemporal çizigiyi birleştiren yine hayali bir çizgi olan temporo-oksipital çizgi ile ayrılır [23, 24].

Lateral yüzey paralel üç girus ve bu girusları ayıran paralel iki sulcustan oluşur. Bunlar superior temporal girus, superior temporal sulcus, medial temporal girus, inferior temporal sulcus ve inferior girustur. Superior temporal girus temporal polden lateral pariyeto-temporal hatta uzanır, arkada slyvian fissür boyunca ilerleyerek inferior pariyetal lob ve postsantral girus ile birleşerek supramarjinal girusu oluşuturur. Orta temporal girus ise aynı şekilde temporal polden köken alır ve superior temporal girusten superior temporal sulcus ile ayrılır ve paralel olarak uzanır, posteriorda pariyeto-oksipital (inferior pariyetal girus ve medial oksipital lob) bileşke ile angular girusu oluşturur. İnferior temporal girus inferior temporal sulcus ile medial temporal girustan ayrılır. Hem lateral hem de bazal yüzeyde yer alır. Temporal polden orijin alarak temporo-oksipital hatta ve preoksipital çentiğe kadar uzanır [25, 26].

Temporal lobun slyvian fissüre bakan superior yüzeyine operküler yüzey de denir. Bu yüzey önden arkaya planum polare, heschl girusu (anterior transvers girus), planum temporale (orta ve posterior transvers giruslar) denen üç bölümden oluşur. Bu yüzey serebrumun yüzeyinden temporal lob ile insula arasında slyvian sisternanın en derininde bulunan inferior limitan sulcusa kadar uzanır. İnferior limitan sulcus insulanın alt sınırı ile temporal lob arasında, limen insuladan posterior insüler noktaya kadar temporal stemin üzerinde uzanır.

Slyvian fissür üç bölümden oluşur. Bu bölümler posterior, anterior horizontal ve anterior ascending (yukarı çıkan) bölümleridir. Posterior kısmı temporal lobu frontal ve pariyetal loblardan ayırır, anterior horizontal bölümü ise inferior frontal girusun pars orbitalis ve pars triangularis'i arasında kalır, inferior frontal girusun pars triangülaris ve pars operkülaris arasında kalan bölümü ise anterior ascending bölümüdür. Slyvian fissür derinleştikçe slyvian sisterna ile birleşir. Slyvian sisternanın sınırları anteriorda ve medialde karotis sisterna, superiorda frontobazal korteks, inferiorda planum polare ve amigdala ve posteriorda insuladır [23, 24].

Temporal lob superior yüzeyden temporal stem boyunca insulaya, anteromedialden amigdala yoluyla glabus pallidusa, anterolateralden limen insulayla frontal bazal loba bağlantı kurar [25, 26].

İnferior yüzey posteior sınırı pariyeto-temporal hat olan preoksipital çentiği pariyeto-oksipital fissürün arka ucuna bağlayan çizgidir [25, 26]. İnferior yüzeyi üç girus oluşturur. Bunlar lateralden mediale doğru inferior temporal girus, fusiform girus ve bu girusları ayıran oksipitotemporal sulcus ve parahipokampal girustur. Fusiform girus ile parahipokampal girus arasında önde rhinal sulcus ve arkada kollateral sulcus bulunur. Kollateral sulcus ventrikül temporal boynuzu ve atriyum tabanında birer çıkıntı oluşturur bunlar sırasıyla kollateral çıkıntı ve kollateral trigon olarak adlandırılır [23, 24]. Fusiform girus ise lateral oksipitaltemporal girusa kadar uzanır. Parahipokampal girus ise posteriorda istmus ile singulat girusa, anterior kalkarin sulcusun inferiorunda ise lingual girusa uzanır [25, 26].

Temporal lobun medial yüzeyinde parahipokampal girus, unkus, hipokampus, fibria, dentat girus ve amigdala yer alır [25, 26]. Bu yüzeyin anatomisi histolojik kökenlerinin ve vasküler yapılarının farklı olması sebebiyle karmaşıktır [24, 27]. Karmaşık olan bu bölge Rhoton ve Wen ve ark. tarafından aydınlatılmış ayrıca Fernandez-Miranda ve ark. tarafından da anlaşılır olması sebebiyle üçe bölünmüştür [23, 24, 28]. Ön bölüm rhinal sulcus ve unkusun ön sınırında başlayıp uncus un arka sınırında, orta bölüm beyin sapının arka tarafında kuadrigeminal plakta, arka sınırı ise pariyetoksipital ve kalkarin sulcusların birleştiği noktada sonlanır [28].

Temporal lobun medial yüzeyinin ön bölümünde uncus mediale doğru çıkıntısında anterior ve posterior bölümleri mevcuttur. Anterior bölümünde amigdala bulunur ve bu anterior bölümü anterior perforated substance ile komşudur. Anterior perforated substance anterior sirkülasyon arterlerinden kaynaklanan perforan arter giriş noktasıdır. Unkusun posterior bölümü ise ikiye ayrılır. Superior kısmında hipocampus başı bulunur inferior kısmında ise entorinal korteks ve unkus ön bölümünün inferior kısmını barındırır. Bu entorinal korteksin sınırları belli değildir. Ancak lateral sınırları rhinal sulcus ve kollateral sulcuslar olduğu düşünülür. Unkusun ön kısmı karotis sisternaya komşudur. Unkusun apeksi üçüncü kranial sinire ve

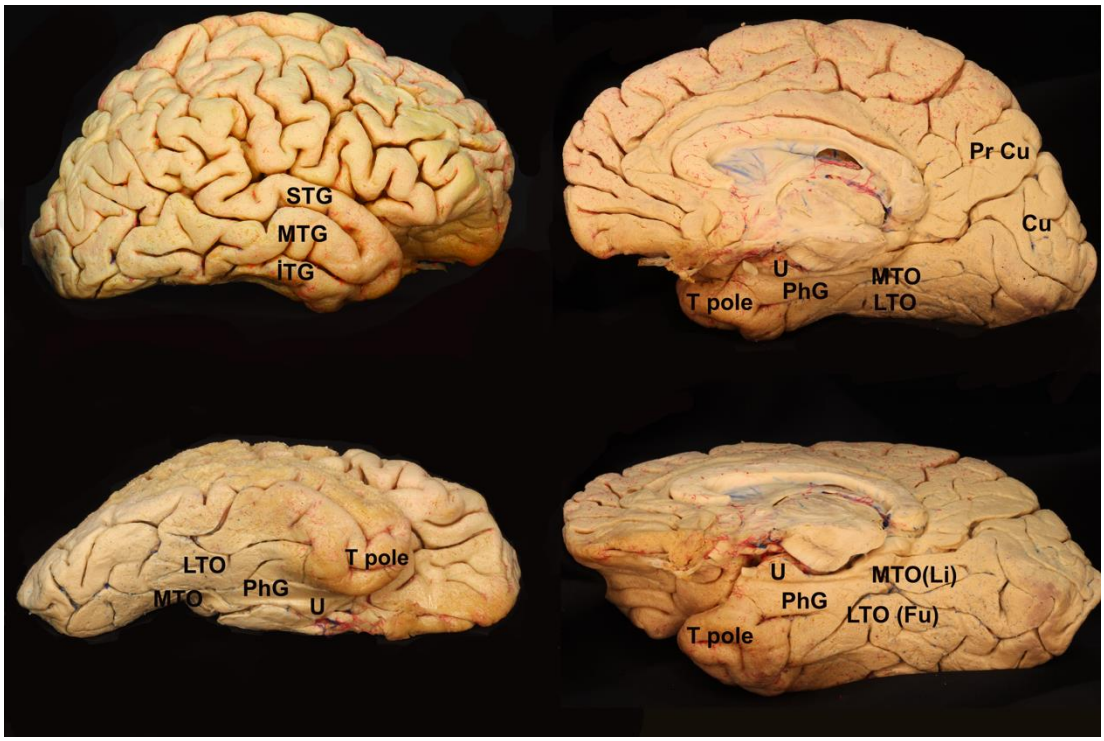
posterioru ise krural sisterna ve krus cerebri ile komşudur. Unkus arka sınırının en üstünde inferior koroidal nokta bulunur. Bu nokta temporal boynuza koroidal fissürün (hipokampus-fibria kompleksi ile talamus arasındaki açıklık) giriş noktasıdır ve ön koroidal arter temporal boynuza buradan giriş yapar [28].

Temporal lobun medial yüzeyinin orta bölümü üç yapı tarafından oluşturulur. Bu üç yapı birbirine paralel seyir gösterir. Yukarıdan aşağıya forniks, dentat girus, parahipokampal girustur. Temporal lobun medial yüzeyinin orta bölümünün medialde komşuluğu ambient sisternadır. Parahipokampal girus bu yapılar arasında en belirgin olanıdır ve inferior yüzey ile devamlılık gösterir. Parahipokampal girusun ön sınırında geriye ve mediale doğru dönerek uncusu oluşturur. Arka sınırında singulat girusun istmusu ve oksipital lobun lingual girusu olarak devam eder. Histolojik yapısı diğer kortikal yapılarla değişiklik göstermez. Hipokampüse geçiş bölgesi superior yüzeyidir ve üç katmanlıdır. Superior yüzeyinde posterior serebral arterin perforan arterleri bulunur. Dentat girus hipokampusun bir bölümüdür. Forniks ise hipokampusten ayrı ve onun üzerinde seyir gösteren bir anatomik yapıdır [28].

Temporal lobun medial yüzeyinin arka bölümü, parahipokampal girusun en posterior kısmı tarafından superiorda kalkarin sulcusun ön sınırından singulat girusa, inferiorda lingual girusa ayrılan kısımları ile oluşturulur. Bu bölüm medialde kuadrigeminal sisterna ile komşudur. İçinde hipokampus kuyruğu ve korpus kallozum spleniumunun altında ufak bir yapı olan fasciolar girus bulunur [28].

Lateral ventrikülün temporal boynuzunun tabanında bulunan kolleteral çıkıntı, kollateral sulcusun ventriküle doğru oluşturduğu girinti nedeniyle oluşur. Lateral ventrikülün temporal boynuzunun medial duvarında ise hipokampüs ve koroid pleksus belirgin yapı olarak karşımıza çıkar. Hipokampüs ince bir tabaka ile kaplıdır ve tabakanın adı alveustur. Üç bölümden oluşur. Baş, gövde ve kuyruktur. Unkus posterior bölümünün superior kısmında hipokampüs başı yer alır. Unkus arka sınırında bulunan inferior koroidal noktanın anteriorunda hipokampus başı bulunur. Hipokampüs gövde ve kuyruk kısımlarında belirgin bir sınır bulunmamaktadır. Forniks ise hipokampüs ün üzerinde yer alır ve superomedialinde ise talamus bulunur. Koroidal fissür forniks ve talamus arasındaki doğal bir açıklık olup koroidal noktadan

lateral ventrikül temporal boynuzuna giriş yaparak foramen monroya kadar ilerler. Koroidal fissüre koroid pleksus tutunur. Bu pleksus forniks tarafından taenia fimbria, talamus tarafından taenei thalami ile koroidal fissüre tutunur. Lateral ventrikülün anteromedial duvarını ise amigdala oluşturur. Amigdala unkusun anterior bölümünde yerleşiktir ve hipokampüsten unkal reses ile ayrılır. Lateral ventrikülün tavanı ve lateral duvarı ise akmadde lif demetleri tarafından kaplanmıştır [23].




**Şekil 1.** Temporal Lob Lateral Medial Ve İnferior Görünümü

*STG: süperior temporal girus, MTG: medial temporal girus, İTG: inferior temporal girus, U:uncus, PhG: parahipokampal girus, T pole: temporal pole MTO (li): medial temporoksipital girus (lingual girus), LTO (fu): lateral temporoksipital girus (fusiform girus), Pr Cu: prekuneus, Cu: kuneus*

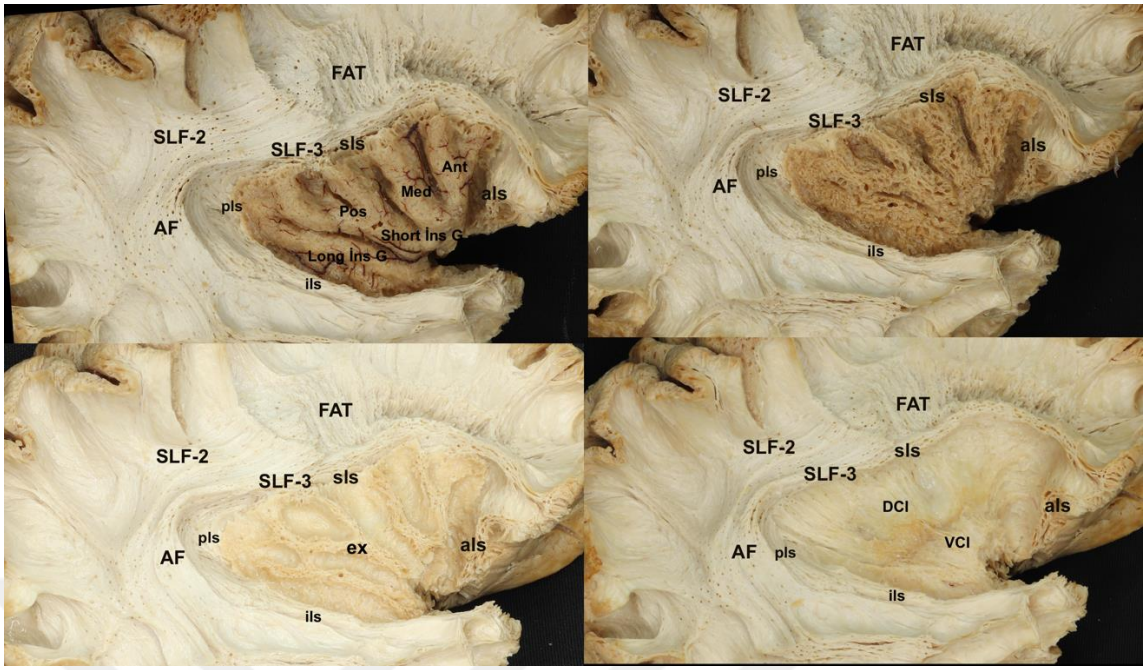
### 2.2.2 İnsula Anatomi

İnsula tamamen slyvian fissür içindedir. Bu slyvian fissürün açılmasıyla görünür. Piramit şekilnde olan insula frontoorbital, frontopariyetal ve temporal operkulanın çıkarılması ile tamamen ortaya çıkar. Sınırları anterior, superior ve inferior periinsular sulcuslardır. Bu sınırlar çevresindeki kortikal yapılardan ayırır.

Ancak limen insula bölgesi etraf kortikal yapılardan net bir şekilde ayrılmaz. Anteriorda periinsular sulcus insulanın ön yüzeyini frontorbital operkulumdan ayırır [29]. Superiorda frontoparyetal operkulumdan inferiorda ise periinsular sulcus bu yüzeyi temporal operkulumdan ayırır. Piramit şekilinde olan insulanın tepesi 'insular apeks' olarak isimlendirilir. İnsular sap slyvian fissürün derinliklerinde yer alır bu bölge insulanın anterobazal kısımını oluşturur. Burada limen insula bulunur. İnsular korteks ile anterior perforan madde arasındaki bağlantı olan lateral olfaktor strianın lateral yönü boyunca uzanır.

İnsulanın ana sulcusu olan merkezi insular sulcus santral sulcusa paralel yönde ve insula boyunca ilerler. İnsulayı anterior ve posterior olmak üzere ikiye böler. Başka bir tanımlamayla insular merkezi sulcus, superior periinsular sulcustan limen isnulaya doğru kesintiz bir şekilde uzanır [30].

Anterior insula transvers, aksesuar,anterior kısa, medial kısa ve posterior kısa giruslar olmak üzere 5 girustan oluşur. Bu giruslardan transvers insular girus ile aksesuar insular girus insulanın anterioinferiorunda bulunur ve insular kutbu oluşturur. Fronto orbital girusun posteromedial lobülü insulaya doğru devamlık gösterir. Bu devamlılık transvers insular girus ile olur ve insular apekse kadar uzanır. Aksesuar insular girus ise anterior kısa girusun anteriorundan çıkıp transvers insular girusun üst tarafına ve frotoorbital operkulumun altına yerleşir. Ve anterior periinsular sulcus boyunca uzanır. Anterior ve posterior kısa insular giruslar medial insular girusa göre daha iyi gelişmiş ve bu üç girus dışbükey yapısındadır [31]. Anterior kısa insular girus anteriorsuperior sınırı anterior ve superior periinsular sulkusların birleştiği anterior insular noktadır. Posterior insula ise merkezi sulcus ile ayrılır ve iki uzun girustan oluşur. Bunlardan anaterior uzun insular sulcus daha büyük ve daha gelişmiştir. Superior ve inferior periinsüler sulcusların birleştiği ve postinsular sulcus denilen ortak bir sulcus olarak devam eden bu nokta posterior insular nokta olarak adlandırılır. bu iki posterior girus inferiorda bir noktada birleşir ve limen insulaya kadar uzanır [32].

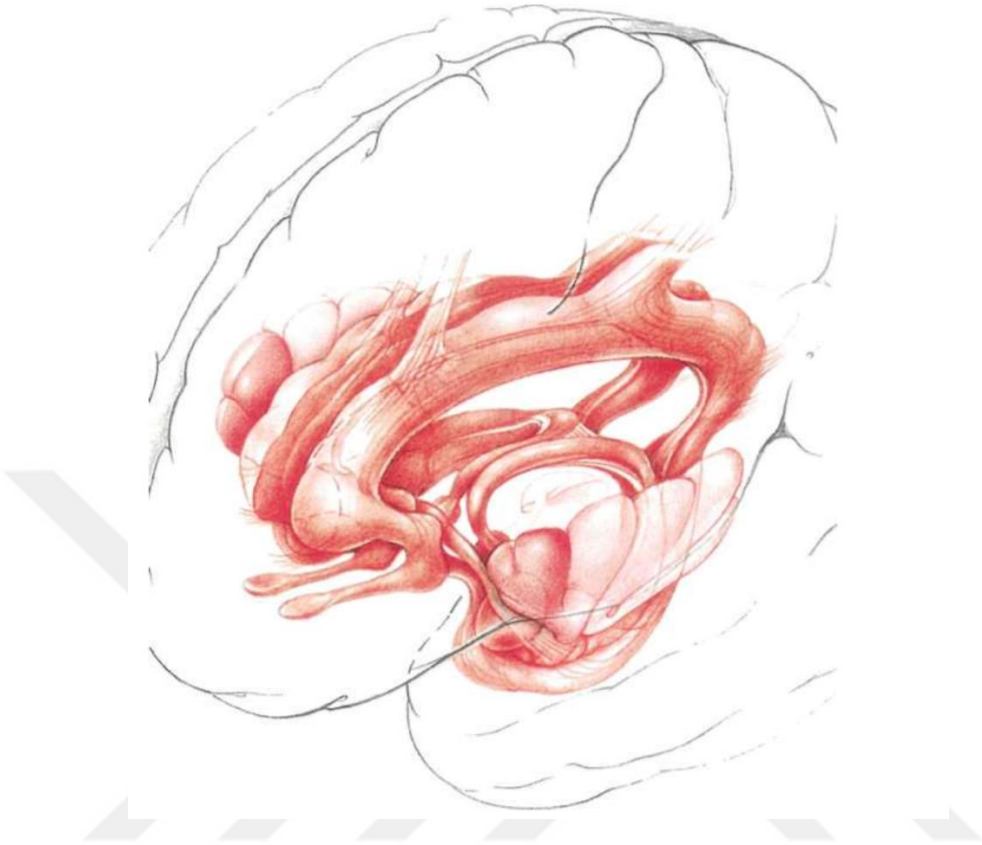



**Şekil 2.** İnsula Medialde Giruslarının Ve Dekortikasyonu Sonrası Görünümü

sls: süperior limitan sulkus, plp: posterior limitan sulkus, ils: inferior limitan sulkus

*ex: eksternal kapsül, als: anterior limitant sulkus, DCI: dorsal klastrum, VCI: ventral klastrum, SLF2: süperior longitudinal fasikül 2, SLF3: süperior longitudinal fasikül 3, AF: arkuat fasikül,*

### 2.2.3 Limbik Lob Anatomi ve Fonksiyon



**Şekil 3.** Limbik lob [31]

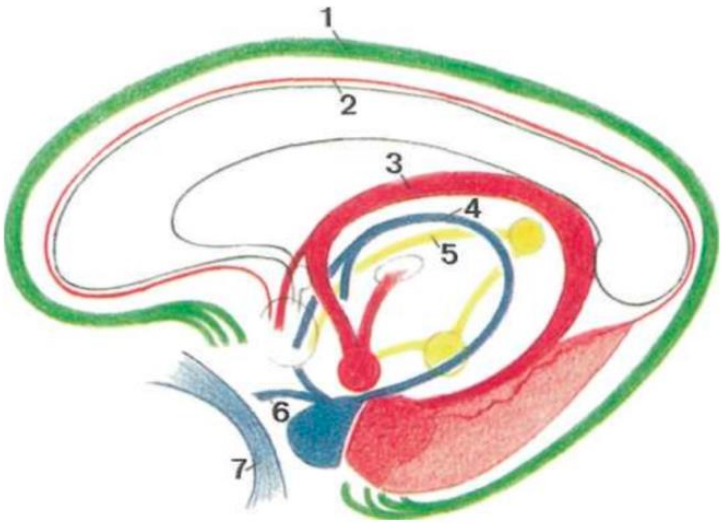
Limbik sistem, duygusal ve bilişsel süreçler üzerinde etkili olan, beyindeki kortikal ve subkortikal birçok bölgenin birleşiminden oluşan kompleks bir yapı olarak tanımlanır [1]. Bu sistem, başta emosyonel düzenleme, hafıza kodlaması ve öğrenme gibi süreçlerin kontrolünde kritik rol oynar [2]. Limbik sistem singulat korteks, orbitofrontal korteks, parahipokampal girus, hipokampus, amigdala, anterior talamik çekirdek, acumbens çekirdeği ve mamiller cisimden oluşmaktadır. Bu yapılar ise birbirlerine cingulum (cg), longitudinal stria (LS), forniks (fx), anterior talamik pedikül (ATP), uncinat faciculus (UF), mamillotalamik trakt (mtt), mamillotegmental yol (mtet), accumbofrontal demet (AFB), medial ön beyin demeti (MFB), ansa pedinkülaris (ap), stria terminalis (st) ve pronsefalik trakt olarak adlandırılan amigdalo-tegmental, talamik-tegmental, septal-tegmental yolları ile bağlantılıdır [3]

### 2.2.3.1 Papez Döngüsü Ve Tarihçesi




**Şekil 4.** Papez Döngüsü Tarihçesi

### 2.2.3.2 Limbik Lobun Yedi Ana Semisirküler Bağlantısı




**Şekil 5.** Limbik Lobun Yedi Ana Bağlantısı 1)Singulat 2)Longitudinal Stria 3)Forniks 4)Stria Terminalis 5)Stria Medullaris 6)Diagonal Band 7)Unsinat Fasikül Yeşil: Singulat Lifler, Kırmızı: Hipokampal Lifler Mavi : Amidala Kompleksi Sai Mezensefalan Arası Bağlantılar [31]



**Şekil 6.** Limbik Lobun Bağlantılarının Kadavra Beyni Üzerinde Gösterimi

*yeşil:singulat, beyaz longitudinal stria, kırmızı: forniks, mavi:stria terminalis, sarı:stria medüllaris*

#### 2.2.3.2.1 Singulum

Latincede çevreleyen yapı anlamına gelen singulum, singulat girusun prefrontal ve paryetal projeksiyonlarını temporal lobun parahipokampal girusundaki hipokampuse bağlayan papez devresindeki ‘’C’’ şeklinde en uzun asosiasyon yoldur. Singulum anterior singulat, dorsolateral ve medial prefrontal ve orbitofrontal korteksleri posterior singulat, paryetal, insular ve parahipokampal kortekslere bağlar ayrıca ventral olarak amigdalaya bağlar [33]. Singulum iki segmentten oluşur. Dorsal segment subgenual alandan başlayarak superior longitudinal fasikulus 1 ile korpus kallozum etrafından seyrederek korpus kallozumun splaniumuna kadar olup parahipokampal segment ise korpus kallozumun spleniumunun hemen arkasına döndükten sonra ventral olarak devam edip hipokampüsten temporal loba doğru olan segmenttir [4].

#### 2.2.3.2.2 Longitudinal Stria ve İndiseum Griseum

On sekizinci yüzyılda Maria Lancisi, korpus kallozumun indusium griseum (IG) ve longitudinal stria'sını (LS) tanımlamıştır. İndusium griseum ve longitudinal stria hipokampal formasyonun körelmiş kısımlarıdır. İndusium griseum, korpus kallozumun üzerinde ince bir gri madde tabakasıdır ve orta hattın her iki tarafında medial ve lateral longitudinal stria çiftleri tarafından çaprazlanır [34, 35]. Anteriorda, indusium griseum paraterminal girus ile korpus kallozumun genu ve rostrumu etrafında devam eder [34-36]. İndusium griseum posteriorda korpus kallozumun spleniumu etrafında gyrus fasciolaris ile devam eder ve daha sonra dentat girus ile devam eder [37]. İndusium griseum lateralde kallozal sulkus aracılığıyla singulat girus ile devamlılık gösterir [36].

#### 2.2.3.2.3 Forniks

Forniks mesial temporal lobdaki hipokampus ve amigdalayı hipotalamik ve septal çekirdeklere bağlayan C şeklinde bir yoldur. Papez devresinde forniks hipokampusü mamiller gövdeye bağlar. Forniks liflerinin hipkampusa yapışık olduğu bölümde fibria diye adlandırılır. Fimbria beyaz renkli ince bir lamina takası olan alveus ile devamlılık gösteririr. Forniks hipokampusun devamı olup buradan ayrılıp

bağımsız hale geldikten sonra ‘’krura’’ olarak isimlendirilir. Daha sonra forniks krurası lateral ventrikül boyunca öne doğru kıvrılır ve forniks gövdesini oluşturur. Forniks gövdesi öne doğru devam ederek forniks kolonlarına ayrılır. Bu kolonlar aşağı yöne seyreder ve pre/postkomissural liflere ayrılır. Prekomissural lifler anterior komissurun önünden postkomissural lifler arkasından geçer. Prekomissural lifler lamina terminalis anterioruna iner ve anterior septal çekirdeklerde sonlanır. Postkomissural lifler ise posterior septal çekirdeklerden stria terminalis boyunca C şeklinde ilerler ve hipotalamusa doğru aşağı yönde devam eder ve burada sonlanır [38, 39]. Limbik yollardan forniks tam bir döngü oluşturur. Bu döngü hipotalamo-septo-hippokampo-hipotalamik döngü şeklindedir [40].

Forniks epizodik hafızanın oluşturulmasında rolü bulunmaktadır. Forniks hasarı meydana gelen insanlarda antegrod amnezi meydana geldiği gösterilmiştir [41].

#### 2.2.3.2.4 Stria Terminalis

Stria terminalis amigdalanın ana çıkış yollarından biri olup amigdalayı preoptik ve septal alanlarla hipotalamusa bağlayan striatalamik sulkusta, lateral ventriküllerin medial kenarı boyunca forniks ile yan yana c şeklinde seyreden limbik sistemin önemli bir bağlantısıdır [39, 42]. Stria terminalis ve forniks, hipokampusu, amigdala, hipotalamik ve septal çekirdekler de dahil olmak üzere üç ana ön limbik çekirdeklere bağlayan iki ana yoldur [40].

#### 2.2.3.2.5 Stria Medullaris

Stria medullaris septal çekirdeklerden talamusun dorsal çekirdeklerine iletim yapan ana liflerdir [42].

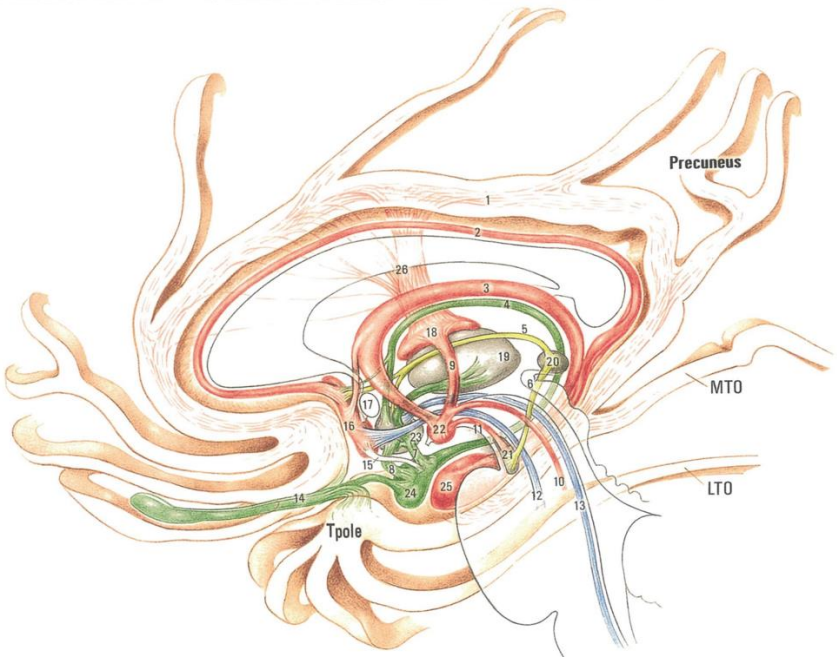
#### 2.2.3.2.6 Broca’nın Diagonal Bandı

Forniksin prekomissural liflerine yakın seyreden yatay yönelimli septal çekirdekleri, para olfaktör ve hipokampal bölgelere bağlayan liflerdir. Bu lif yolunun septal çekirdekler ile hipokampal/amigdala kompleksi arasında doğrudan bir bağlantı olduğu düşünülmetedir [42].

#### 2.2.3.2.7 Unsinat Fasikül

Unsinat fasikül u şeklinde limen insula seviyesinde limbik traktusların en lateralinde olan bir assosiasyon traktustur [1]. UF, frontal lobun inferior yüzeylerini anterior temporal loba bağlayan çift yönlü bir demettir [43]. UF kortiko-limbo-kortikal döngüye katılır. UF; prefrontal, amigdala, septal, kaudat, prefrontal döngünün bir parçasıdır. Amigdala -prefrontal bağlantı Uf üzerinden sağlanır [40].

### 2.2.3.3 Limbik Lobun Başlıca Elemanları




**Şekil 7.** Limbik Lob Başlıca Elemanları[31]

#### 2.2.3.3.1 Singulat Girus

Singulat girus korpus kallozum etrafında C şeklinde bir kıvrım olup medial frontal, parasentral, prekuneal, kuneal ve parahipokampal giruslarla bağlantıya sahiptir. Bu bağlantılar sabit olmasına rağmen bireysel farklılıklar gösterir [44]. Anterior singulat korteks singulat korteksin yaklaşık olarak ön üçte birini kaplar [45]. Singulat korteksin orta üçte biri olan singulat premotor alanları içeren midsingulat

bölgeden ayırt edilebilir. Anterior singulat girus korpus kallozumun genusunun etrafında olan brodaman 32. Alanı ve subgenual singulat korteks olan bromdan 25. Alanı ve brodman 24. Alanın bir kısmını içerir [46]. Limbik yapılar içerisinde olan anterior singulat korteks amigdala ve orbitorfrontal korteks gibi duygu ve ödülle ilgili olan diğer limbik alanlarla bağlantılara sahiptir [47]. Midsingulat bölgesi iki bölüme ayrılır. Motor kontrolü olan ön bölüme ve bu motor kontrolün oryantasyonunda rol oynayan arka bölüme sahiptir. Posterior singulat korteks ise prekuneus ve lateral pariyetal alanlar gibi yapılarla bağlantısı olup bellek işlevi rolü bulunmaktadır [47]. Bromdan 23 ve 31 numaralı alanı içeren posterior singulat korteks brodman 29 ve 30 numralı alanlarla beraber uzamsal navigasyon ve sahne işleme gibi görevleri de bulunmaktadır [48]. Ventral işleme sistemi olan anterior singulat korteks perirhinal ve entrorhinal korteks aracılığı ile hipokampal bellek sistemine giriş yaparken dorsal işleme sistemi olan posterior singulat korteks parahipokampal girus ve entorhinal korteks aracılığı ile hipokampal bellek sistemine ikinci bir ana girdi kaynağı sunar. Anterior ve posterior singulat korteksler ilgili limbik alanlara ve birden fazla bağlantılara sahip olduğundan iki veya daha fazla limbik işleme sistemi olduğu ileri sürülmüştür [45]. Paraterminal ve paraolfaktoryel alanlar gibi subkallozal alanlar ise singulat kutup olarak isimlendirilir. Splenium posteroinferiorunda kalkarin ve paryetoksipital sulkusların tabanının bulunduğu alanda singulat girus küçmeye başlar ve buraya isthmus adı verilir. Buranın hemen aşağısından anteriorda parahipokampal girusa, medial temporoksipital girusa bağlantı olduğu görülür [44].

#### 2.2.3.3.2 Amigdala

Latincede badem anlamına gelen amigdala medial temporal lobda hipokampüsün hemen anteriorunda iki taraflı olarak badem şeklinde en ventral yerleşimli limbik çekirdektir. Amigdala, limbik ve limbik olmayan beyin yapılarıyla iletişim halinde olması sebebiyle birçok fonksiyonu mevcuttur. Bu fonksiyonlar korku, saldırganlık, anksiyete, öğrenme, dikkat, hafıza, karar verme, cinsel yönelim, görsel ve duygusal işleme şeklindedir [49]. Amigdalanın beslenmesi anterior koroida arter, internal karotid arter ve baziller arterin dalları ile olur. Amigdalanın orbito-fronto korteks ve anterior temporal loblarla bağlantısı unsinat fasikül aracılığıyladır [50]. Ayrıca amigdala amigdalofugal yol ile beyin sapına doğrudan bağlantı sağlar [42].

Amigdala karşı hemisferdeki amigdala ile anterior komissur aracılığı ile bağlantılı olduğundan tüm amigdala bağlantılarının bihemisferik olduğunu gösterir. Singulum demeti ile singulat girus ve serebral korteksin geniş alanları ile de doğrudan bağlantı kurar. Amigdalotalamik yol aracılığı ile talamus üzerinden dolaylı olarak serebral korteksin geniş korteksleri ile bağlantı kurar. Amigdalofugal traktus ile hipotalamus ve septal çekirdeklere ve bu çekirdekler prefrontal kortikal traktus ile prefrontal kortekse bağlanmasıyla amigdala prefrontal korteks ile bağlantı halindedir. Bu sayede amigdala-talamik yol-prefronto-amigdala devresinin önemli bir yapısıdır [40].

#### 2.2.3.3.3 Hipokampus

Hipokampus ilk kez Giılio Cesare Aranzio tarafından C harfi şeklinde olması ve deniz atına benzetilmesi nedeniyle böyle isimlendirilmiştir. Histolojik değerlendirilmesinde ise kıvrımlı yapısı koç boynuzuna benzetildiğinden cornu ammonis olarak adlandırılmıştır [51]. Limbik sistemin en büyük gri madde çekirdeği olan hipokampus mezial temporal lobda bulunur. Hipokampus papez devresinin bir parçasıdır. Hipokampus ön limbik çekirdeklere çoklu yollarla bağlıdır. Forniksin ventral kolları aracılığı ile hipotalamik çekirdeklere bağlanır. Septal çekirdeklere stria terminalis, forniceal fimbria, krura ve kolanlar aracılığı ile bağlanır. Amigdalaya yakın yerleşimli olup neredeyse temas halindedir [42]. Ventral forniks kolonları hipokampusu, mamiller cisimler de dahil olmak üzere hipotalamik çekirdeklere birleştirir. Bu bağlantı ile hipotalamik-septal çekirdekleri içeren forniks gövdesi ve krurası ile bir döngüye katkıda bulunur [52].

#### 2.2.3.3.4 Hipotalamus

Hipotalamus limbik sistemin anatomik olarak merkezinde bulunan anterior diensefalik çekirdek kümesidir. Hipotalamus optik kizamanın posterior ve superiorunda üçüncü ventrikülün inferiorunda bulunur. Çekirdek topluluğu olan hipotalamus, amigdala ve septal çekirdekler gibi limbik sistemin en bağlantılı yapılarındandır. Frontal, pariyetal, oksipital, temporal, loblarla beraber serebellum ve mezensefalon gibi korteksin geniş alanlarıyla bağlantılıdır [53]. Hipotalamik çekirdekler prefrontal korteks, septal çekirdekler ve stria terminalis yatak çekirdekleri

gibi diğer limbik çekirdeklerede bağlantılıdır. Ayrıca dorsal amigdalofugal yol ile amigdala bağlantısı mevcuttur. Hipotalamus prefrontal korteks ile bağlantısını prefronto kaudo talamik yol ve medial ön beyin aracılığı ile yapar [54]. Bazal ve medial ön beyin demeti yine hipotalaumusu septal alana bağlar [55]. Mamillotalamik yol ile hipotalamus superior, inferior uzanım göstererek anterior talamus çekirdeğine bağlanır bu yol papez döngüsünde önemli bir yol olarak kabul edilir [56]. Mamillotegmental fasiculus ile mamiller cisim tegmentuma uzanır ve bu yol posterolateral hipotalumusa uzanan küçük bir efferent yoldur [57].

#### 2.2.3.3.5 Anterior Nükleus Talami ve Anterior Talamik Pedinkül

Anterior nükleus talami (ANT) grubu talamusun rostral ucunda yer alır ve nükleus anterodorsalis, anteromedialis ve anteroventralis alt gruplarından oluşur. Ancak bağlantıları açısından tek bir grup olarak ele alınır. ANT traktus mamillotalamik yoluyla corpus mamillerden, forniks yoluyla hipokampustan afferent alır. ANT nin ana efferent hedefi ise gyrus singulidir. Bağlantıları karşılıklı olup gyrus singuli den ANT ye afferentler gelir. Limbik sistemdeki papez döngüsünün bir parçası olan bu nükleus öğrenme, bellek duygu gibi işlevlerde görev alır [23, 58, 59].

Anterior talamik pedikül talamusu prefrontal korteks bağlayan afferent ve efferent liflerden oluşur. ATP, internal kapsülün ön bacağının en mediali boyunca uzanan karşılıklı liflerden oluşarak talamik orta hattı ve ön çekirdekleri frontale bağlar. Bu anlamda ATP ve medial ön beyin demeti (MFB), internal kapsülün ön bacağından prefrontal kortekse doğru uzanan ana liflerdir [1].

#### 2.2.3.3.6 Mamillotalamik Traktus

Mamillotalamik traktus (mtt), papez devresinde talamus ile hipotalamus arasında bağlantı kuran üçüncü ventrikül lateral duvarı boyunca uzanan bir yoldur [60]. Mamillotalamik traktus, mamiller cisimlerden çıkar, dorsal ve kranial olarak talamusa uzanır. Mamiller cisimler doğrudan ve dolaylı olarak amigdala, hipokampus ve talamusa bağlanarak limbik devrede yer alır. Mamillotalamik traktus talamus içerisinde anterior lateral talamik çekirdeklerde sonlanır [61]. Forniks ve hipokampus mtt aracılığı ile mamiller cisim yoluyla ventral talamusa bağlanır bu sayede forniks ve

hipokampus hasarında ventral talamus hasarı Wallerian dejenerasyonu ile gerçekleştiği gösterilmiştir [61].

#### 2.2.3.3.7 Ventral Amigdalofugal Yol ve Ansa Pedinkülaris

Limbik traktuslar arasında belirlenmesi en zor olan ventral amigdalofugal yol (VAFY) olarak adlandırılan ansa pedinkülaris ‘’s’’ harfi şeklinde, temporal kutup ile frontal lob arasında bulunur ayrıca amigdalanın iki büyük efferent yolağından biridir. Bu sebeple ansa pedünkülaris temporal ve frontal segmente ayrılabilir. Stria terminalis yalnızca subkortikal yapılarla bağlantı kurarken, VAFY hem subkortikal hem de kortikal yapılarla bağlantı kurar. VAFY amigdalo-hipotalamik, amigdalo-septal, amigdalo-talamik ve amigdalo-mezensefalik yollar dahil olmak üzere insan beynindeki en önemli amigdalo-diensefalik bağlantılardan oluşur [1, 62]. Orta hatta kesintisiz olan anterior komissür liflerinin hemen arkasında olan ansa pedünkülaris lifleri birbirine paraleldir [42]. Amigdalanın bazolateral ve merkezi çekirdeğinden kaynaklanır. Akkumbens çekirdeğinde liflerin bir kısmı ayrılırken bir kısım lifler ise subgenual alanın korteksine yönelir. Forniks kolonları çıkarıldıktan sonra mediolateral disseksiyon yaklaşımı kullanılarak görülebilir. Tüm traktuslar arasında en zor görülenidir [1]. Orta hattın yakınında ansa pedinkülaris lifleri (ventral amigdalofugal yol, VAFY) üç lif grubuna ayrılır. Bir kısmı sepral çekirdeklere sonlanmak üzere kranial ve anterior seyir gösterirken bir kısım lifler kraniyal ve hafif posterior seyri göstererek (stria terminalisin bed nükleusu) BNST’ye yönelir üçüncü lif grubu ise orta hat yakınlarında ayrılır hipoatalamik ve ventral tegmentuma doğru ilerler [42].

#### 2.2.3.3.8 Septal Çekirdekler

Septal çekirdekler anterior komissurun rostralinde,lamina terminalisin anteriorunda ve korpus kallozumun rostrumunun inferiorunda bulunan ayrıca lamina terminalis boyunca optik kiazmaya uzanan bir gri madde çekirdek grubudur. Hipotalamik çekirdeklere yakınlığı nedeniyle buraya bağlanan yolların neredeyse tamamı septal çekirdekler ilede bağlantıya sahiptir [42]. Septal çekirdekler ayrıca hipotalamik çekirdelere de doğrudan bağlantıya sahiptir bu bağlantıyı forniks kolonları ve stria terminalis yoluyla yapmaktadır [4]. Septal çekrideklerin amigdala, stria

terminalis bad nukleusu, hipotalamus ve hipokampal oluşumlarla da direk bağlantısı gösterilmiştir [63]. Limbik ve limbik olmayan yapılardan hipotalamusa benzer şekilde karşılıklı bağlantılar alır. Bu yapılardan bazıları amigdala, singulat girus, hipokampus, talamus, ventral tegmental alandır. Esas olarak stria medullaris yoluyla talamusun medial dorsal çekirdeğine projeksiyon gönderir [42]. Forniks ve stria terminalis yoluyla hipokampus ve amigdalaya, medial ön beyin demeti yoluyla ventral tegmental alana bağlanır [39]. Septal çekirdeklerin amigdalaya bağlantısı amigdalofugal yol ile tanımlanmış ve bu yol amigdalayı septal çekirdekelere, hipotalamusa ve stria terminalisin yatak çekirdeklerine bağlar. Septal çekirdeklerin bir diğer bağlantılarından biri forrniks olup amigdalaya, hipokampus ve hipotalamik çekirdeklere bağlar [42]. Prefrontal kortekse bağlantısı prefronto-kaudo-talamik kanal aracılığı ile olduğu bildirilmiştir [64].

#### 2.2.3.3.9 Anterior Komissur

Anterior komissur, sağ ve sol temporal lobdaki yapıları içesinde amagdala olmak üzere orta hat boyunca birbirine bağlayan liflerdir. Diğer komissural liflerle beraber hemisferleri birbirine bağlar. Limbik sistemdeki önemi ise amigdalaları birbirine bağlamasıdır. Bu bağlantı sayesinde ac nin ağrı hissinde, duygu ve hafızada rol oynadığı düşünülmüştür [40].

#### 2.2.3.3.10 Medial Ön Beyin Demeti

Medial ön beyin demeti (MFB), ventral tegmental alanları prefrontal kortekse bağlayan en belirgin yoldur [42]. MFB nin inferomedial ve superolaterla diye iki alt bölümü tanımlanmıştır [65]. MFB, mezensefalaondaki periaquaduktal gri madde de dahil olmak üzere çeşitli beyin bölgelerini lateral hipotalamik çekirdeklere ve prefrontal kortekse bağlar . MFB, prefrontal -hiptalamik/septal bağlantı kolu olarak çoklu limbik devrede rol oynar [42].

#### 2.2.3.3.11 Akumbens Çekirdekler

Nukleus akumbens gri cevher yapısındadır. internal kapsülün en ön kısmında anterior kaudat ve putamina kavşağında, septal çekirdeklerin posterior ve inferiorunda

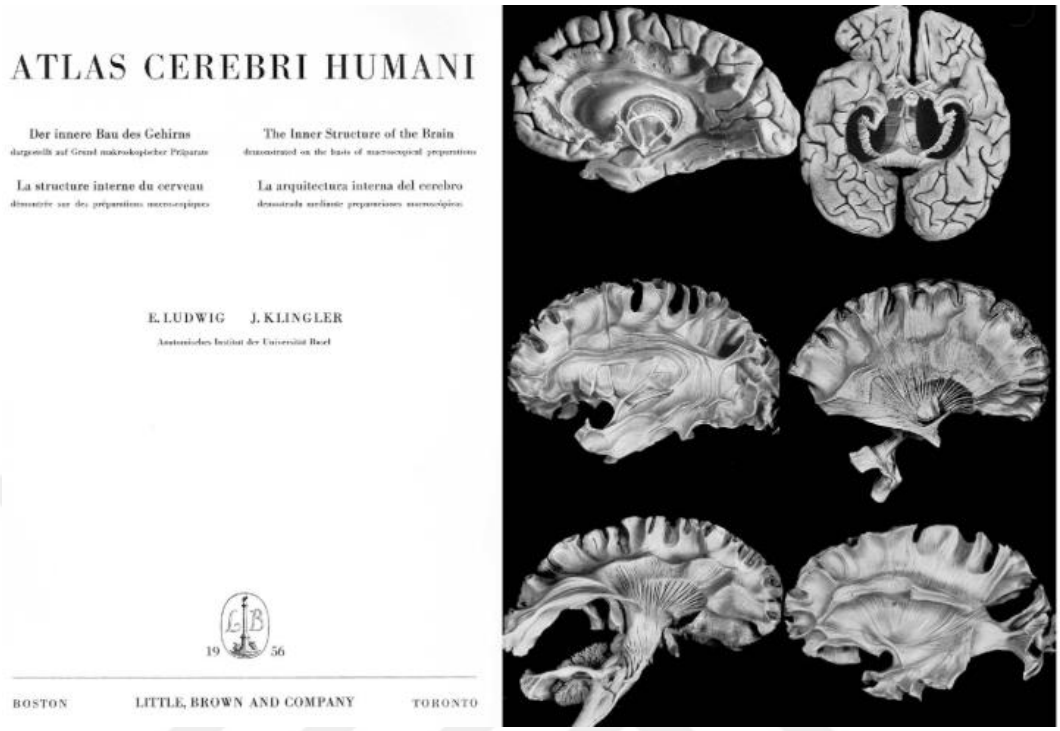
yer alır [66]. Nukleus akumbensten, stria terminalis, preoprtik, lateral hipotalamik çekirdekelr, amigdala,talamus ve singulum gibi çeşitli limbik yapılara effernt yollar tanımlanmıştır. Limbik sistem ve bazal gangliyonlar arasında bağlantı olduğu düşünüldüğü zaman limbik ve motor sistemler arasında iletişimde rol oynadığı tahmin edilmektedir [67].

### 2.2.4 Serebral Ak Madde Yollarının Önemi ve Tarihçesi

#### 2.2.4.1 Tarihsel Bakış

Çoğu neokortikal alanı birbirine bağlayan majör interhemisferik komissur olan korpus kallozumu ilk kez Galen tarafından isimlendirilmiş, Adreas Vesalius (1514-1564) tarafından ise korpus kallozum interhemisferik alanda olduğu ve iki serebral hemisferin bağlantı sağladığı ifade edilmiştir. Arcangelo Piccolhomini (1526-1605) ise serebral ak madde ve korteks tanımlaması yapmıştır. Thomas Willis (1621-1675) tarafından limbik kelimesi ortaya atılmış, hafıza ile giruslar arasındaki ilişki olduğunu belirtmiştir [68, 69]. Marcello Malpighi tarafından serebral ak madde traktusları açıklanmış, daha sonra Nicolaus Steno bu traktusların anatomik lokalizasyonunu incelemiştir [70, 71]. Félix Vicq d'Azyr (1748–1794) 1786'da mammilo-talamik yolu tanımladı ve anterior ve posterior komissürleri gösterdi [72]. Alman anatomist, fizyolog, pskiyarist Johann Christian Reil (1759-1813) serebral disseksiyon yöntemi ile korona radiata,unsinat fasikül, serebral pedinkül, insular korteksin anatomik tanımlamalarını yapmıştır. Serebral ak madde çalışmalarında Franz Joseph Gall ise SLF, İLF, UF; Singulum tanımları yapımıştır [73].

İlk defa 1838'de Robert Remak miyelinli ve miyelinsiz sinif liflerini tanımladı [68]. Fransız anatomist Louis Pierre Gratiolet (1815-1865) beyin loblarını, sulkusları tarfilemiş ve beyni beş loba ayırmıştır [74]. 1861'de Paul Broca motor konuşma merkezini tanımlamış ve kendi ismini vermiştir [75]. Lif disseksiyon tekniği 1934 yılında Josef Klingler tarafından geliştirilmiş ve beyin ak madde yolları en detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur [76]. Klingler bulduğu teknik sayesinde üç boyutlu anatomik bağlantıları göstermiş limbik sistem, insular bölge, temporal lobun mezial bölgesi gibi yapıların ilişkilerini fonksiyonlarını tanımlamıştır [68].




**Şekil 8.** Atlas Serebri Humani[77]

### 2.2.4.2 Serebral Ak Madde Yollarının Önemi

Ak madde disseksiyonu ve anatomi bilgisi günümüz beyin cerrahları için cerrahi planlamada önemi çok fazladır. Nöroanatomi bilgisi ve beyin cerrahi eğitim pratiğinde ak madde disseksiyon çalışmaları güvenli ve doğru cerrahi yaklaşıma üç boyutlu düşünme gücünün gelişmesine yardımcı olur [78].

Ak madde yolları beyinde farklı bölgeler arasında iletişim kurulmasını sağlayan sinir liflerinden oluşur [79]. Tekrarlayan kompleks işlerde bulunan insanlarda gelişen MRG teknolojisi ile yapılan çalışmalarda ak maddede yapısal değişikliklerin olduğu gösterilmiştir [80].

Beyin ak madde yolları üç ana grupta incelenir. Assosiasyon lifleri, komissural lifler ve projeksiyon lifleri. Assosiasyon lifleri aynı hemisferdeki kortikal yapıları birbirine bağlar. Komissural lifler her iki hemisferdeki benzer bölgeleri birbirine

bağlar. Projeksiyon lifleri ise korteksi serebellum, beyin sapı, medulla spinalis, gibi subkortikal yapılara bağlar [78, 81].

Beyin cerrahi pratiğine Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) tekniklerinin girmesi ile 2000'li yılların başından itibaren Türe ve ark'ları tarafından yapılan çalışmalar ile ak madde yollarında kaybedilen önemi tekrardan kazanılmıştır [81, 82]. MRG tabanlı Difüzyon tensör görüntüleme (DTI) teknikleri ile ak madde yolları ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur. Bu görüntüleme tekniği ile özellikle assosiyasyon liflerinin uzanımı hakkında bilgiler vermektedir [83, 84]. Son yıllarda traktografi kraniyal cerrahilerde donanımın bir parçası olmuş ve cerrahi öncesi planlamalarda önemi ve yararı çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir [85, 86].

## 3.GEREÇ

Bu çalışma, Erzurum Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'nun B.30.2.ATA.0.01.00/ sayılı kararı ve TTU-2023-12254 onay kodu ile bir BAP projesi olarak, Ekim 2023- Kasım2024 tarihleri arasında Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi 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 kraniyal patolojisi olmayan 10 adet 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.

Serebral patolojisi olmayan 20 bireylerin MR (Siemens Magnetom Skyra 3T; Almanya, Münih) çekildi ve gönüllülerin ak madde liflerinin yönelimini incelemek için MR-DTI görüntüleri alındı.

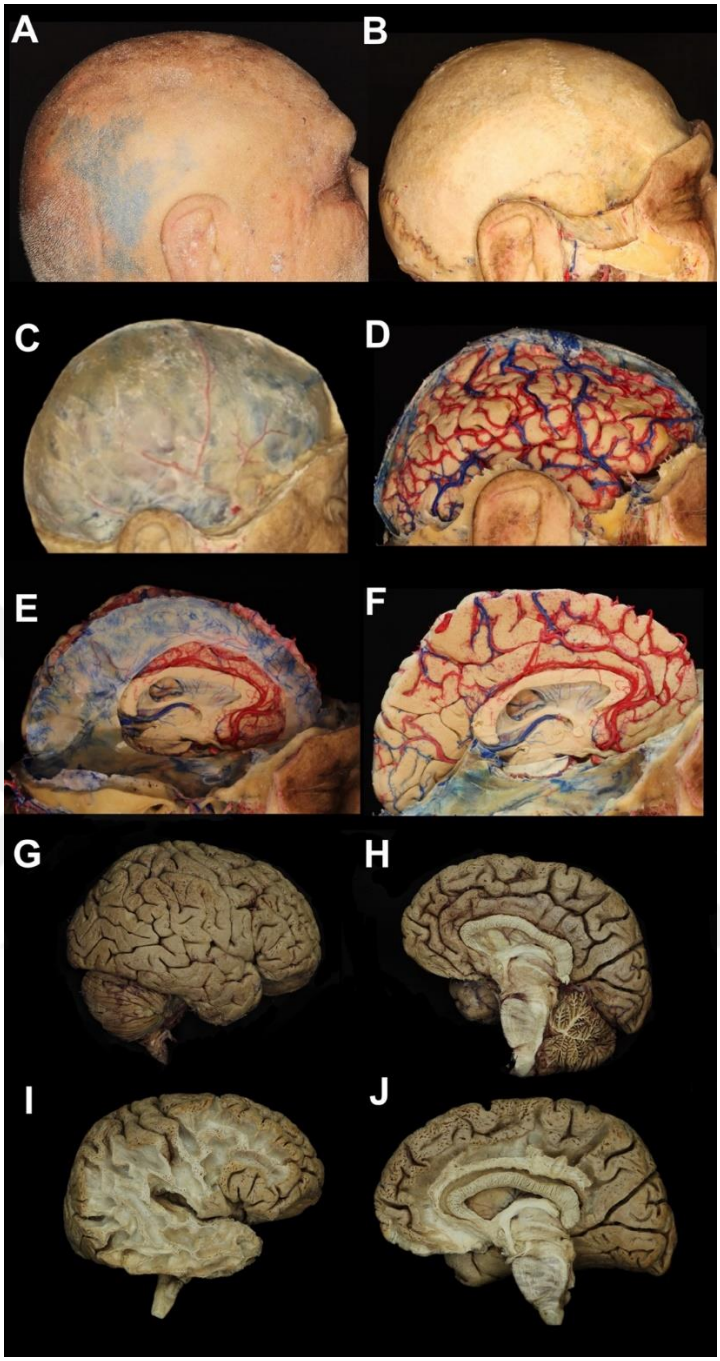
Kadavra diseksiyonlarında cilt, kemik ve dura için bistüri ve elektrikli kesici (Midas Rex® Legend high-speed surgical drill; USA, Minneapolis) kullanıldı. Araknoid mater, arter, ven, gri ve ak madde diseksiyonları için mikroskop (Carl Zeiss OPMI-1; Almanya, Oberkochen), mikrodissektör, tahta spatula,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

Skalp, kaş çizgisi ve kulak heliksi korunarak glabella ve eksternal oksipital protuberans arasında supratentoryal alan görünecek şekilde kaldırıldı. Frontal, sfenoid, temporal, paryetal ve oksipital kemikler görüldü. Bu kemikler sagital ve transvers sinüs korunarak supratentoryal alanın tamamı görünecek şekilde kemik kesici ile kaldırıldı. Dura mater ve araknoid mater eksize edildi. Hemisferlerin lateral yüzeyi görüntülendi. Ardından beyin korpus kallozum hizasından ikiye ayrıldı ve hemisfer medial yüzeyler de görüntülendi. Daha sonra infratentoryal bölgedeki cilt, kemik, meninks ve vasküler dokular da kaldırılarak beyin sapı, korteks ve serebellum bir bütün olarak çıkarıldı. Tüm beyin klingler yöntemine tabi tutuldu. Hemisferler medialden laterale, lateralden mediale, inferiordan superiora doğru dekortikasyon işlemi yapılarak ak madde diseksiyonu yapıldı. Bütün aşamalar fotağraflandı (şekil 9). Çalışmanın ikinci aşamasında 20 sağlıklı bireyin beyin DTI 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. Lif izlerini tasvir etmek için kavisli çok düzlemli rekonstrüksiyon ve 3D modelleme DSI studio kullanılarak yapıldı. 20 adet sağlıklı bireye ait DTI görüntüler, kadaverik spesmenlerden elde edilen görüntüler ile eşleştirilerek değerlendirildi.

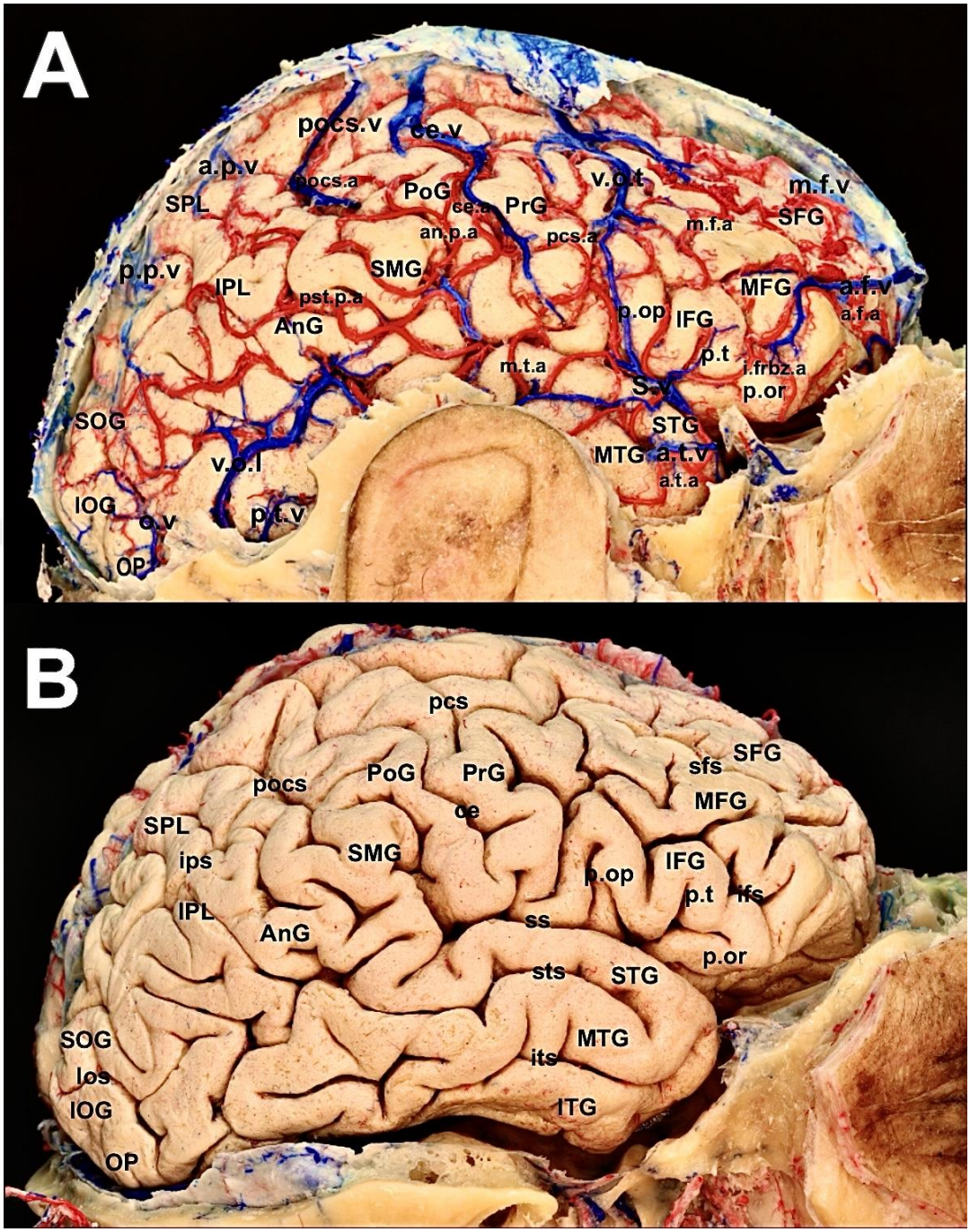



**Şekil 9.** Cillten kortekse kadar diseksiyon aşamaları ( A: Kafa spesmeninin lateral görüntüsü; B: Cilt kaldırıldıktan sonra lateralden kaide kemiklerinin görüntüsü C: Kemik kaldırıldıktan sonra supratentoryal bölgeye ait dura mater görüntüsü; D: Dura mater kaldırıldıktan sonra lateral hemisfer ait korteks ve vasküler yapıların görüntüsü; E: Sağ hemisfer çıkarıldıktan sonra sol hemisferin flaks serebri ile medial görünümü; F: Falks serebri kaldırıldıktan sonra sol hemisfer medial görünüm; G: Sağ hemisfer araknoid mater ve vasküler dokular temizlendikten sonra lateral görünüm; H: Sağ hemisfer araknoid mater ve vasküler dokular temizlendikten sonra medial görünüm; I: Sağ hemisfer lateral ak madde diseksiyon aşaması; J: Sağ hemisfer medial ak madde diseksiyon aşaması)

# 5.BULGULAR

## 5.1 Laterale Medialden Doğru Kademeli Diseksiyon

Kafa spesmeninin fiksatör ile sabitlenmesi sonrası kaş çizgisi ve kulak heliksi korunarak glabella ve eksternal oksipital protuberans arasında kalan supratentoryal alan görünecek şekilde skalp, kemik ve dura kaldırıldı. Superior sagittal sinüse açılan anterior frontal ven, medial frontal ven, santral ven, post santral ven, Trolard veni, anterior paryetal ven, posterior paryetal venlerin uç dalları ile görüldü. Sylvian ven ile ilişkili ve temporal lobun üzerinde seyreden anterior temporal ven, Labbe veni, posterior temporal venler izlendi. Kortikal arterlerden anterior frontal arter, middle frontal arter, presantral arter, santral arter, postsantral arter, anterior paryetal arter, posterior paryetal arter, anterior temporal arter, middle temporal arter gibi arterler ve bunların uç dalları görüldü (şekil 10A). Bu yapılarda mikroskop altında eksize edilerek superior frontal girus (SFG), middle frontal girus (MFG), inferior frontal girus(İFG), frontal girusun pars orbitalis (p.or), pars triangülaris (p.t), pars operkularis (p.op), santral sulkus (ce), presantral girus (PrG), postsantral girus (PoG), superior paryetal lobul (SPL), inferior paryetal lobul (IPL), supramarjinal girus (SMG), angülar girus (AnG), superior temporal girus (STG), middle temporal girus (MTG), inferior temporal girus (ITG), superior oksipital girus (SOG), inferior oksipital girus (IOG) gibi kortikal yapılar daha net görüntülendi (Şekil 10B). Ardından beyin iki hemisferleri korpus kallozum boyunca kesilerek tam ortadan ikiye ayırıldı ve bu hemisferler kafatasından çıkarıldı.

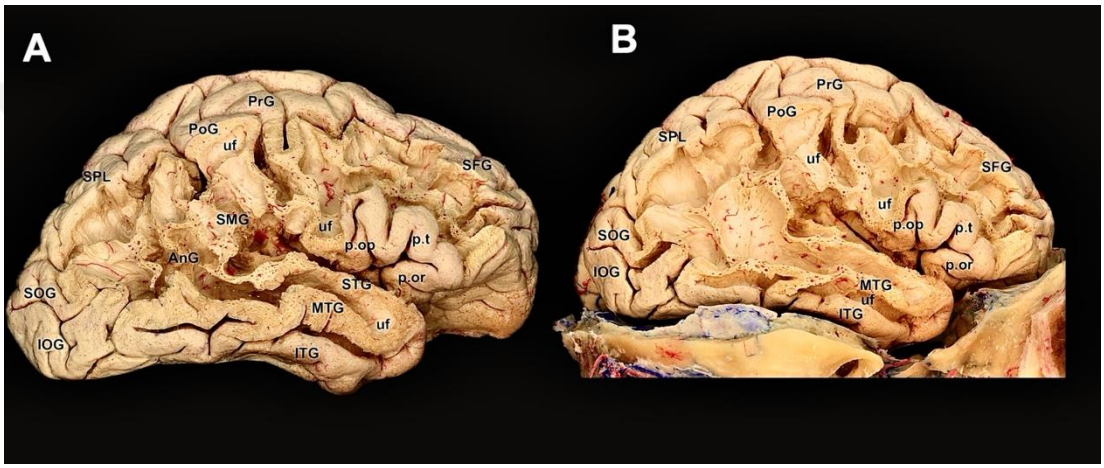



**Şekil 10.** A: sağ hemisfer supratentoryal alan dura ve araknoid mater kaldırıldıktan sonraki lateral hemisfer vasküler ağ görüntüsü B: sağ hemisferin arter ve venler eksize edildikten sonraki lateral korteks görüntüsü.

*Ang: angüler girus, a.f.a.: anterior frontal arter, a.f.v: anterior frontal ven, a.p.v : anterior paryetal ven, an.p.ar: anterior paryetal arter, a.t.a: anterior temporal arter, a.t.v: anterior temporal ven, ce: santral sulkus, ce.a.: santral arter, ce.v.: santral ven, IFG: inferior frontal girus, ifs: inferior frontal sulkus, IOG: inferior oksipital girus IPL: inferior paryetal lob, ips: inferior paryetal sulkus, ITG: inferior temporal girus, its: inferior temporal sulkus,*

*i.frbz.a.: inferior frontobazal arter, MFG: middle frontal girus, MTG: middle temporal girus,los: lateral oksipital sulkus, m.t.a: middle temporal arter, OP: oksipital pol, o.v.: oksipital ven, pcs: presantral sulkus, pcs.a: presantral arter, PoG:postsantral girus, PrG: presantral girus, pocs: postsantral sulkus pocs.a.: postsantral arter, pocs.v.: postsantral ven, pst.p.a.: post paryetal arter, p.op: pars operkülaris, p.or:pars orbitalis, p.t: pars triangülaris, p.t.v.:posterior temporal ven, SFG: superior frontal girus, sfs: superior frontal sulkus, SMG: supramarjinal girus, SOG:superior oksipital girus, ss:slyvian sulkus, SPL: superior paryetal lobul, STG: superior temporal girus, sts:superior temporal sulkus, v.o.l.:labbe veni, v.o.t.: trolard veni*

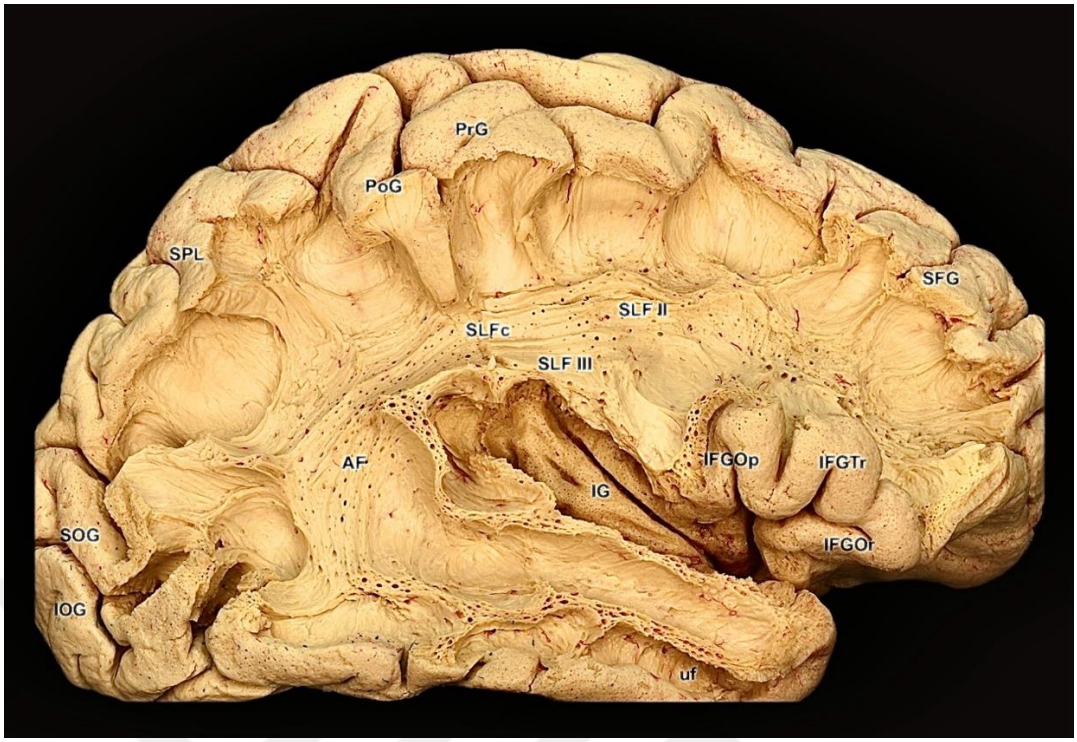
Sağ hemisfer STG, ANG, SMG, MFG tamamen İFG, PrG, PoG'den gri cevher kısmen dekortike edildi. Giruslar arasındaki u lifleri gösterildi. (şekil 11A ve 11B).




**Şekil 11.** A: dekortikasyondan sonra kısa u liflerinin gösterilmesi B: dekortike edilmiş girus duvarlarının kısaltılması sonrası u liflerinin görüntüsü

*Ang: angüler girus, IOG: inferior oksipital girus, ITG: inferior temporal girus, MTG: middle temporal girus, PoG:postsantral girus, PrG: presantral girus, p.op: pars operkülaris, p.or:pars orbitalis, p.t: pars triangülaris, SFG: superior frontal girus, SMG: supramarjinal girus, SOG:superior oksipital girus, SPL: superior paryetal lobul, STG: superior temporal girus, uf:u fiber*

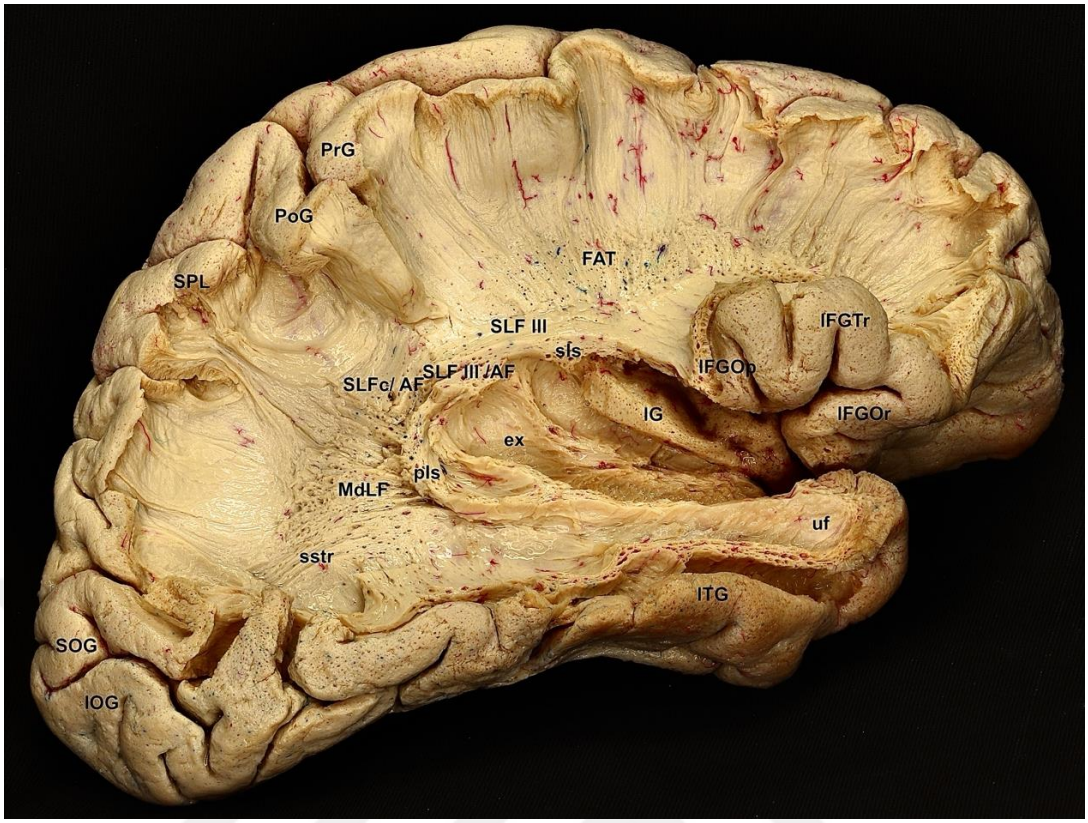
Kısa u lifleri kaldırıldıktan sonra daha derinde bulunan superior longitudinal fasiküller (SLF c, SLF II ve III ve arkuat fasikül (AF) görüldü (şekil 12). Paryetal operkülum ve temporal operkülüm üzerinde dekortike edilmiş girus duvarları keskin diseksiyon ile kısaltılarak insulanın bir kısmı açığa çıkartıldı. İnsulaya ait santral sulcus ve hemen komşuluğundaki long ve short girus kısmen görüldü.




**Şekil 12.** U lifleri kaldırıldıktan sonra SLF ve AF görüntüsü

*AnG: angüler girus, IOG: inferior oksipital girus, Long Ins G: uzun insular girus, PoG:postsantral girus, PrG: presantral girus, p.op: pars operkülaris, p.or:pars orbitalis, p.t: pars triangülaris, SFG: superior frontal girus, SLFc: superior longitudinal fasikül kompleks, SLF II: superior longitudinal fasikül II, SLF III: superior longitudinal fasikül III, SMG: supramarjinal girus, SOG:superior oksipital girus, ss:slyvian sulkus, SPL: superior paryetal lobul, STG: superior temporal girus*

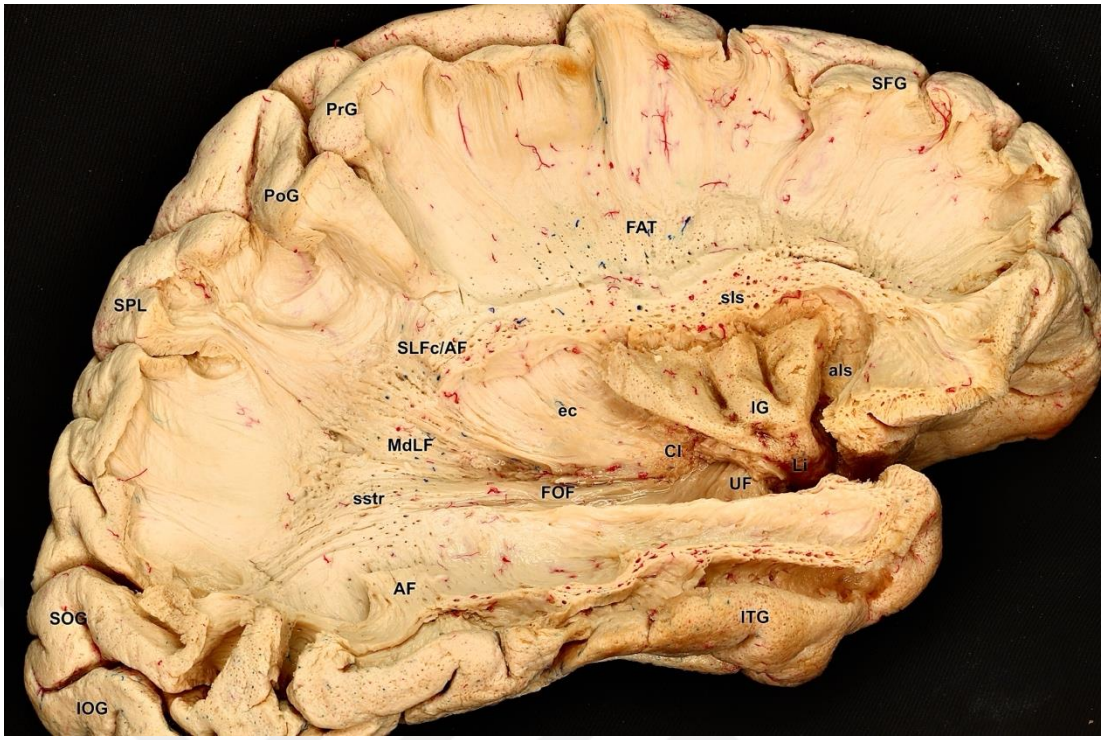
SLF c ve SLF II tamamen kaldırıldı. SFG den IFGOp ye ulaşan FAT lifleri gösterildi. AF lifleri PoG ve PrG hizasına kadar tamamen kaldırıldı. STG den SPL ye uzanım gösteren MdLF lifleri gösterildi. Ayrıca IPL den SOG ve IOG ye uzanım gösteren sagittal striatum (sstr) lifleri kısmen gösterildi. Süperior limitan sulkus (sls) ve posterior limitan sulkus (pls) duvarları keskin diseksiyon ile kısaltıldı ve posterior insula açığa çıkarıldı. Posterior insula üzerindeki gri madde dekortike edilerek ekstrem kapsül (ex) gösterildi (şekil 13).




**Şekil 13.** SLFc / AF, sstr ve FAT görünümü

*ex: ekstrem kapsül, FAT: frontoastlant trakt IOG: inferior oksipital girus, FOF: frontoksipital fasikül, MdLF: middle longitüdinal fasikül, pls: posterior limitan sulkus, PoG:postsantral girus, PrG: presantral girus, p.op: pars operkülaris, p.or:pars orbitalis, p.t: pars triangülaris, SFG: superior frontal girus, SMG: supramarjinal girus, SLFc: superior longitudinal fasikül kompleks, sls: süperior limitan sulkus, SLF II: superior longitudinal fasikül II, SLF III: superior longitudinal fasikül III, SOG:superior oksipital girus, SPL: superior paryetal lobul,*

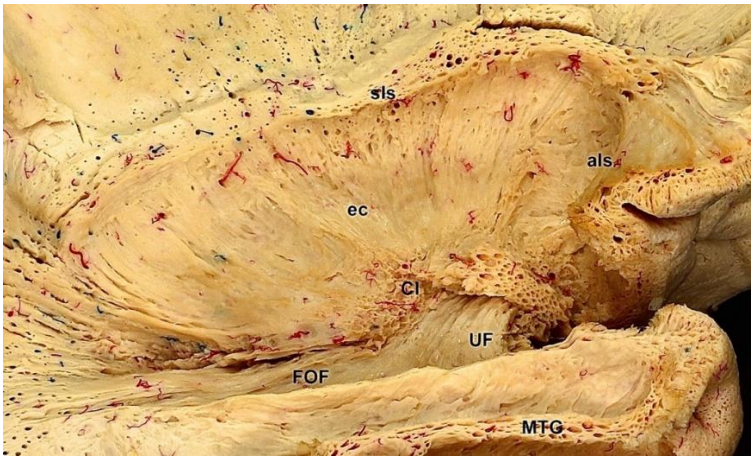
IFGOp IFGTr ve IFGOr sls sınırından keskin diseksiyon ile kaldırıldı. Böylelikle insulanın kısa girusları (kısalarını yaz) ve anterior limitan sulkus (als) görüldü. Long insular giruslar hizasındaki ekstrem kapsül kaldırılması ile aynı hizadaki eksternal kapsül (ec) ve klastrum (Cl) görüldü. UF'ün insula hizasında temporale uzanan kısmı gösterildi. Pls kaldırıldı ve FOF'ün sstr'ye katılan lif grubu gösterildi (şekil 14).




**Şekil 14.** Eksternal kapsül, klastrum, kısa insular girusların görünümü

*als: anterior limitan sulkus, AF:arkuat fasikül Cl:klastrum ec: eksternal kapsül, FAT: fronto astlant trakt, FOF: inferior frontoksipital fasikül, IOG: inferior oksipital girus, ITG: inferior temporal girus, Li: limen insula, MdLF: middle longitüdinal fasikül, SLF: superior longitudinal fasikül, SFG: süperior frontal girus, sls: süperior limitan sulkus, SOG:superior oksipital girus, sstr :sagittal striatum, SPL: superior paryetal lobul, UF: unsinat fasikül,*

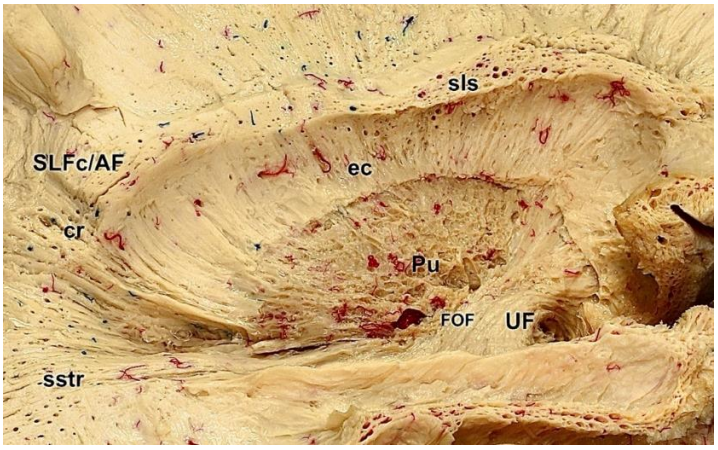
İnsulanın anterior girusları da dekortike edilerek ec ve Cl tamamen ortaya konuldu (şekil 15).




**Şekil 15.** Eksternal kapsül, klastrumun ve unsinat fasikül görülmesi

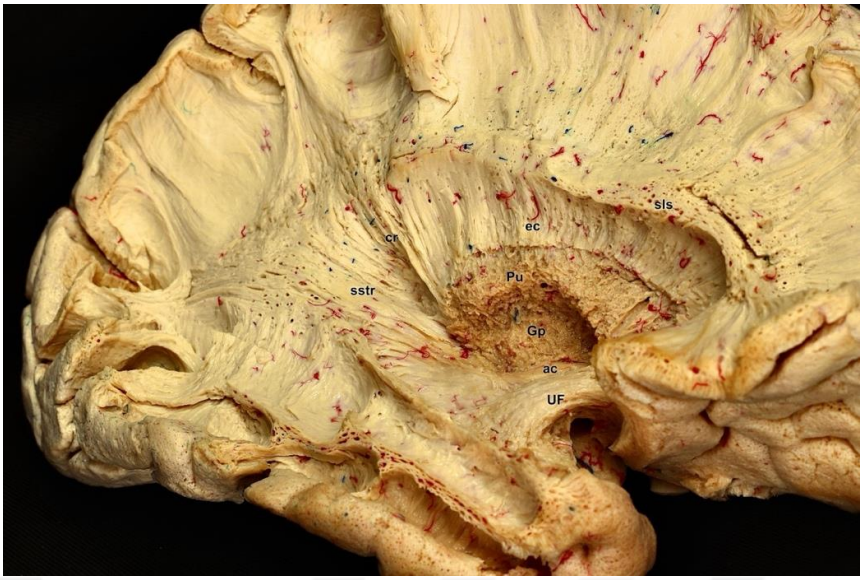
*als: anterior limitan sulkus, Cl: klastrum, ec: eksternal kapsül, FOF: inferior frontoksipital fasikül, MTG: medial temporal girus, sls: süperior limitan sulkus, UF: unsinat fasikül*

Cl tamamen ve ec kısmen kaldırılması ile putamen (Pu) görüldü ve UF tamamen ortaya çıkarıldı (şekil 16). Pu kısmen dekortike edildikten ve FOF kaldırıldıktan sonra hemen altında bulunan glabus pallidus (Gp) gösterildi. Gp'nin kısmen dekortike edilmesiyle birlikte içinden geçen anterior komissur (ac) bölümü de gösterildi (şekil 17).




**Şekil 16.** ex ve ec kaldırılması sonrası Pu ve UF görünümü

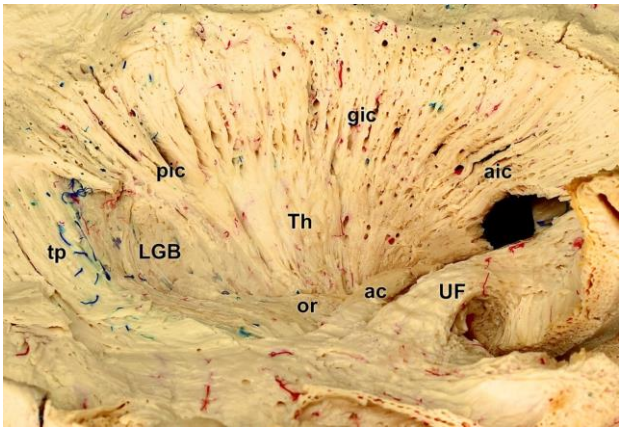
*cr: korona radiata lifleri, ec: eksternal kapsül, FOF: frontoksipital fasikül, Pu:putamen, SLFc/AF : süperior longitudinal fasikül kompleksi, Arkuat fasikül, sstr: sagittal striatum, UF: unsinat fasikül,*




**Şekil 17.** Pu ve fof un kısmen kaldırılması sonrası gp nin ve ac nin anterolateralden görüntüsü

*cr: korona radiata lifleri, Ec: eksternal kapsül, Gp: globus pallidus, Pu:putamen, sstr:saggital striatum, UF: unsinat fasikül,*

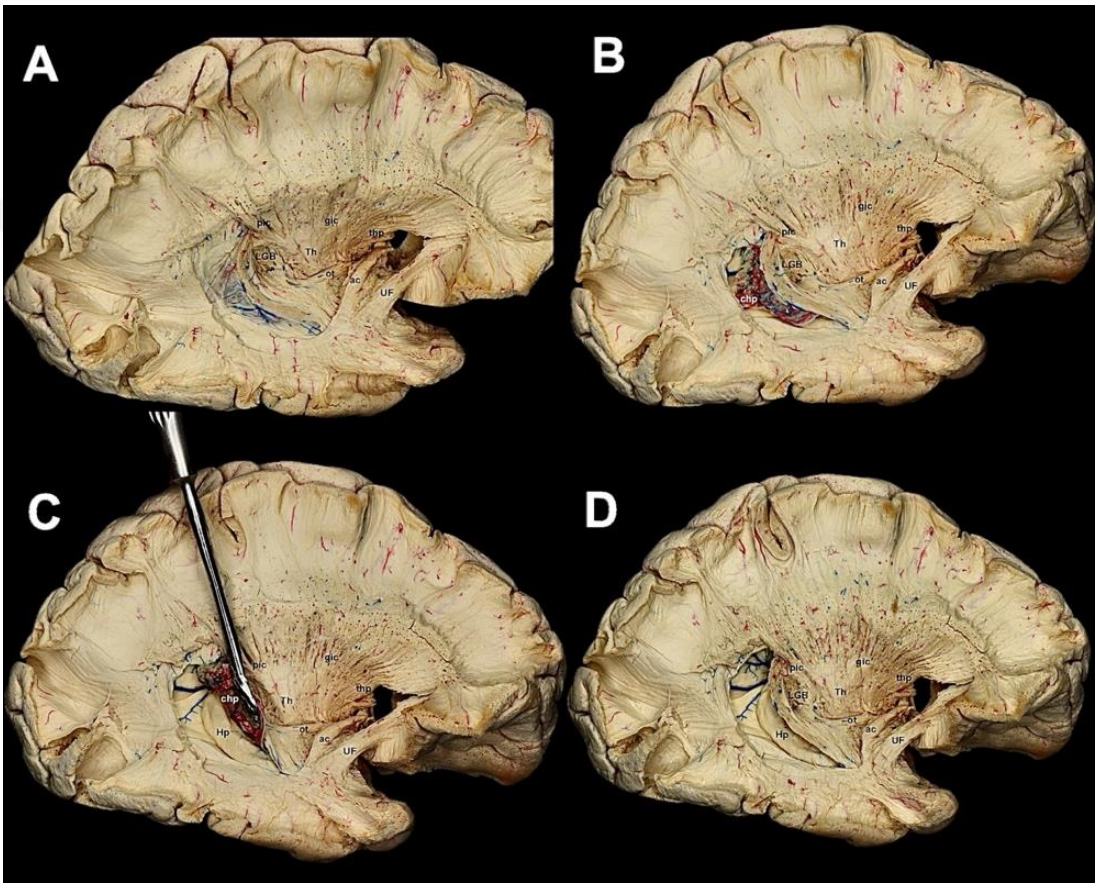
Pu, gp ec, sls, als tamamen kaldırılmasıyla internal kapsül anterior, genu, posterior bacağı ve optik radyasyon (or) lifleri görüldü. Ayrıca sstr kadırılarak tapetum (tp) ve lateral genikulat body (LGB) görüldü. (Şekil 18).




**Şekil 18.** İnternal kapsülün liflerinin ve optik radyasyon liflerinin gösterilmesi

*ac: anterior komissur, aic: internal kapsül anterior bacağı, gic: internal kapsül genu bacağı,or:optik radyasyon, pic. internal kapsül posterior bacağı, LGB: lateral genukulat body, Th: talamus, tp: tapetum lifleri UF:unsinat fasikül*

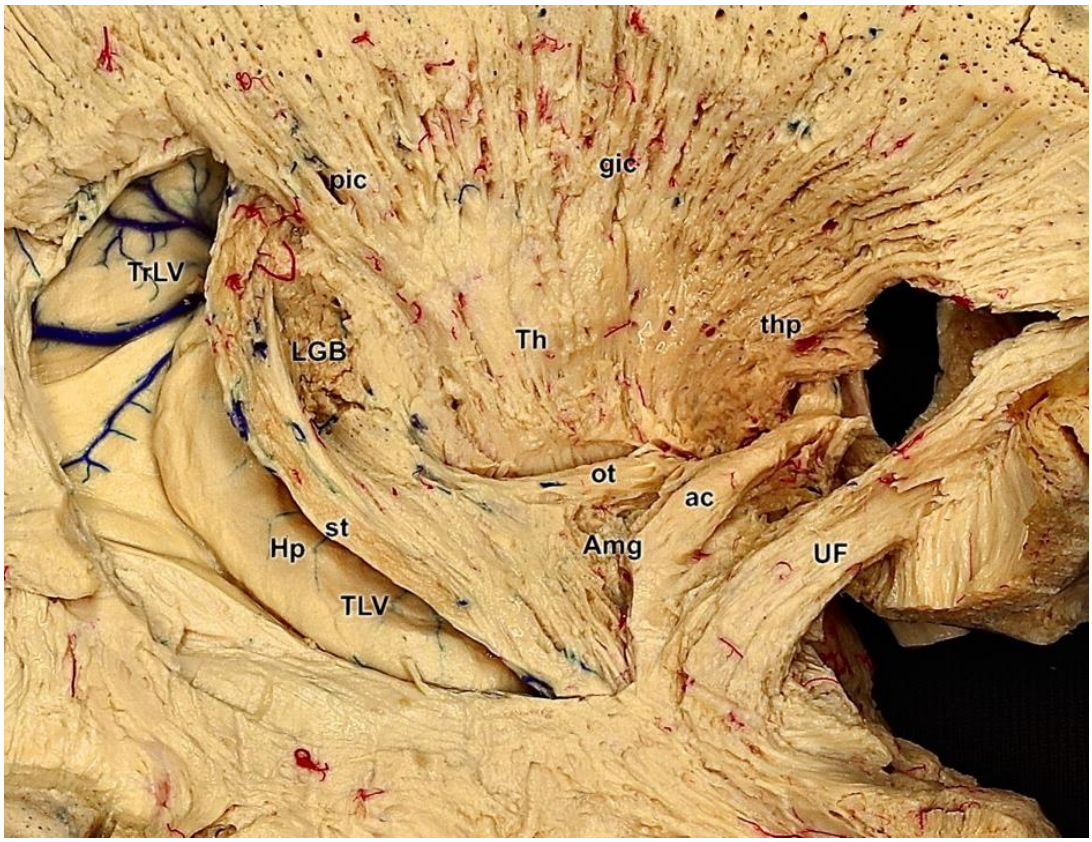
Dekortikasyon mediale doğru devam edildi ve optik trakt görülmeye başlandı. LGB daha net ortaya çıktı. Tp lifleri kaldırılması sonucu epandim dokusu görüldü (şekil 19A). Epandim dokusu kaldırılması sonucu lateral ventrikül trigonu ve temporal horn açığa çıkarıldı (şekil 19B). Ventrikül içerisinde bulunan koroid pleksuslar görüldü ve disektör yardımı ile ekarte edilmesiyle hipokampüs lateralden görüldü (şekil 19C). Daha sonra koroid pleksus kaldırıldı (şekil 19D).




**Şekil 19.** Tapetum lifleri epandim dokusu kaldırılması ile ventrikül içerisinde hipokampüs görünümü (A: tapetum liflerinin kaldırılması ve ventrikül duvarının görülmesi B: ventrikül duvarının kaldırılması koroid pleksus görülmesi C: koroid pleksus ekartasyonu ile hipokampus gövdesinin görülmesi D: Koroid pleksusun kaldırılması)

*ac: anterior komissur, chp: koroid pleksus, gic: internal kapsül genu bacağı, Hp: hipokampus, LGB: lateral genukulat body, ot: optik trakt, pic: internal kapsül posterior bacağı, Th: talamus, thp: talamik pedinküler lifler,, UF: unsinat fasikül*

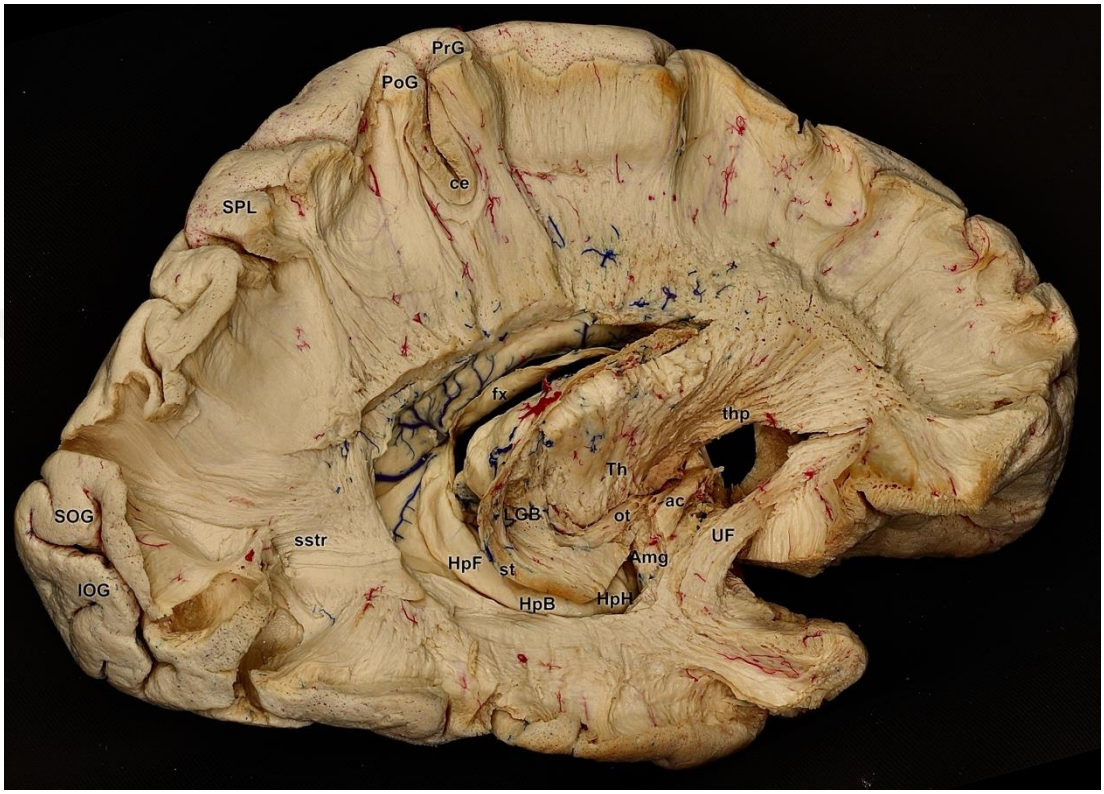
Stria terminalis (st) daha net görüldü. Aic kaldırıldı ve kaudat nükleus içinden geçen talamik pedikül lifleri (thp) gösterildi. Ayrıca ac mediale doğru uzanan kısmı açığa çıktı. Ot ve ac arasında amigdala kısmen görüldü (şekil 20).




**Şekil 20.** Hipokampüs ve amigdalanın lateral diseksiyonlardan sonra görüntülenmesi

*ac: anterior komissur, Amg: amigdala, Hp: hipokampus, gic: internal kapsül genu bacağı,or:optik radyasyon, pic. internal kapsül posterior bacağı LGB: lateral genukulat body, ot: optik trakt,, st: stria terminalis, Th: talamus, thp:talamik pedinkül lifleri, TrLV: lateral ventrikül trigon, TLV: lateral ventrikül temporal horn, UF: unsinat fasikül*

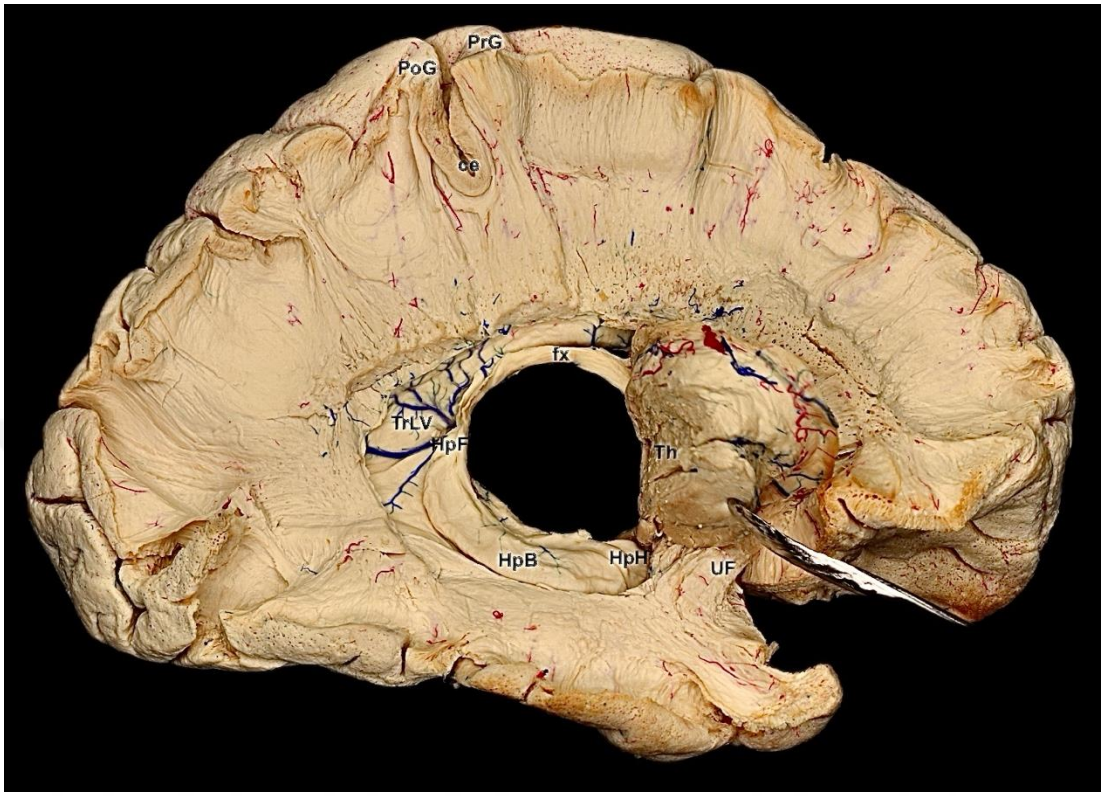
Amigdala komşuluğundaki ac ile st bir kısmı kaldırılarak hipokampüs başı görüldü. Ventrikül duvarı etrafındaki talamik radyason, internal kapsül, korona radiata lifleri ve ependim dokusu kaldırılarak lateral ventrikül açığa çıkarıldı. Fimbria ve forniks görüldü (şekil 21).




**Şekil 21.** Hipokampüs baş, gövde fimbria ve forniks görünümü

*ac: anterior komissur, Amg: amigdala, ce:santral sulkus fx: forniks, HpH: hipokampus başı, HpB: hipokampus gövedisi, HpF: hipokampus fimbriası, IOG: inferior oksipital girus LGB: lateral genukulat body, ot: optik trakt, PoG: postsantal girus, PrG:presantral girus, SOG: superior oksipital girus SPL: süperior paryetal lobül sstr: sagittal striatum st: tria terminalis, Th: talamus, thp: talamik pedinküler lifler, UF: unsinat fasikül*

Talamus ve kaudat nükleus tamamen ekarte edildikten sonra hipokampüs başından fornikse kadar uzanan C şeklinde yapının tamamen görüldü (şekil 15).



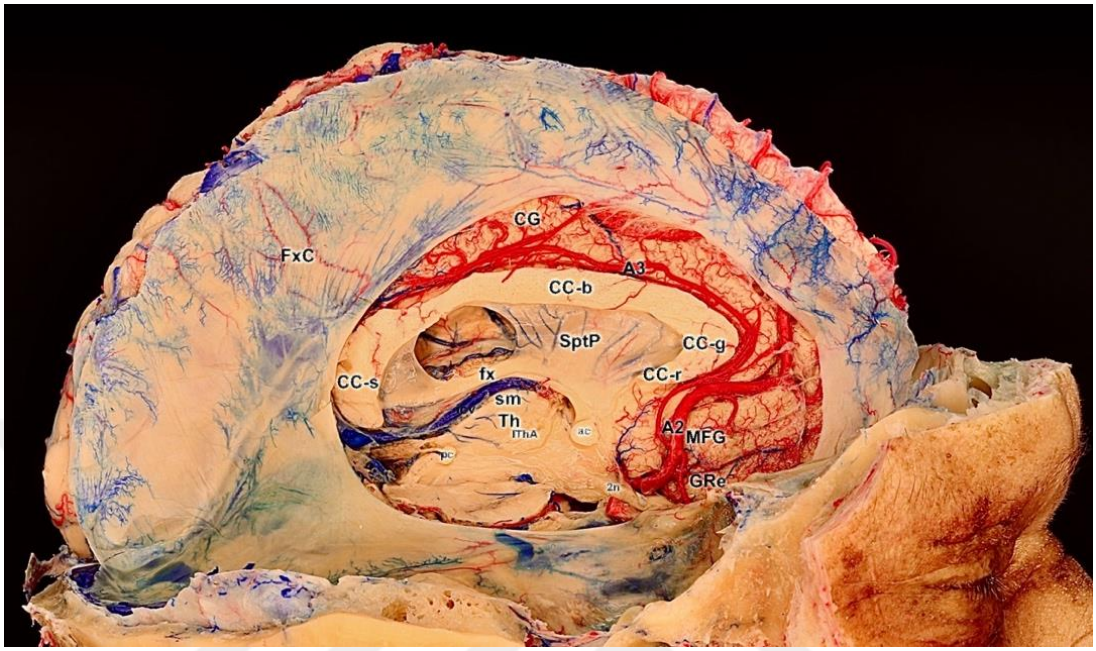

**Şekil 22.** Talamus eksarte edilmesi sonrası Hipokampüs, fimbria ve forniksin görünümü

*ce:santral sulkus fx: forniks, HpH: hipokampus başı, HpB: hipokampus gövedisi, HpF: hipokampus fimbriası, PoG: postsantal girus, PrG:presantral girus, Th: talamus,, TrLV: lateral ventrikül trigon, UF: unsinat fasikül*

### 5.2 Medialden Laterale Doğru Kademeli Diseksiyon

Skalp, kaş çizgisi ve kulak heliksi korunarak glabella ve eksternal oksipital protuberans arasında supratentoryal alan görünecek şekilde kaldırıldı. Frontal, sfenoid, temporal, paryetal ve oksipital kemikler görüldü. Bu kemikler süperior sagital ve transvers sinüsler korunarak supratentoryal alanın tamamı görünecek şekilde kemik kaldırıldı. Dura mater ve araknoid mater eksize edildi. Sağ hemisfer kaldırıldı. Medial yüzeydeki falks serebri, singulat girus, korpus kallozum, septum pellusidum, forniks,

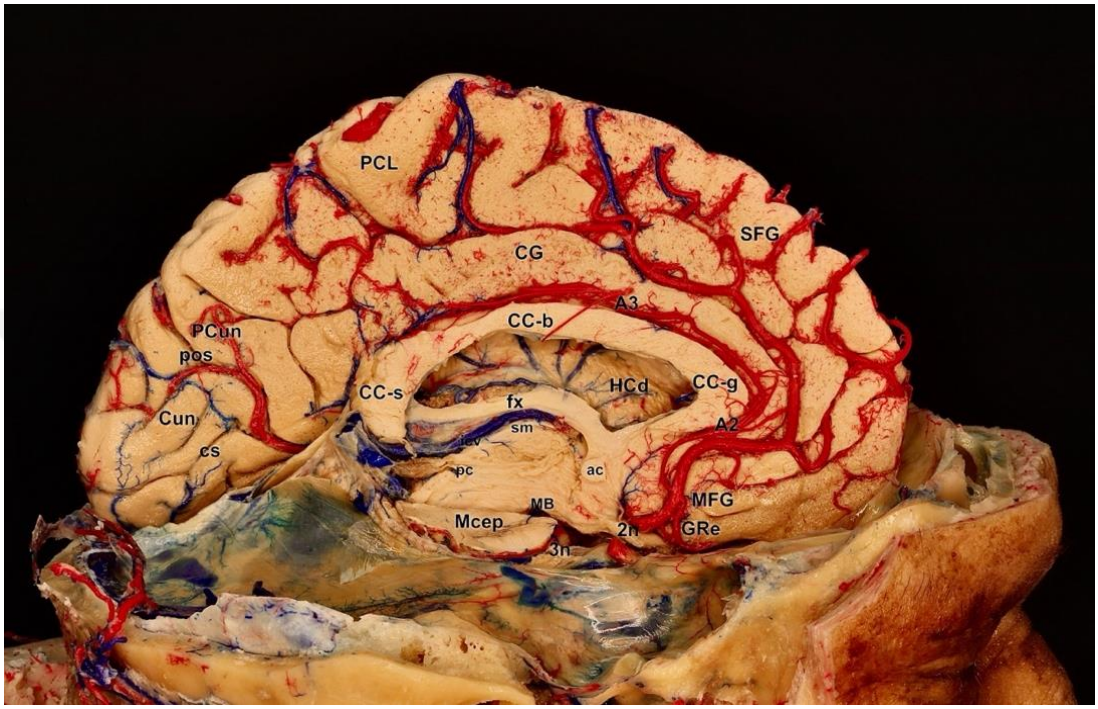
stria medullaris, talamus, anterior komissur, posterior komissur, orta frontal girus, girus rektus, anterior serebral arter ve dalları görüldü (şekil 23).




**Şekil 23.** Supratentoryal sınır içerisinde kalan skalp, kemik ve sağ hemisfer çıkarıldıktan sonra sol hemisfer medial yüzey görünümü

*ac: anterior komissur, A2: anterior serebral arter A2 dalı, A3: anterior serebral arter A3 dalı, CG: singulat girus CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, CC-s: korpus kallozum splenium FxC: Falks serebri, fx: forniks, GRe: girus rektus, IThA: intertalamik adezyo, MFG: middle frontal girus, pc: posterior komissur, sm: stria medullaris, SptP: septum pellusidum, Th: talamus, 2n: 2. Kranial sinir*

Falks serebri çıkarıldı. Medial yüzeydeki araknoid mater eksize edildi. Septum pellusidum kesildi. Prekuneus, kuneus, paryetooksipital sulkus, kalkarin sulkus, parasentral lob, superior frontal girus, medial frontal girus, girus rektus görüldü (şekil 24).

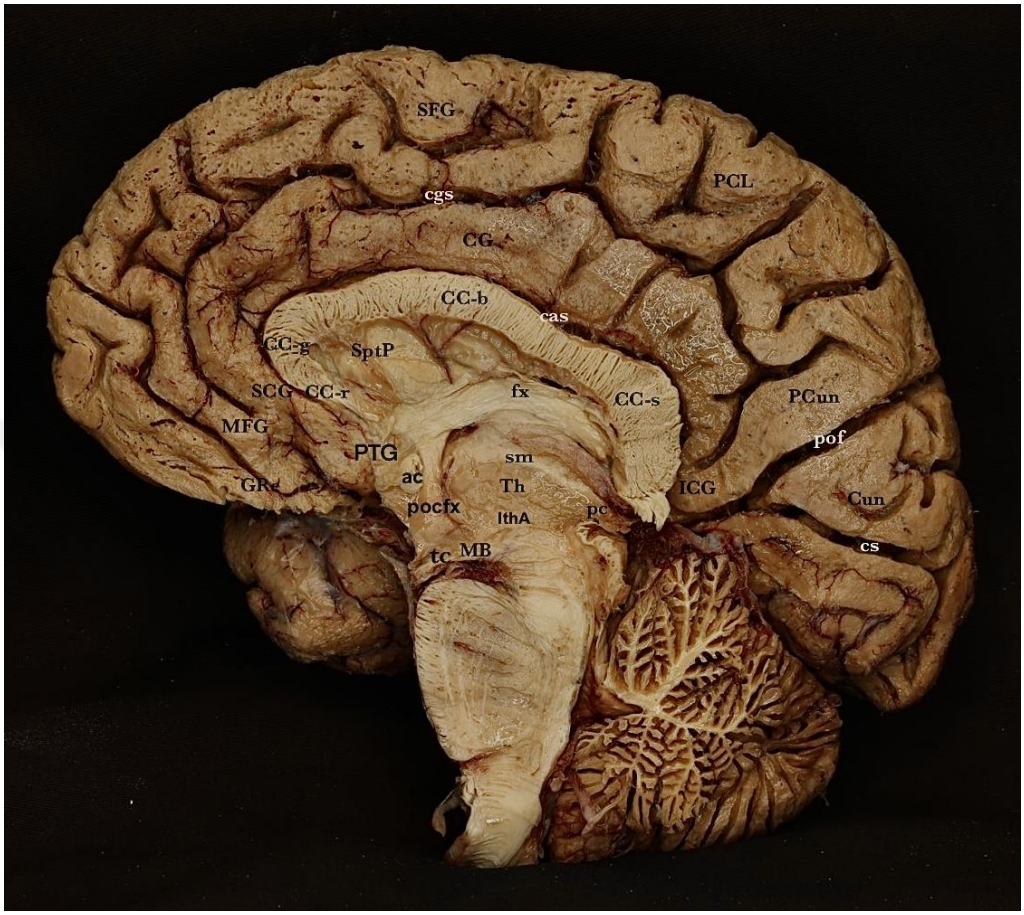



**Şekil 24.** Falks serebri kaldırıldıktan sonra medial yüzey görüntüsü

*ac: anterior komissur,A2: anterior serebral arter A2 dalı, A3: anterior serebral arter A3 dalı, CC-b: korpus kallozum gövdesi, , CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, CC-s: korpus kallozum splenium, CG: singulat girus, cs: kalkarin sulcus, Cun: kuneus, fx: forniks, GRe: girus rektus,HCd: kaudat nükleus başı, MB: mamiller cisim, Mcep: mezensefalon, MFG: middle frontal girus, pc: posterior komissur, PCL: parasentral lob, PCun: prekuneus, pos: paryetoksipital fissür, SFG: superior frontal girus, sm: stria medullaris, 2n: 2. Kranial sinir, 3n 3.kranial sinir ,*

Beyin sapı ve serebellum korunarak çıkarılan beyin dokular korpus kallozum hizasından dikey olarak bulbus hizasından yatay olarak kesildi. Bu hemisferde araknoid mater, dura mater, arter ve venler temizlendi. Superior frontal girus, singulat sulcus, singulat girus, kallozal sulkus, korpus kallozum, septum pellusidum, forniks, anterior komissur, posterior komissur, stria medullaris, paraterminal girus, subkallozal

girus, medial frontal girus,girus rektus, talamus, mamiller cisim, prekuneus, paryetoksipital sulkus, kuneus, kalkaris sulkus tanımlandı (şekil 25).

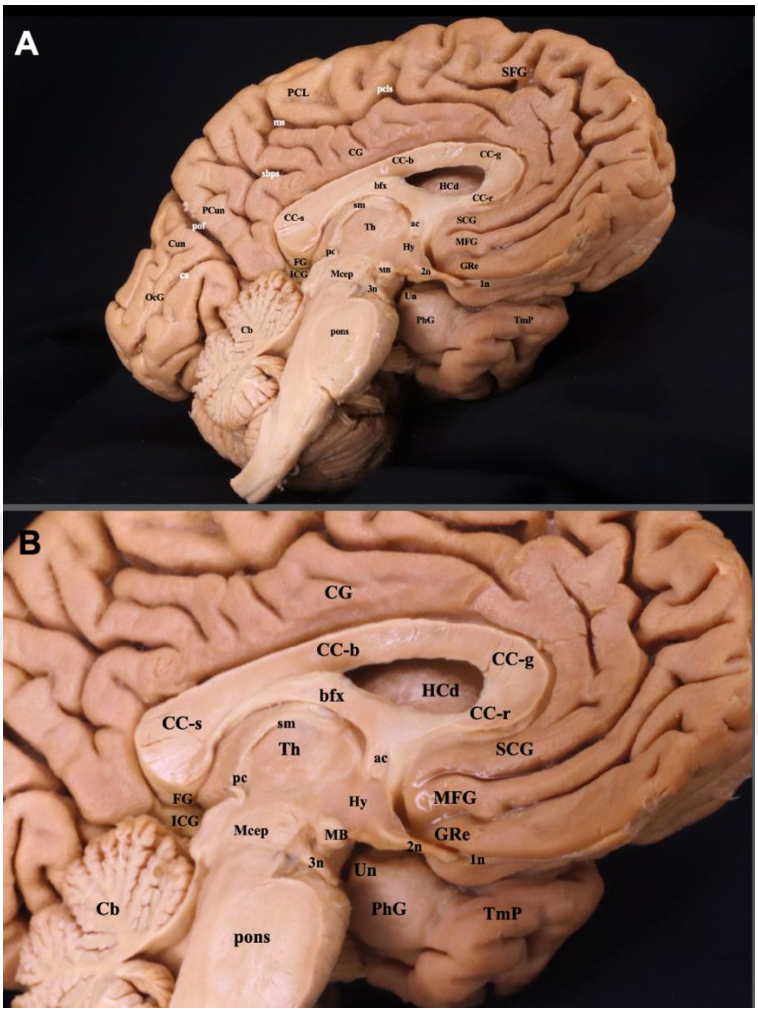



**Şekil 25.** Meninks ve vasküler dokular kaldırıldıktan sonra sağ hemisfer medial görünümü

*ac: anterior komissur, cas: singulat sulkus, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, CG: singulat girus, cgs: singulat sulkus, cs: kalkarin sulcus, Cun: kuneus, fx: forniks, GRe: girus rektus, IthA: intertalamik adezyo, MB: mamiller cisim, MFG: middle frontal girus, pc: posterior komissur, PCL: parasentral lob, PCun: prekuneus, pos: paryetoksipital fissür, pocfx: postkomissural forniks, SCG: subkallozal girus, SFG: superior frontal girus, sm: stria medullaris, SptP: septum pellusidum, tc:tuber cinerium, Th: talamus,*

Beyin sapı ve serebellum korunarak çıkarılan başka bir hemisfer korpus kallozum hizasından dikey bulbus hizasından yatay kesildi. Dura mater araknoid mater arter ve venleri temizlendi. Bu hemisferin medial yüzeyi anteroinferiordan

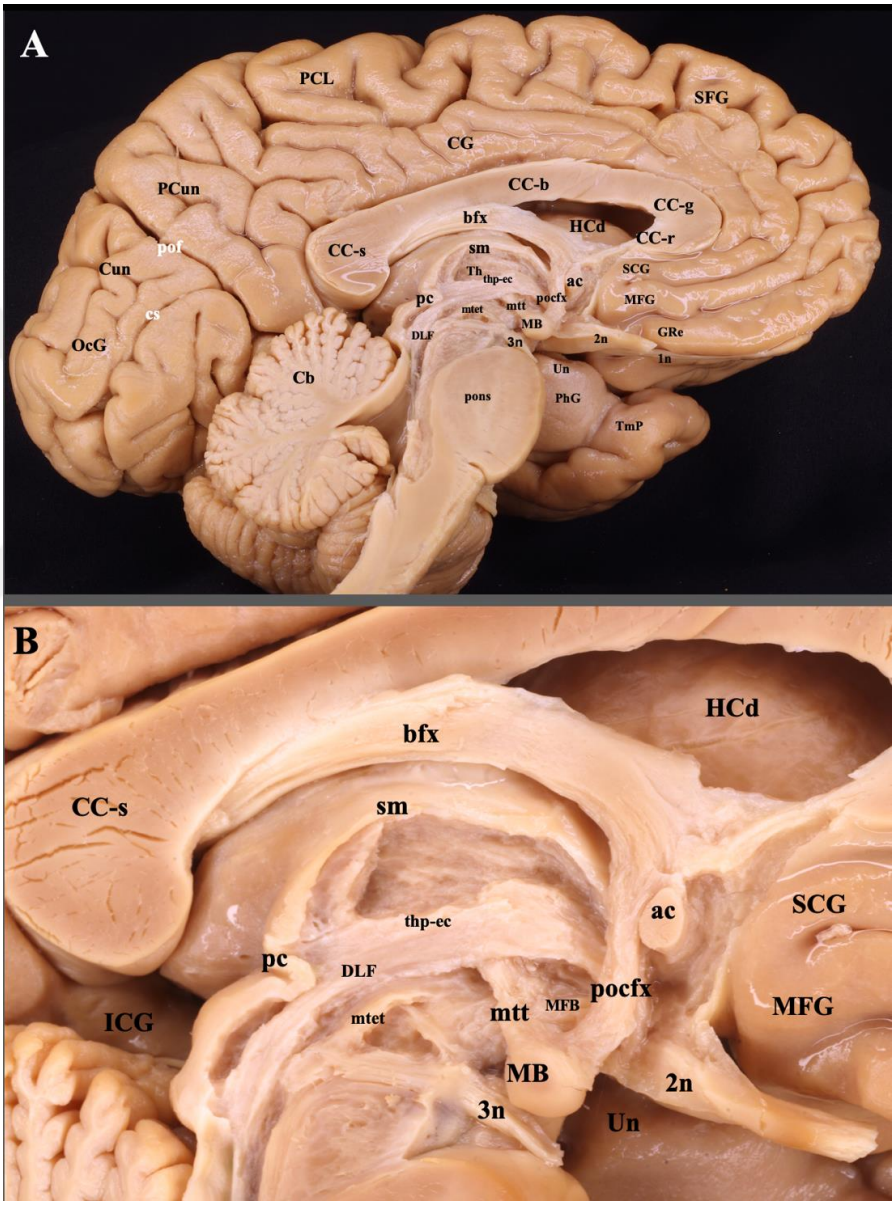
görüntülendi. Şekil 18 de beyin hemisferinin medial yüzeyinde görülen yapılara ek olarak unkus ve parahipokampal girus tanımlandı (şekil 26A). Aynı hemisferin talamus ve etrafındaki yapılara odaklanarak daha yakından görüntülendi (şekil 26B).




**Şekil 26.** A-B: Sol hemisfer medial yüzeyinin anteroinferiordan görüntüsü

*ac: anterior komissur, bfx: forniks gövdesi, Cb: Serebellum, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, CG: singulat girus, cs: kalkarin sulcus, Cun: kuneus, FG:fasiolar girus, GRe: girus rektus, HCd:kaudat nükleus başı, Hy:hipotalamus, ICG:istmus singulat girus, MB: mamiller cisim, Mcep:mezensefalon MFG: middle frontal girus, ms:marginal sulkus, OcG: Oksipital girus, pc: posterior komissur, PCL: parasentral lob, PCun: prekuneus, pcls: parasentral sulkus, PhG:parahipokampal girus, pof: paryetoksipital fissür, pons:pons, sbps:subparyetal sulkus, SCG: subkallozal girus, SFG: superior frontal girus, sm: stria medullaris, Th: talamus, TmP:temporal pol, Un:unkus, 1n:1.kranial sinir, 2n: 2.kranial sinir, 3:3.kranial sinir*

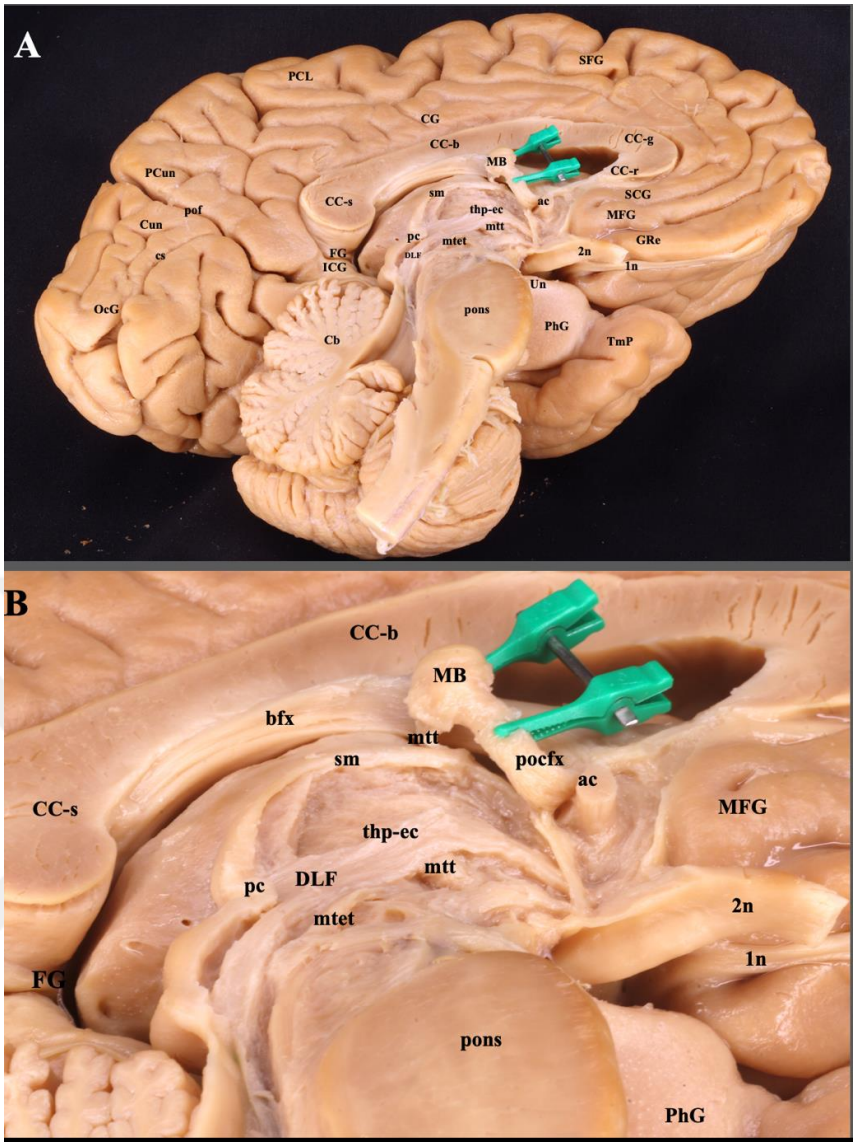
Talamus üzerinden epandim dokusu kaldırılarak dorsal longitudinal fasikül (DLF), mamillotalamik traktus (mtt), mamillotegmental traktus, ekstrakapsüler talamik pedinkül (thp-ec) ve posterior komissür (pocfx) ortaya çıkarıldı (şekil 27A).Talamusa odaklanarak yapılan lif diseksiyonunda bu lifler birbirinden ayırt edildi. Medial ön beyin demeti (MFB) tanımlandı (şekil 27 B).




**Şekil 27.** A: Talamus üzerinden epandim dokusu kaldırılarak thp-ec, DLF, mtt, mtet görünümü. B: talamus medial yüzeyine odaklanılması sonrası talamus üzerindeki DLF, thp-ec, mtet ve MFB nin görülmesi

*ac: anterior komissur, bfx: forniks gövdesi, Cb: Serebellum, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, CG: singulat girus, cs: kalkarin sulcus, Cun: kuneus, DLF:dorsal longitudinal fasikül, GRe: girus rektus, HCd:kaudat nükleus başı, Hy:hipotalamus, ICG:istmus singulat girus MB: mamiller cisim, Mcep:mezensefalon MFB:ön beyin demeti, MFG: middle frontal girus,mtet: mamillotegmental trakt, mtt:mamillotalamik trakt, OcG: Oksipital girus, pc: posterior komissur, PCL: parasentral lob, PCun: prekuneus, PhG:parahipokampal girus, pocfx:postkomissüral forniks, pof: paryetoksipital fissür, pons:pons, SCG: subkallozal girus, SFG: superior frontal girus, sm: stria medullaris, Th: talamus, thp-ec: ekstrakapsüler talamik pedinkül, TmP:temporal pol, Un:unkus, 1n:1.kranial sinir, 2n: 2.kranial sinir, 3:3.kranial sinir*

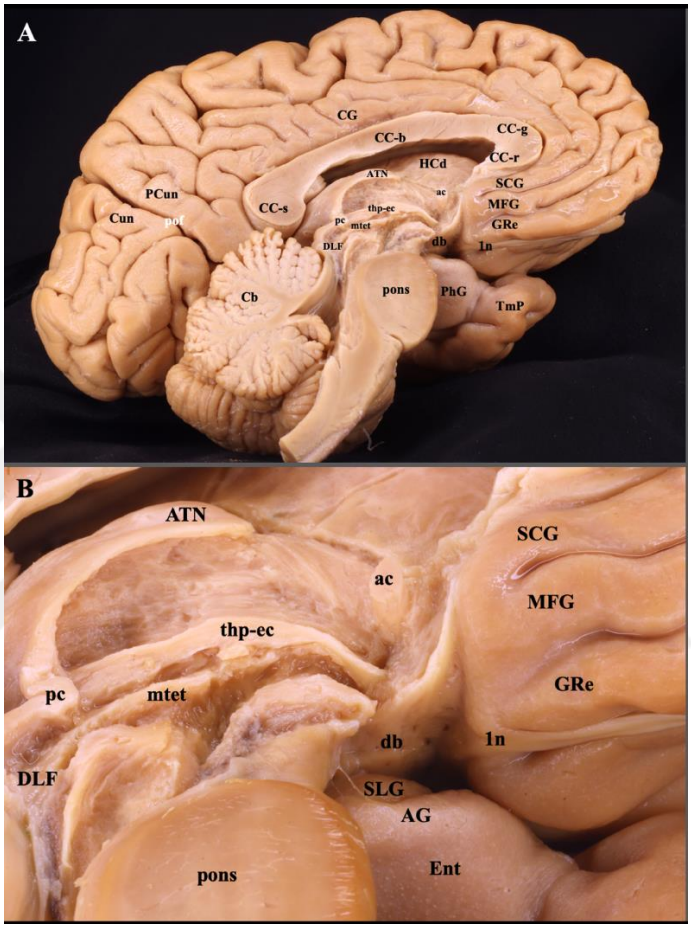
MB, mtt ile bağlantısı kesilerek pocfx ile yukarıya doğru kaldırıldı (şekil 28A). Daha yakından alınan görüntüde MB kaldırıldıktan sonra thp-ec, DLF, mtet görüntüleri alındı. Ayrıca sm den gelen liflerin bir kısmının pocfx in arka sınırında liflerle birleşerek MB e ye ulaştığı görüldü (şekil 28B).




**Şekil 28.** A: MB, mtt ile bağlantısı kesilerek pocfx ile kısmen diseke edildi. B: sm ile pocfx posterior liflerinin birleşim yerinin gösterilmesi

*ac: anterior komissur, bfx: forniks gövdesi, Cb: Serebellum, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, CG: singulat girus, cs: kalkarin sulcus, Cun: kuneus, DLF:dorsal longitudinal fasikül, FG:fasciolar girus, GRe: girus rektus, ICG:singulat girusun istmusu, MB: mamiller cisim, , MFG: middle frontal girus, mtet: mamillotegmental trakt, mtt:mamillotalamik trakt, OcG: Oksipital girus, pc: posterior komissur, PCL: parasentral lob, PCun: prekuneus, PhG:parahipokampal girus, pocfx:postkomissüral forniks, pof: paryetoksipital fissür, pons:pons, SCG: subkallozal girus, SFG: superior frontal girus, sm: stria medullaris, thp-ec: ekstrakapsüler talamik pedinkül, TmP:temporal pol, Un:unkus, 1n:1.kranial sinir, 2n: 2.kranial sinir,*

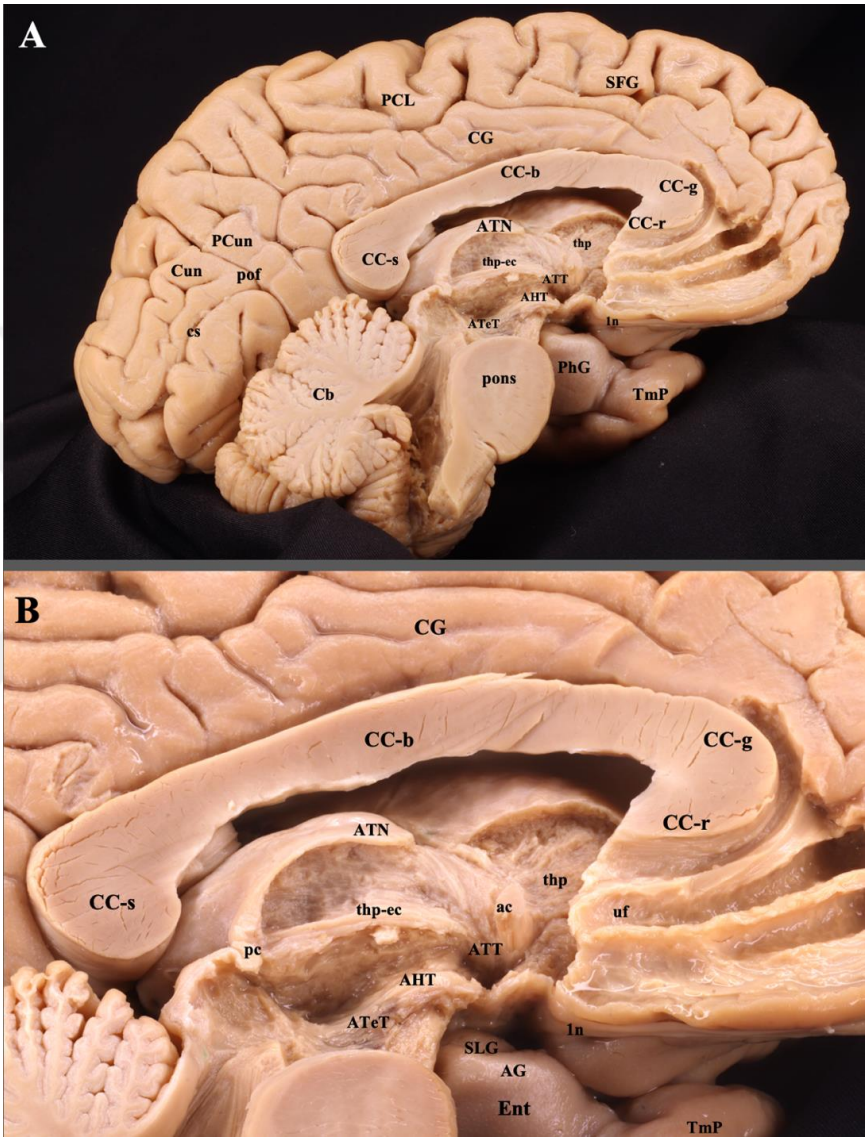
MB, pocfx kaldırıldı. Anterior talamik nükleus (ATN) görüldü. Optik kiazma kaldırıldı ve diagonal band daha net görüldü. Talamus dekortikasyonu derinleştirilerek lifler daha da belirginleştirildi (şekil 29A). Daha yakından alınan görüntüde parahipokampal girusun entorhinal alanı (Ent), ambiens girus (AG) ve semilunar girus (SLG) tanımlandı (şekil 29B).




**Şekil 29.** A-B: thp-ec dekortikasyonu, MB ve pocfx kaldırılması sonrası ATN görüntüsü, ayrıca Ent, AG, SLG görünümü

*ac: anterior komissur, AG:ambiens girus, ATN: anterior talamik nükleus, Cb: Serebellum, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, CG: singulat girus, cs: kalkarin sulcus, Cun: kuneus, db:diagonal band, DLF:dorsal longitudinal fasikül, Ent: entorinal alan, GRe: girus rektus, MFG: middle frontal girus, mtet: mamillotegmental trakt, PCun: prekuneus, PhG:parahipokampal girus, pof: paryetoksipital fissür, pons:pons, SCG: subkallozal girus, SLG: semilunar girus, thp-ec: ekstrakapsüler talamik pedinkül, TmP:temporal pol, Un:unkus, 1n:1.kranial sinir,*

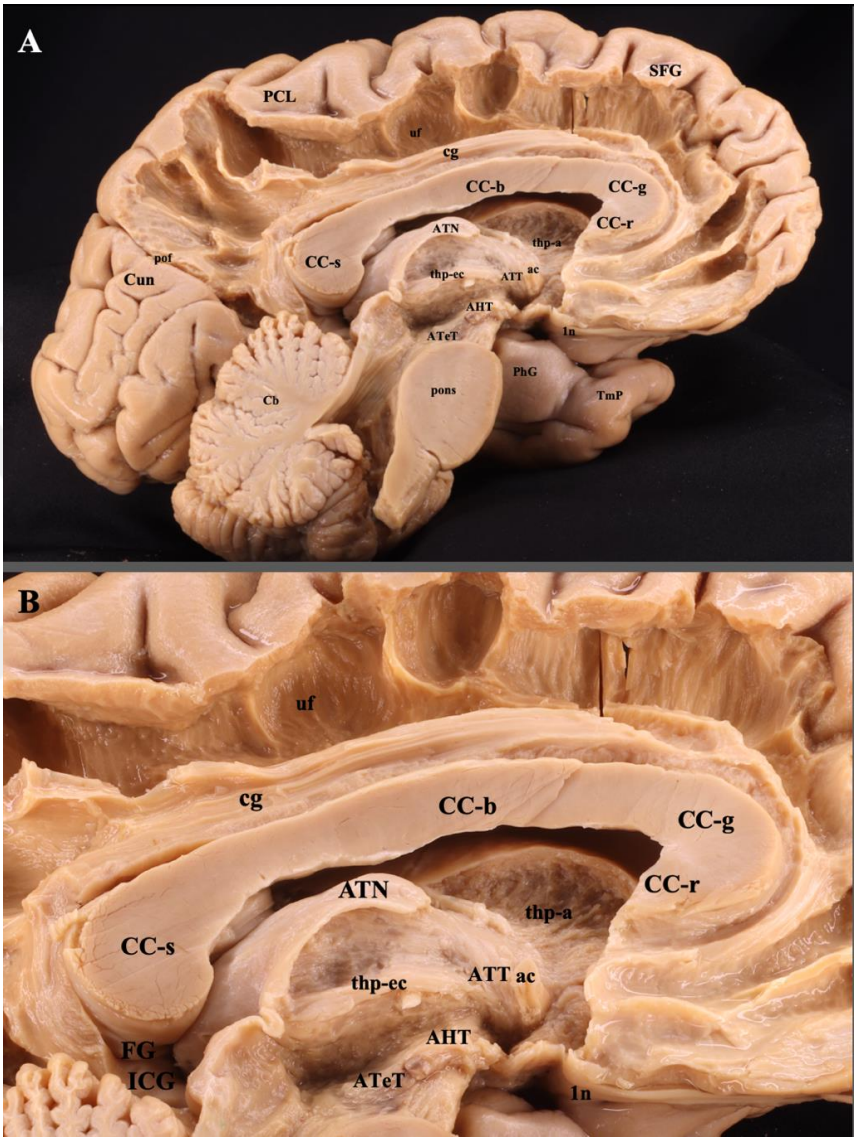
SCG, MFG, GRe dekortike edildi ve u lifleri gösterildi. Talamus ve hipotalamus dekortikasyonu derinleştirilerek amigdalotalamik traktus (ATT), amigdalohipotalamik traktus (AHT) ve amigdalotegmental traktus (ATeT) lifleri görüldü (şekil 30A). Kaudat nükleus başı dekortike edildikten sonra talamik pedinküller (thp) ortaya çıkarıldı (şekil 30B).




**Şekil 30.** A-B: Talamus ve hipotalamus kısmi dekortikasyonu sonrası ATT, ATeT, AHT görünümü

*ac: anterior komissur, AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus, ATeT: amigdala tegmental trakt, ATT:amigdala talamik trakt, Cb: Serebellum, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, CG: singulat girus, cs: kalkarin sulcus, Cun: kuneus,, Ent: entorinal alan, GRe: girus rektus, pc:posterior komissür, PCun: prekuneus, PhG:parahipokampal girus, pof: paryetoksipital fissür, pons:pons, SLG: semilunar girus, thp-a: anterior talamik pedinküller, thp-ec: ekstrakapsüler talamik pedinkül, TmP:temporal pol, 1n:1.kranial sinir,*

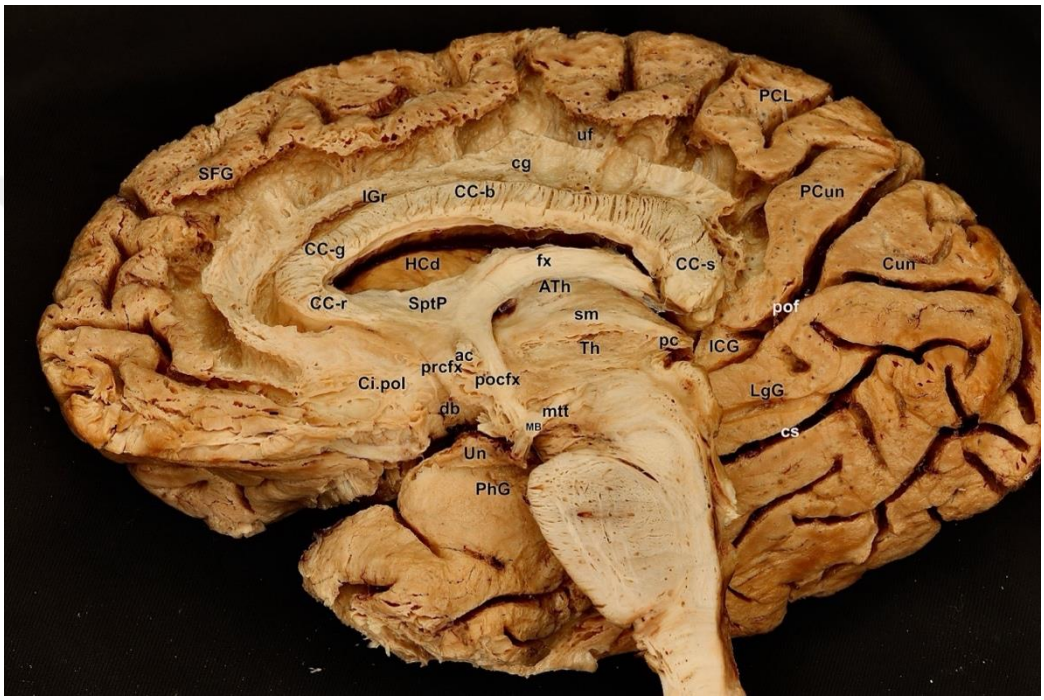
Sol hemisfer singulat girus dekortike edildi ve singulum lifleri açığa çıkarıldı. Singulat girus ile paryetal lob ve frontal girus arasında bulunan u lifleri gösterildi. Korpus kallozumun spleniumun altından singulat girusun isthmusu (ICG) dekortike edilerek singulum liflerinin temporale yönlendiği görüldü (şekil 31A-B).




**Şekil 31.** A-B: Sağ hemisfer CG dekortikasyonu sonrası cg görüntüsü

*ac: anterior komissur, , AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus, ATeT: amigdala tegmental trakt, ATT:amigdala talamik trakt, Cb: Serebellum, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, Cg: singulum, Cun: kuneus,FG:fasciolar girus, ICG: singulat girusun isthmusu, PCL:paracentral lobül, PhG:parahipokampal girus, pof: paryetoksipital fissür, pons:pons, SFG:superior frontal girus, thp-a: anterior talamik pedinküller, thp-ec: ekstrakapsüler talamik pedinkül, TmP:temporal pol, uf:u fiber, 1n:1.kranial sinir,*

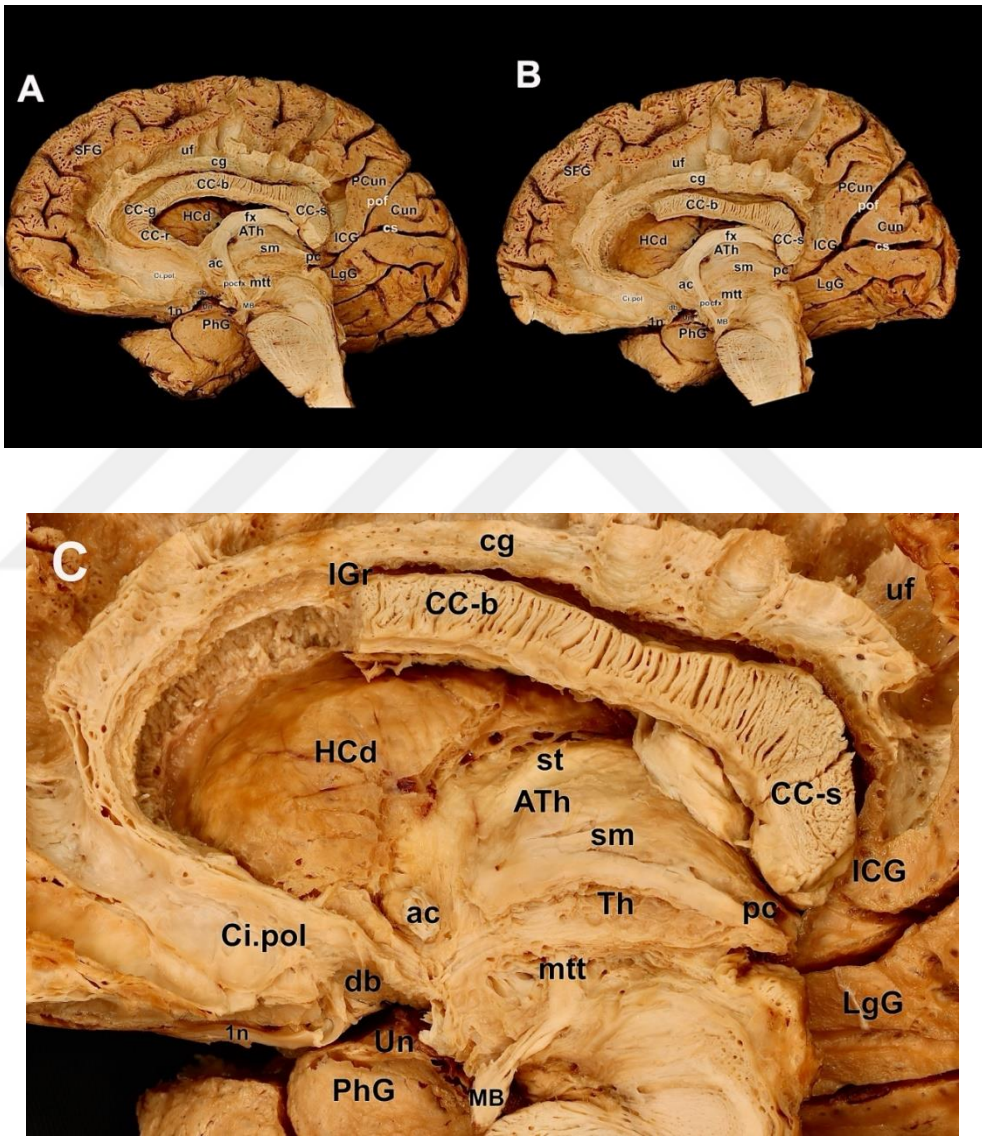
Sağ hemisferin singulat girus dekortike edildikten sonra singuluma ait u lifleri gösterildi. Talamus üzerinden epandim tabakası kaldırıldı. Mamiller bodyden (MB) anterior talamik nükleusa (ATh) uzanan mamillotalamik traktus (mtt), talamus kısmen dekortike edilerek ortaya çıkarıldı. Hipotalumus dekortike edilerek postkomissural forniksin mamiller bodye uzanan kısmı açığa çıkarıldı. Medial frontal girus bazal kısmı, girus rektus, paraterminal girus ve subkallozal girusun dekortike edilmesi ile singulat pole açığa çıkarıldı. Singulat pol komşuluğundaki prekomissural forniks gösterildi (şekil 32).




**Şekil 32.** Singulat girusun dekortike edilmesinden sonra singulumun ortaya çıkarılması, talamus üzerinden mamillotalamik traktusun talamus dekortikasyonundan sonra görülmesi

*ac: anterior komissur, ATh: anterior talamik nükleus, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, CC-s: korpus kallozum splenium, cg: singulum, Ci.pol: singulat pol, cs: kalkarin sulcus, Cun: kuneus, fx: forniks, db: diagonal band, ICG: singulat girusun istmusu, LgG: lingual girus, MB: mamiller cisim, mtt: mamillo talamik traktus, pc: posterior komissur, PCL: parasentral lob, PCun: prekuneus, PhG: parahipokampal girus, pof: paryetoksipital fissür, pocfx: postkomissural forniks, prcfx: prekomissural forniks, SCG: subkallozal girus, SFG: superior frontal girus, sm: stria medullaris, SptP: septum pellusidum, T pole : temporal pol Th: talamus, uf: u lifleri Un: unkus*

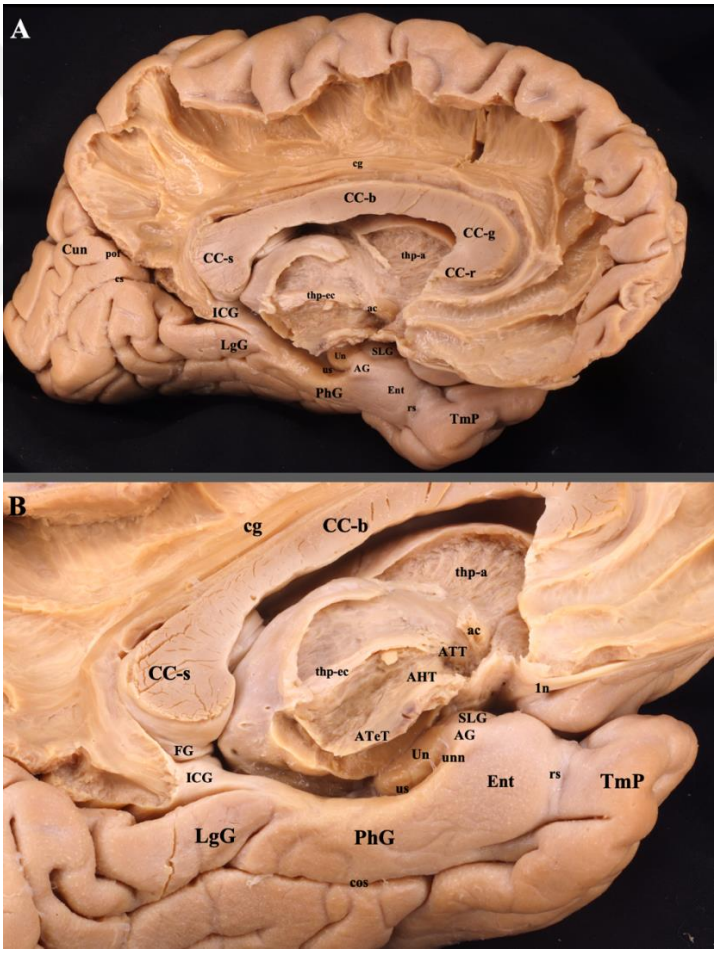
Singulat polün dekortikasyon sonrası brocanın diagonal bandı daha net görülmeye başlandı (şekli 33A-C). Korpus kallozum genu ve rostrumu kaldırılarak sağ lateral ventrikül içerisindeki kaudat nükleus başı görüntüldü (şekil 33B). Forniks prekomissural, postkomissural ve gövde kısımı eksize edildikten sonra anterior talamik nükleus, stria terminalis ve kaudat nükleus gövde kısmı daha net görüntülendi (şekil 33C).




**Şekil 33.** A: GRe, MFG, PTG, SCG dekortikasyon sonrası singulat pol görünümü B: Kaudat nükleus rostrum ve genusu eksize edildikten sonra kaudat nükleus görüntüsü C: Forniks kaldırıldıktan sonra talamus ve kaudat nükleus görüntüsü

*ac: anterior komissur, ATh: anterior talamik nükleus, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, CC-s: korpus kallozum splenium, cg: singulum, Ci.pol: singulat pol, cs: kalkarin sulcus, Cun: kuneus, db: diagonal band, fx: forniks, ICG: singulat girusun istmusu, LgG: lingual girus, MB: mamiller cisim, mtt: mamillo talamik traktus, pc: posterior komissur, PCun: prekuneus, PhG: parahipokampal girus, pos: paryetoksipital fissür, pocfx: postkomissural forniks, prcfx: prekomissural forniks, SCG: subkallozal girus, SFG: superior frontal girus, sm: stria medullaris, Th: talamus, uf: u lifleri, Un:unkus, 1n: 1. Kranial sinir*

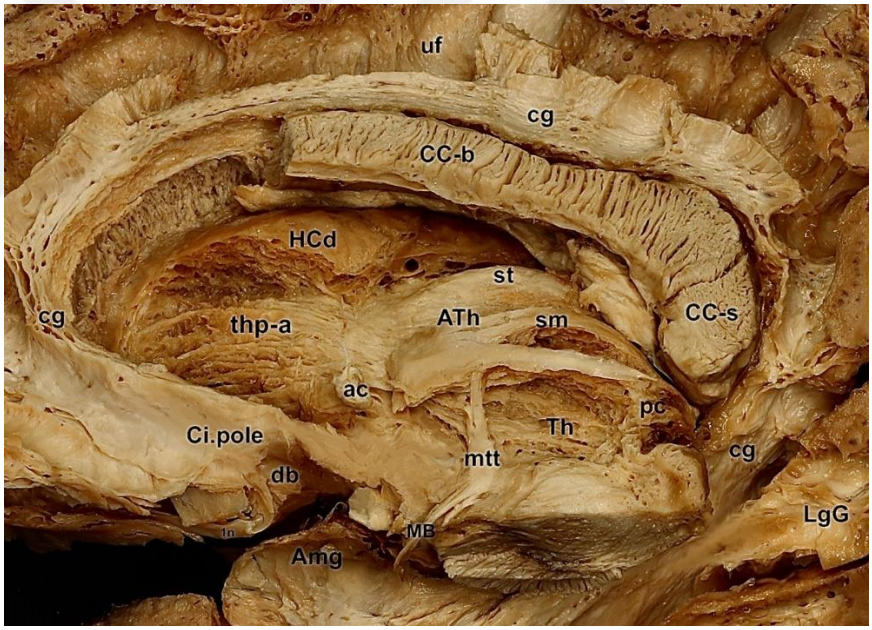
Sol hemisferde beyin sapı mezensefalon hizasından kesilerek temporal lobun medialden inferior yüzeyi daha net görüldü. Parahipokampal girus (PhG), lingual girus (LgG), Fasciolar girus (FG), kollateral sulkus (cos), unkal sulkus (us) ve rhinal sulkus (rs) tanımlandı (şekil 34A-B).




**Şekil 34.** A-B: Beyin sapı mezensefalon hizasından kesilerek alınan sol hemisfer medial yüzey görüntüsü ve LgG, PhG, ICG, FG, cos, Ent, un, us, unn, SLG, AG, rs, TmP medial ve inferiordan görünümü

*ac: anterior komissur, , AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus, ATeT: amigdala tegmental trakt, ATT:amigdala talamik trakt, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, Cg: singulum, cs:kalkarin sulkus, Cun: kuneus, cos: kollateral sulkus, Ent: entorinal alan, FG:fasciolar girus, ICG: singulat girusun isthmusu, LgG: lingual girus, PhG:parahipokampal girus, pof: paryetoksipital fissür, rs:rinal sulkus, SLG:semilunar girus, thp-a: anterior talamik pedinküller, thp-ec: ekstrakapsüler talamik pedinkül, TmP:temporal pol, Un: unkus, unn:uncal notch, us:unkal sulkus, 1n:1.kranial sinir,*

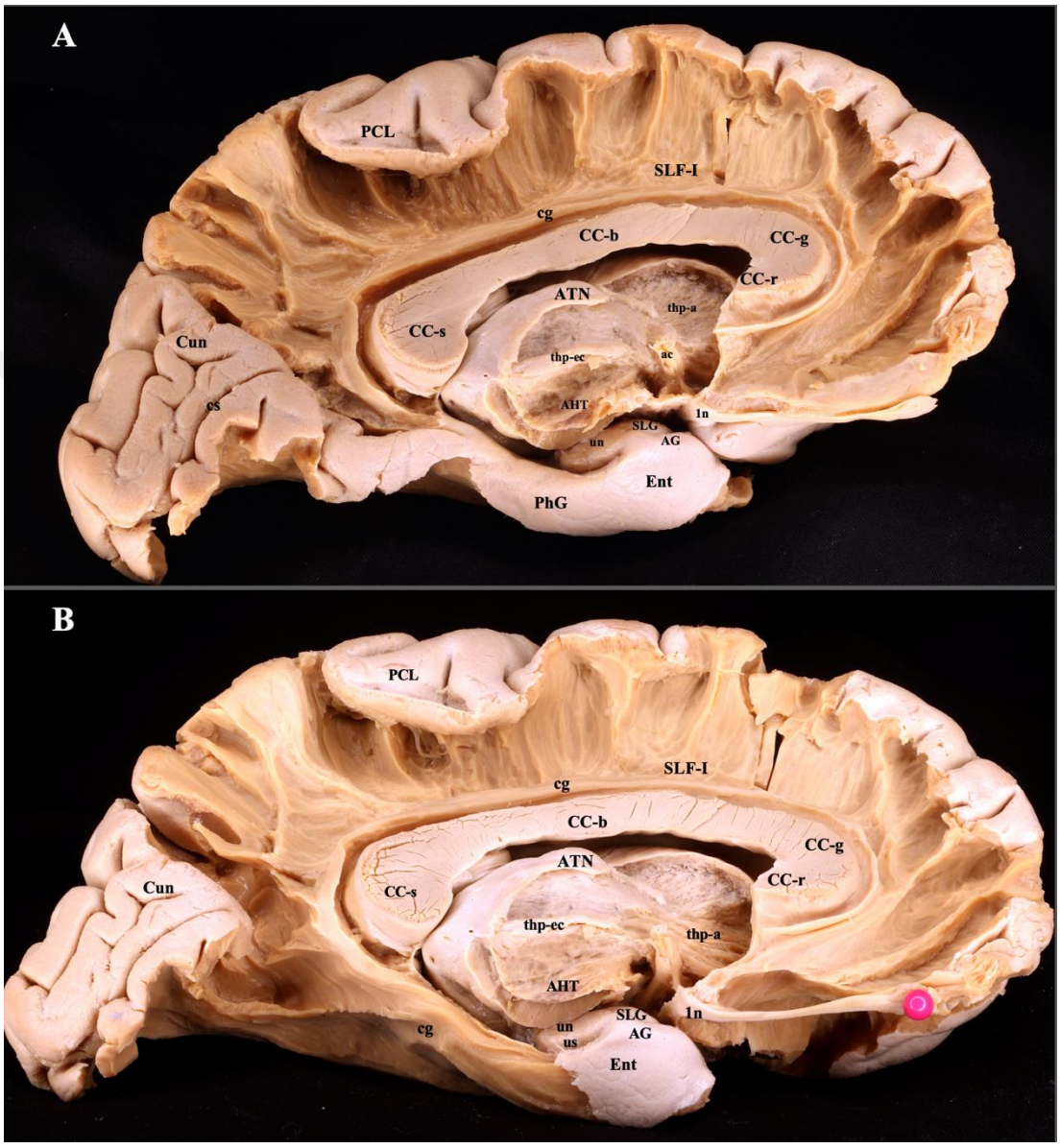
Sağ hemisferde beyin sapı mezensefalon hizasından kesilerek temporal lobun inferior yüzeyi daha net görüntülendi. Parahipokampal girus dekortike edildi. Singulum lifleri singulat girusundan parahipokampal girusa kadar olan kısımı takip edildi. Kaudat nükleus başı dekortike edilerek anterior talamik pediküller ortaya çıkarıldı (şekil 35).




**Şekil 35.** Anterior talamik pedikül ve singulum liflerinin parahipokampal uzantısının medial açıdan görüntüsü

*ac: anterior komissur, Amg: Amigdala, ATh: anterior talamik nükleus, cg:singulum CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, cg: singulum, Ci.pole: singulat pol, db:diagonal band, HCd:kaudat nükleus başı LgG: lingual girus, MB: mamiller cisim, mtt: mamillo talamik traktus, pc: posterior komissur,, sm: stria medullaris, st: stria terminalis, Th: talamus, thp-a: anterior talamik pedinkül, uf: u lifleri 1n:1.kranial sinir*

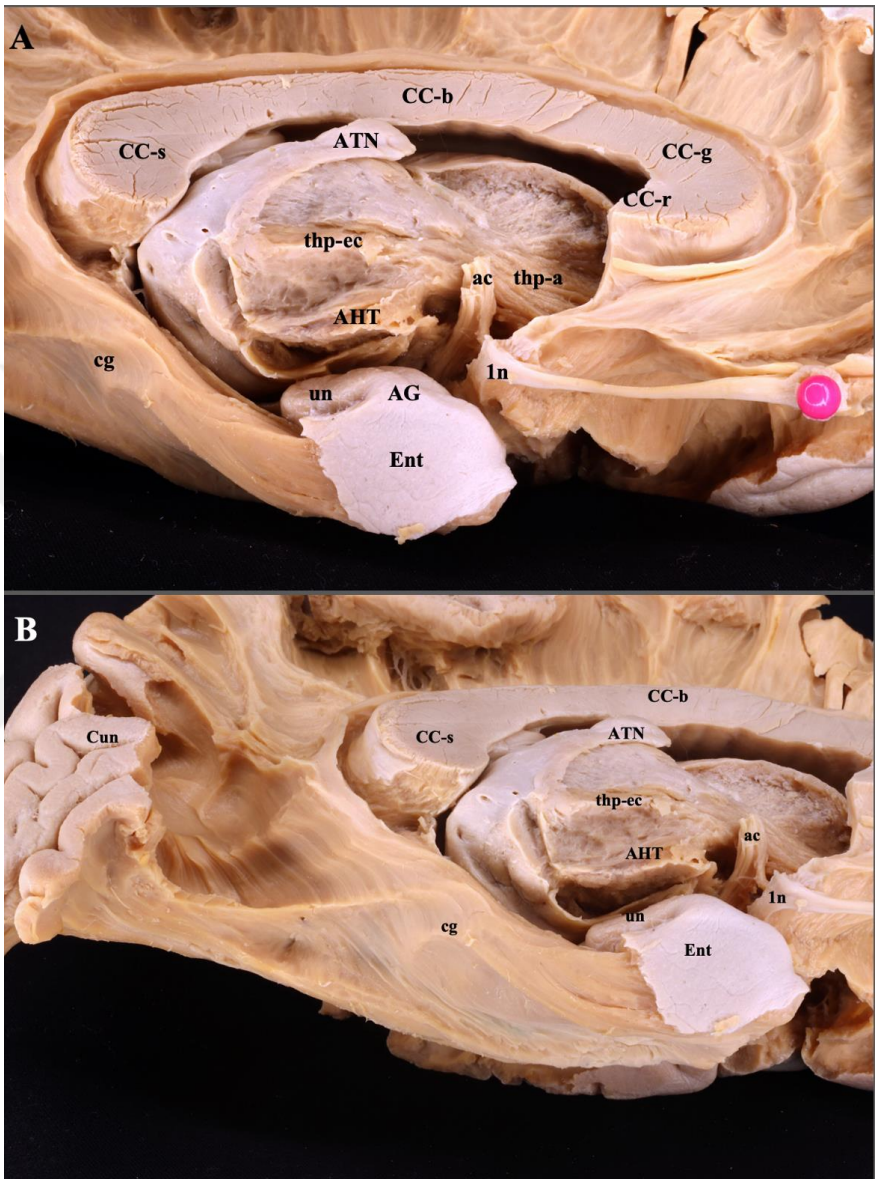
Sol hemisfer anteriordan TmP den başlayarak cos sınırında İTG kaldırıldı (şekil 36A). PhG dekortike edilerek cg lifleri inferiora doğru uzanan kısmı gösterildi. İnferior frontal girusun orbital kısmı dekortike edildi (şekil 36B).




**Şekil 36.** A: İTG kaldırıldıktan sonra PhG görünümü B: PhG dekortikasyon sonrası cg görünümü

*ac: anterior komissur, , AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus,, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, Cg: singulum, Cun: kuneus,, Ent: entorinal alan, PCL:paracentral lob, PhG:parahipokampal girus, SLF-I: superior longitudinal fasikül 1, SLG:semilunar girus, thp-a: anterior talamik pedinküller, thp-ec: ekstrakapsüler talamik pedinkül,, Un: unkus, us:unkal sulkus, 1n:1.kranial sinir,*

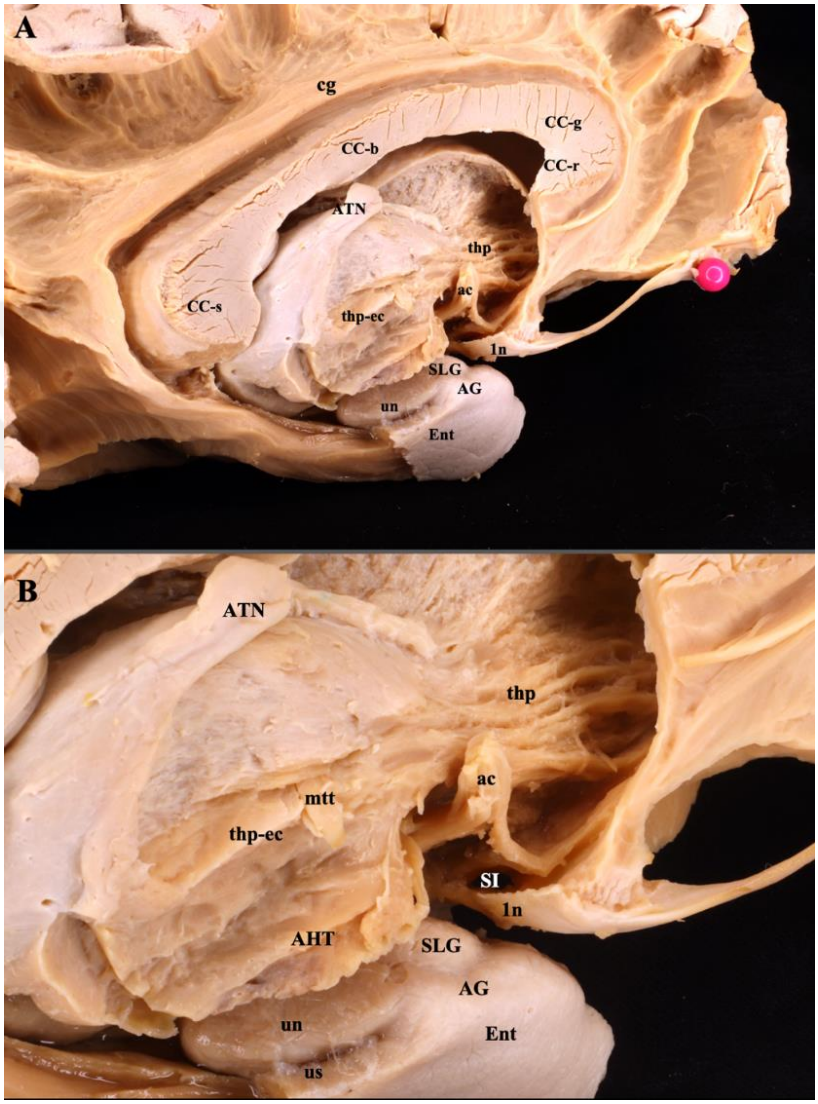
Şekil 36B de gösterilen diseksiyon görüntüsünün daha yakından odaklanılarak alınan cg lifleri gösterildi (şekil 37A). PCun tan cg a doğru devam eden lifler gösterildi (şekil 37B).




**Şekil 37 .** A: PhG dekortike edildikten sonra cg liflerinin gösterilmesi B: PCun dan başlayıp inferiora doğru uzanan cg liflerinin görünümü

*ac: anterior komissur, , AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus,, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, Cg: singulum, Cun: kuneus,, Ent: entorinal alan, thp-a: anterior talamik pedinküller, thp-ec: ekstrakapsüler talamik pedinkül,, Un: unkus, 1n:1.kranial sinir,*

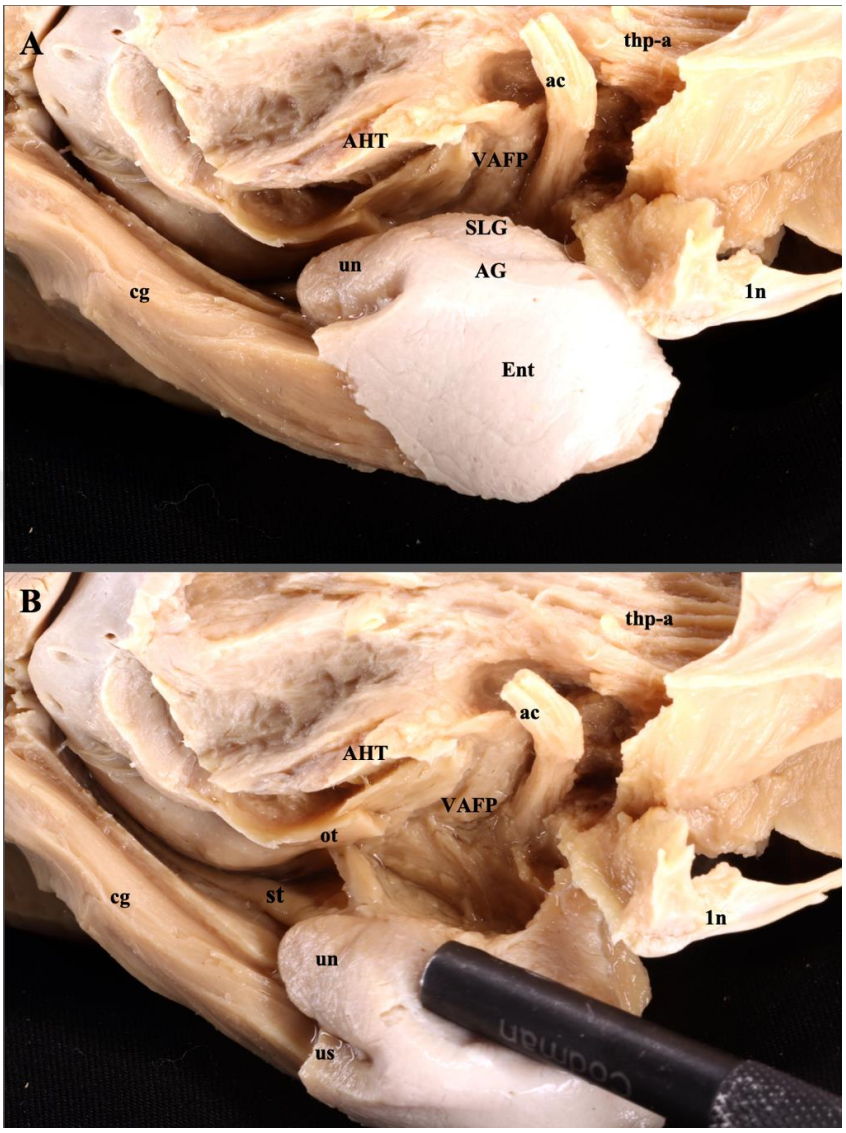
Sol hemisfer medial yüzeyinde talamus üzerindeki liflerin ve cg lifleri superior ve posterior açıdan gösterildi. Ayrıca ac liflerinin bir kısmının frontale doğru uzadığı görüldü (şekil 38A). Ac ye odaklanılarak alınan görüntü ac liflerinin singulat pole uzanan kısmı gösterildi (şekil 38B).




**Şekil 38.** A:cg ve talamus üzerindeki liflerin posterior ve superior açıdan görünümü B: ac liflerinin singulat pole doğru uzanan kısmının görünümü

*ac: anterior komissur, , AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus,, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, CC-g: korpus kallozum genu, CC-r: korpus kallozum rostrum, Cg: singulum, Ent: entorinal alan, SI:substantia innominata, SLG: semilunar girus, thp: talamik pedinküller, thp-ec: ekstrakapsüler talamik pedinkül,, Un: unkus, us:unkal sulkus, 1n:1.kranial sinir,*

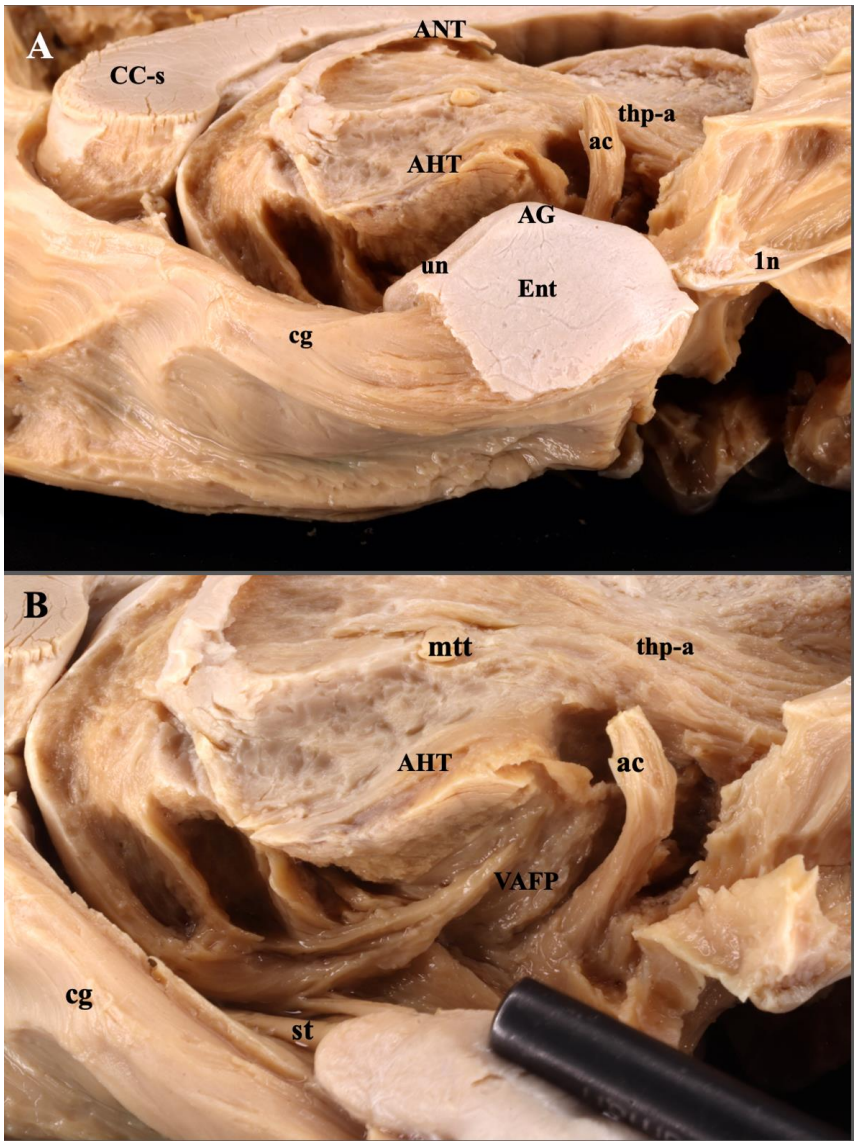
Diagonal band kaldırıldıktan sonra ventral amigdalofugal yol (VAFP) görüldü (şekil 39A). Ent alan ekarte edildikten sonra VAFP, st ve optik takt (ot) anterior açıdan gösterildi (şekil 39B).




**Şekil 39.** A Diagonal band kaldırılması ile VAFP görünümü B: Ent ekartasyonu ile st ve VAFP görünümü

*ac: anterior komissur, , AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus,, Cg: singulum, Ent: entorinal alan, ot:optik trakt, SLG: semilunar girus, st:stria terminalis, thp-a: anterior talamik pedinküller, Un: unkus, us:unkal sulkus, VAFP:ventroamigdalofugal yol, 1n:1.kranial sinir,*

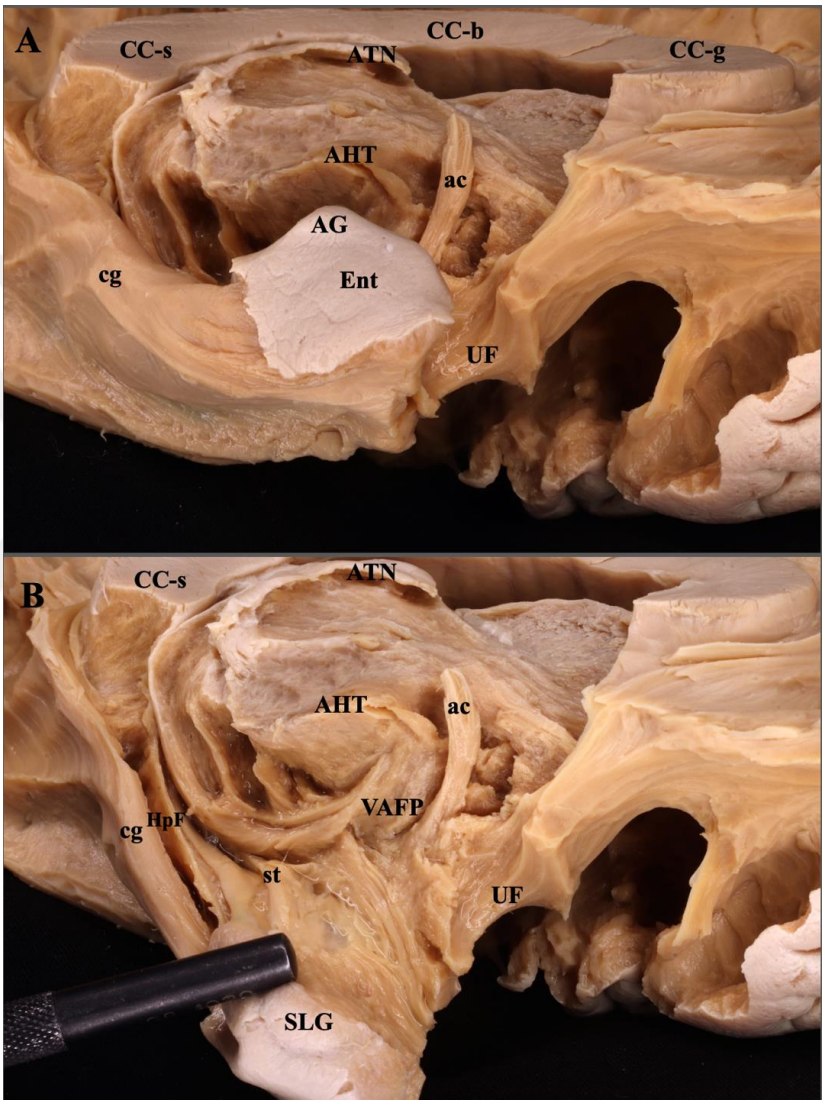
Daha inferior açıdan görüntü alınarak AHT nin yönelimi net gösterildi (şekil 40A). VAFP lifleri bir kısmı kaldırıldı. Ent alan diseke edilerek daha net bir görüntü elde edildi (şekil 40B).




**Şekil 40.** A: AHT ve cg nin inferior açıdan görünümü B: VAFP ve st nin anteriordan görünümü

*ac: anterior komissur, , AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus, CC-s:korpus kallozum splenium, Cg: singulum, Ent: entorinal alan, mtt:mamillotalamik trakt, st:stria terminalis, thp-a: anterior talamik pedinküller, Un: unkus, us:unkal sulkus, VAFP:ventroamigdalofugal yol, 1n:1.kranial sinir,*

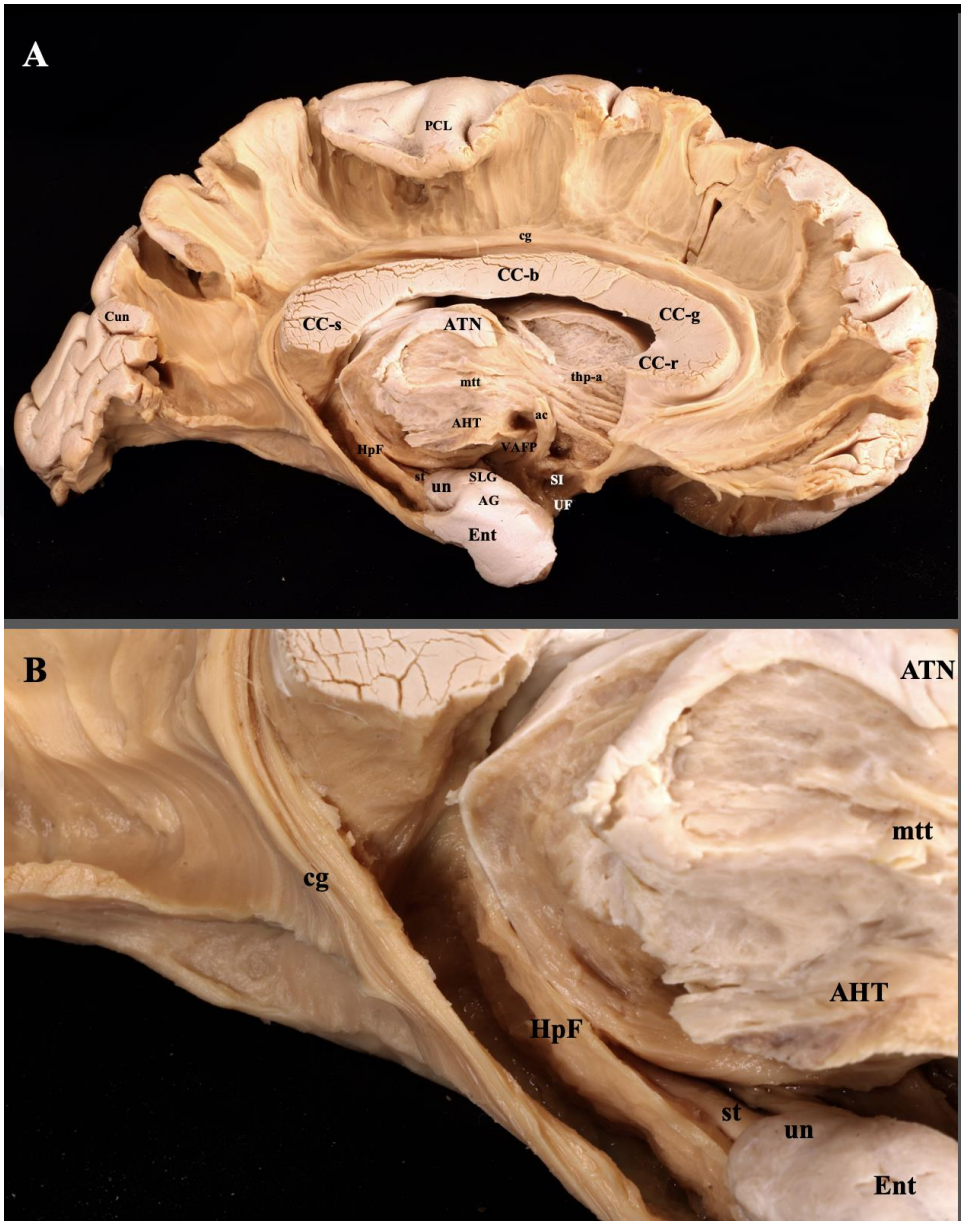
İFG un dekortike edilmesi ile unsinat fasikül (UF) açığa çıkarıldı. UF nin PhG ye doğru uzandığı görüldü. Korpus kallozumun spleniumun bir kısmı dekortike edildi (şekil 41A). Hipokampüs ve cg arasındaki bağlantı kaldırıldı. Ent ekarte edildikten sonra hipokampüs fimbriası (HpF), UF, st ve cg nin inferiordan açıdan görüldü (şekil 41B).




**Şekil 41.** A: UF nin medial açıdan görünümü B: Ent ekarte edildikten sonra UF, st ve cg nin görünümü

*ac: anterior komissur, , AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus, CC-b:korpus kallozum gövdesi, CC-g:korpus kallozum genu, CC-s:korpus kallozum splenium, Cg: singulum, Ent: entorinal alan, HpF:hipokampüs fimbriası, mtt:mamillotalamik trakt, SLG:semilunar girus, st:stria terminalis, thp-a: anterior talamik pedinküller, Un: unkus, us:unkal sulkus,UF:uncinate fasikül, VAFP:ventroamigdalofugal yol,*

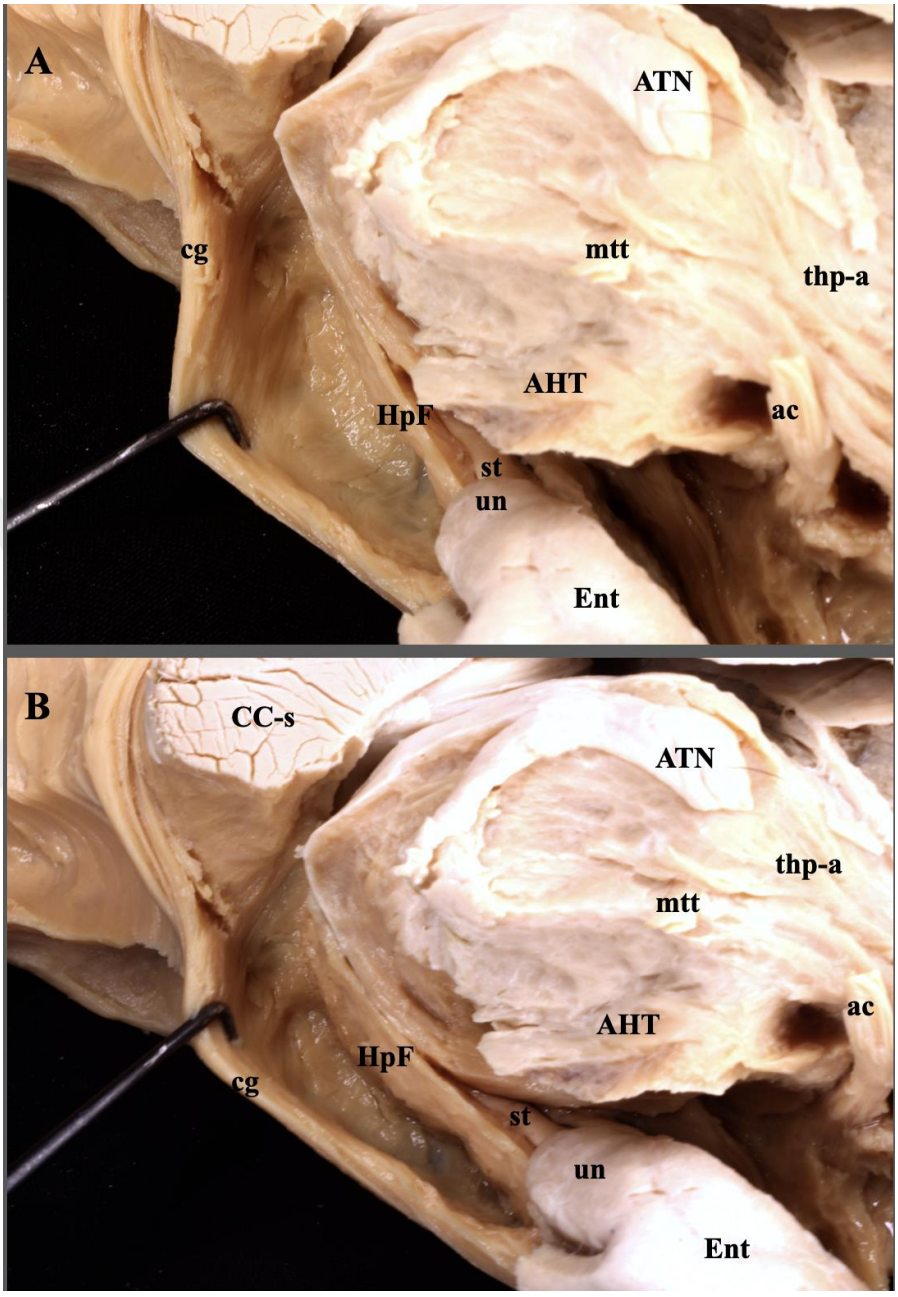
Hipokampüs dentat girusu ile singulum arasıda bulunan subikulum kaldırıldı. Singulum liflerinin, hipokampüs ile CC-s ye kadar olan seyri görüldü (şekil 42 A-B).




**Şekil 42.** A-B: cg liflerinin CC-s ye kadar olan liflerinin görünümü

*ac: anterior komissur, , AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus, CC-b:korpus kallozum gövdesi, CC-g:korpus kallozum genu, CC-s:korpus kallozum splenium, Cg: singulum, Cun:kuneus, Ent: entorinal alan, HpF:hipokampüs fimbriası, mtt:mamillotalamik trakt, SI:substantina innominata, SLG:semilunar girus, st:stria terminalis, thp-a: anterior talamik pedinküller, Un: unkus, UF:uncinate fasikül, VAFP:ventroamigdalofugal yol,*

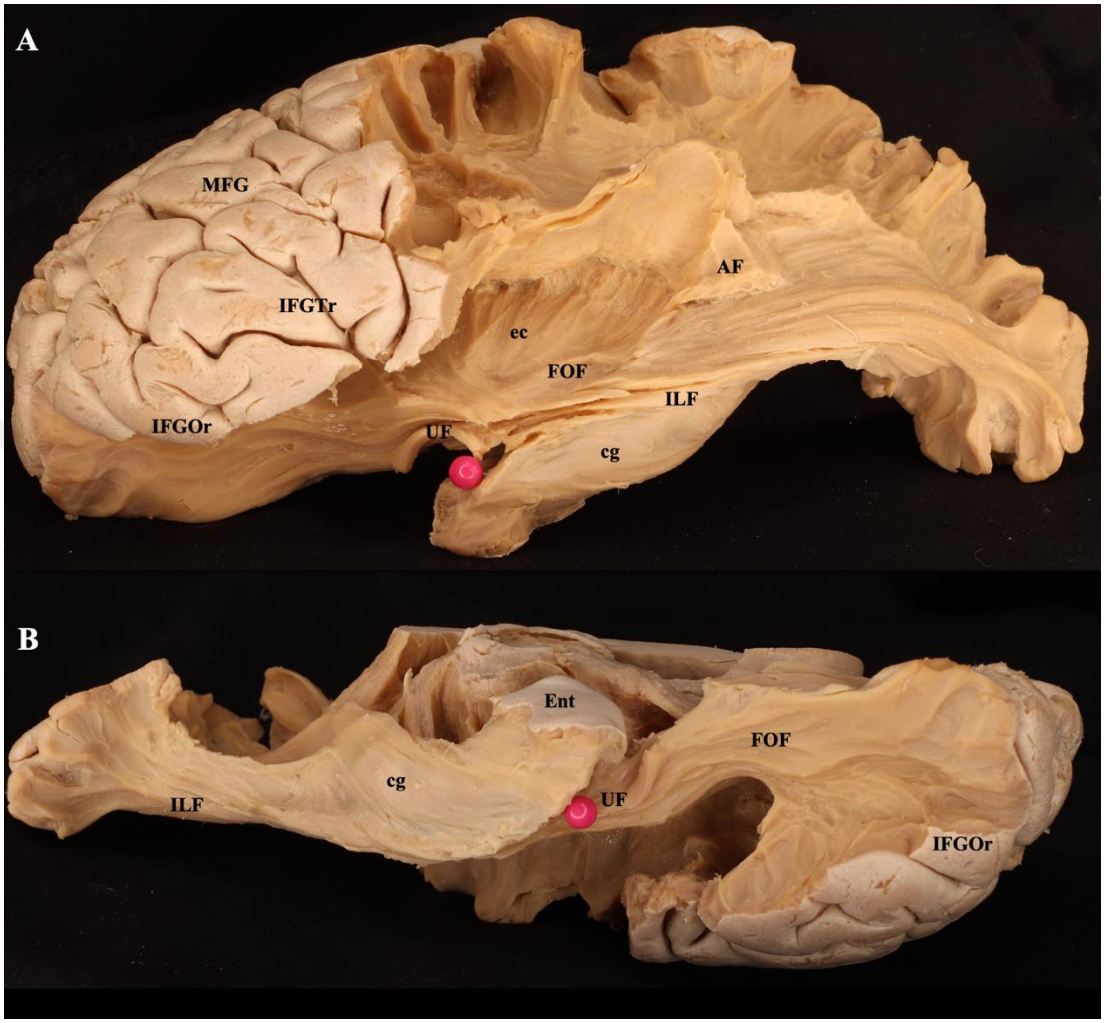
Singulum lifleri CC-s alt hizasından ikiye ayrılarak bir kısım liflerinin korpus kallozumun altından geçtiği görüldü (şekil 43A-B).




**Şekil 43.** A-B: cg liflerinin bir kısmının CC altından geçtiği görülmesi

*ac: anterior komissur, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus, CC-s:korpus kallozum splenimu, Cg: singulum, Ent: entorinal alan, HpF:hipokampüs fimbriası, mtt:mamillotalamik trakt, st:stria terminalis, thp-a: anterior talamik pedinküller, Un: unkus*

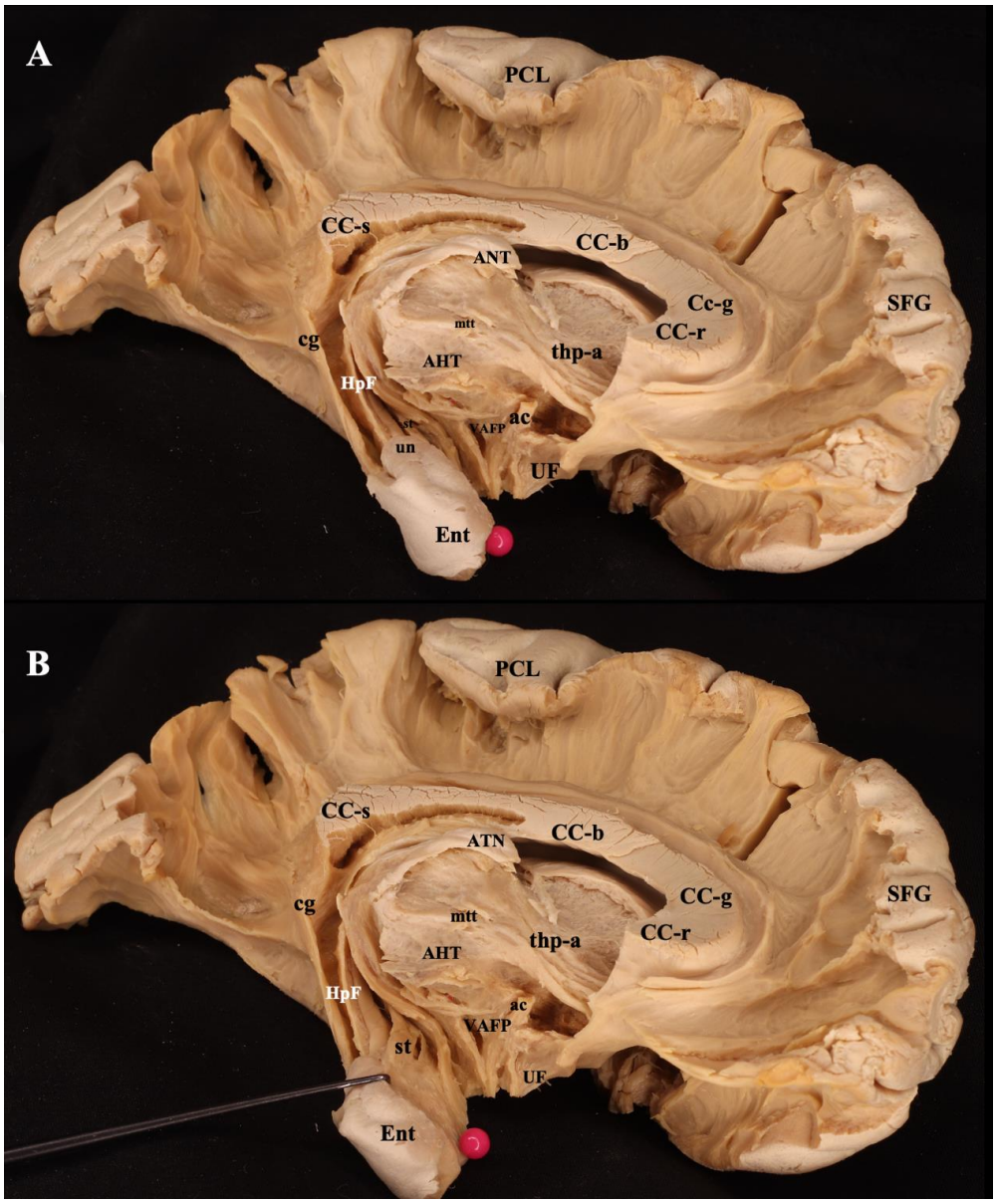
Sol hemisfer lateral ve inferiordan alınan görüntüde MFG, IFGTr, IFGOr, UF, FOF, ILF, AF, ec ve cg görüldü (şekil 44)




**Şekil 44.** A: sol hemisfer lateral görüntüsü B: sol hemisfer inferior görüntüsü

*AF:arkuat fasikül, Cg: singulum, ec:eksternal kapsül, Ent: entorinal alan, FOF:frontoksipital fasikül, IFGOr:inferior frontal girus orbital kısmı, IFGTr: inferior frontal girus triangülar kısmı, ILF:inferior longitudinal fasikül, UF:unsinat fasikül*

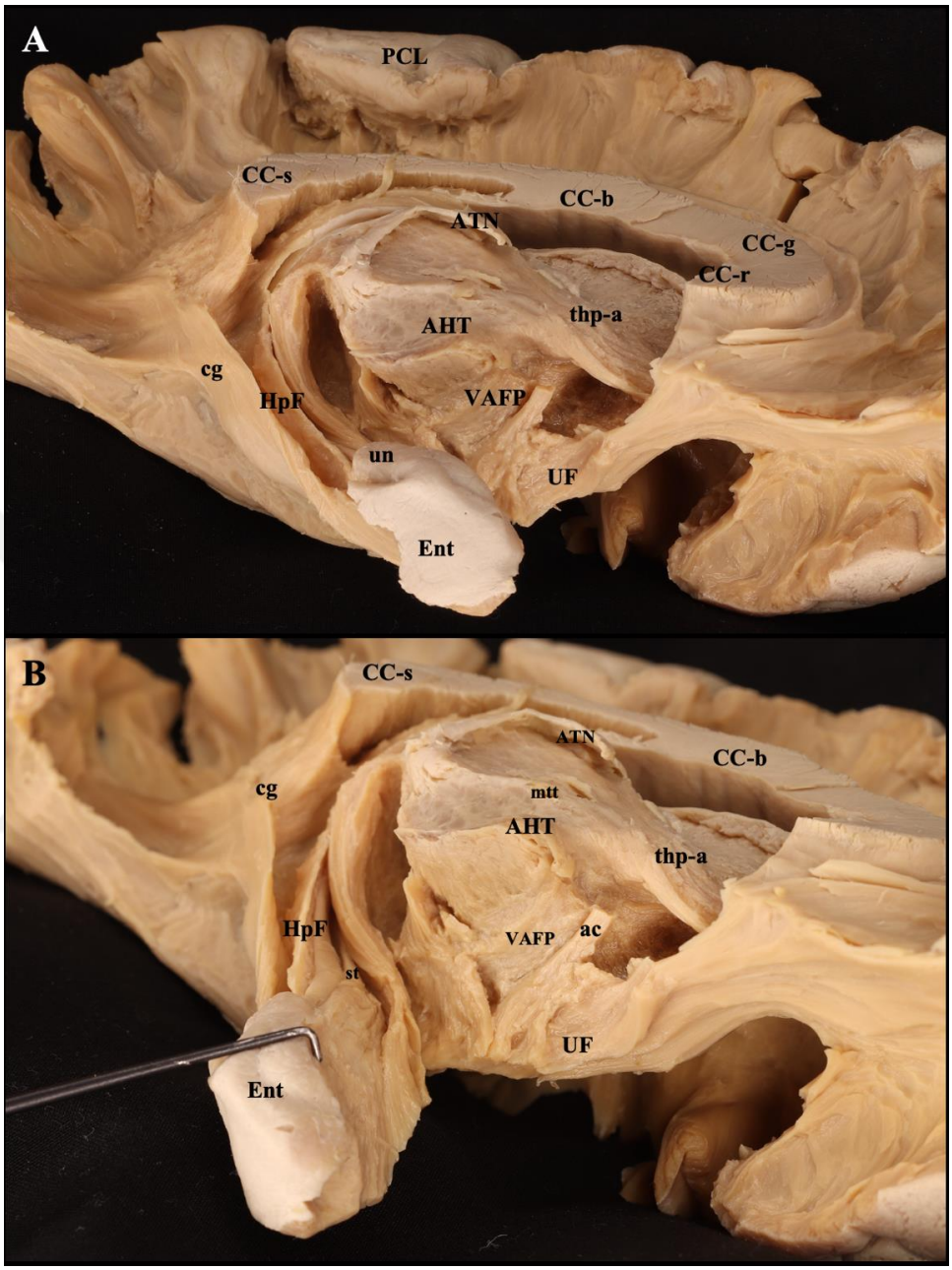
Korpus kallozum spleniumdan başlayarak gövde kısmına doğru kaldırılarak altından geçen lifler gösterildi. Cg liflerinin bir kısmının buraya yöneldiği görüldü (şekil 45A-B).




**Şekil 45.** A-B:CC-s dekortike edilerek cg liflerinin bir kısmının buraya doğru yöneldiğinin görüntüsü

*ac: anterior komissur, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus, CC-b:korpus kallozum gövdesi, CC-g:korpus kallozum genu, CC-s:korpus kallozum splenium, CC-r: korpus kallozum rostrum, Cg: singulum, Ent: entorinal alan, HpF:hipokampüs fimbriası, mtt:mamillotalamik trakt, PCL:paracentral lob, SFG:superior frontal girus, st:stria terminalis, thp-a: anterior talamik pedinküller, Un: unkus, UF:uncinate fasikül, VAFP:ventroamigdalofugal yol, UF:unsinat fasikül*

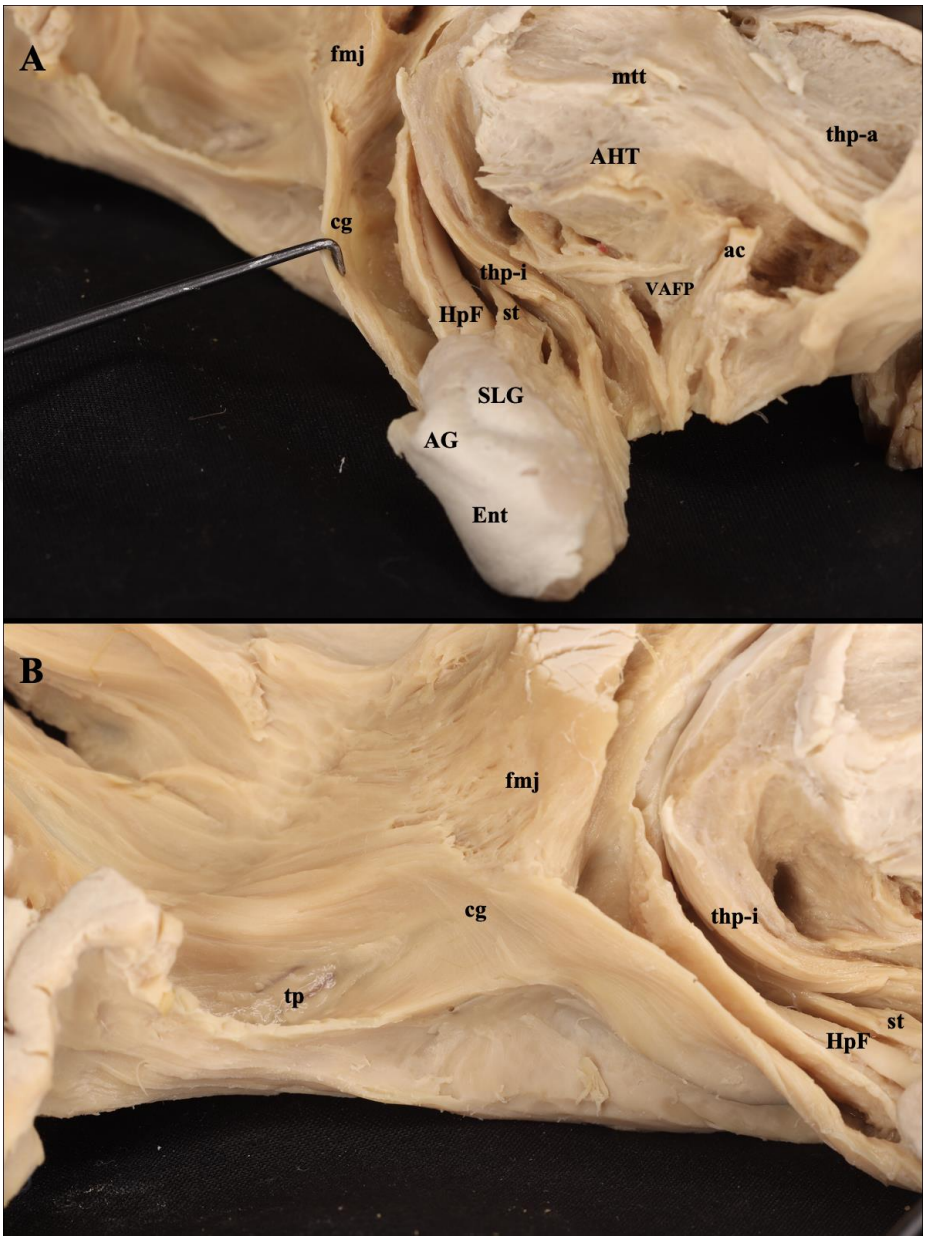
Cg liflerinin CC-s hizasından yöneliminin inferiordan görüldü (şekil 39A-B).




**Şekil 46.** A-B cg liflerinin inferiordan görünümü

*ac: anterior komissur, AHT:amigdala hipotalamik trakt, ATN: anterior talamik nükleus, CC-b:korpus kallozum gövdesi, CC-g:korpus kallozum genu, CC-s:korpus kallozum splenium, CC-r: korpus kallozum rostrum, Cg: singulum, Ent: entorinal alan, HpF:hipokampüs fimbriası, mtt:mamillotalamik trakt, PCL:paracentral lob, SFG:superior frontal girus, st:stria terminalis, thp-a: anterior talamik pedinküller, Un: unkus, UF:uncinate fasikül, VAFP:ventroamigdalofugal yol, UF:unsinat fasikül*

Cg liflerinin bir kısmı kaldırılarak forseps majör (fmj) lifleri ve tapetum (tp) lifleri görüldü. Talamustan temporal loba doğru uzanan inferior talamik pedinküller (thp-i) görüldü (şekil 47).




**Şekil 47**. A-B fm, thp-i, tp liflerinin gösterilmesi

*ac: anterior komissur, AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, cg: singulum, Ent: entorinal alan,fmj:forseps majör, HpF:hipokampüs fimbriası, mtt:mamillotalamik trakt, SLG:semilunar girus st:stria terminalis, thp-a: anterior talamik pedinküller ,thp-i: inferior talamik pedinküller, Un:unkus, tp:tapetum VAFP:ventroamigdalofugal yol,l*

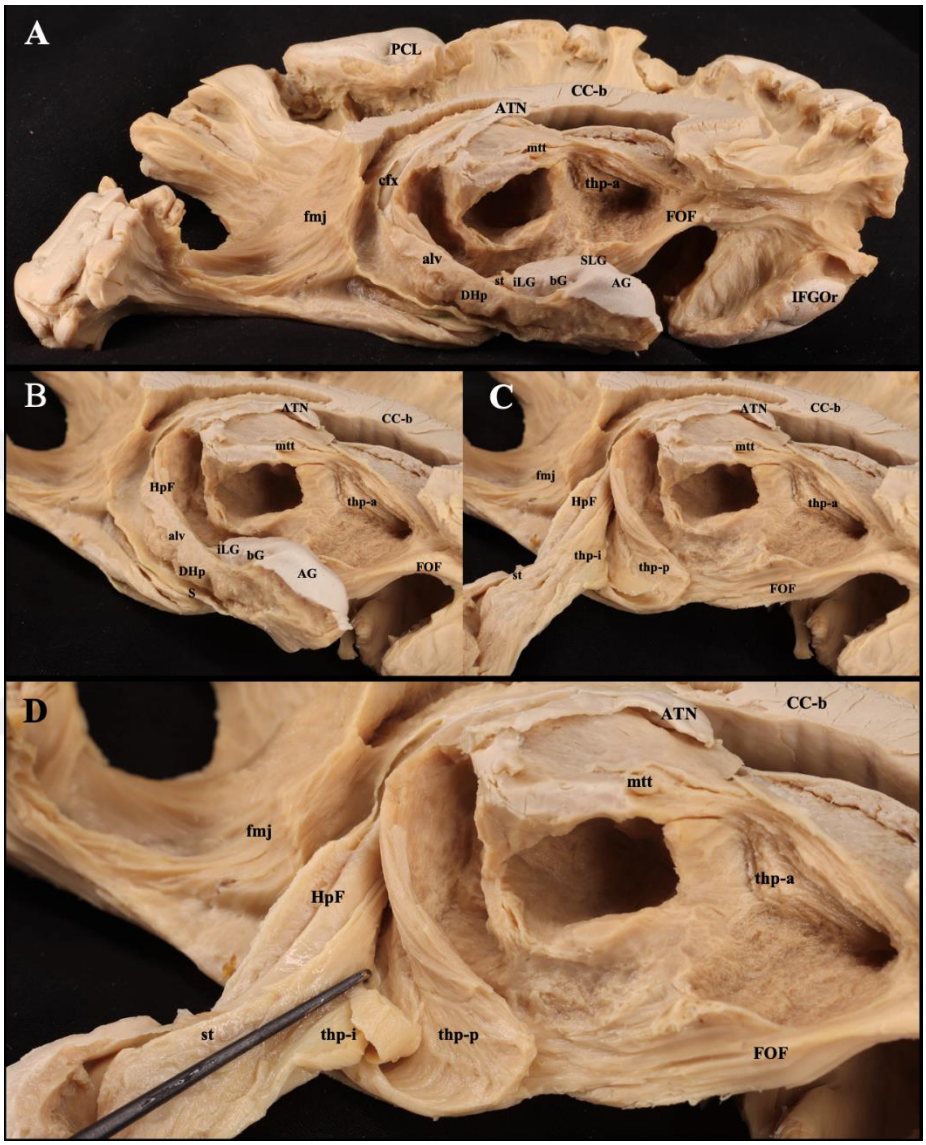
UF ve ac kaldırıldı. Sol hemisferin medial yüzeyinin inferiordan alınan görüntüde inferior talamik pedinkül (thp-i) ve temporal bölgenin ekartasyonu ile posterior talamik pedinkül (thp-p) görüldü (şekil 48A-C).




**Şekil 48.** A-C: sol hemisfer medial yüzey inferior görüntüsü

*AG:ambiens girus, AHT:amigdala hipotalamik trakt, cg: singulum,,fmj:forseps majör, FOF:frontoksipital fasikül, HpF:hipokampüs fimbriası, IFGOr:inferior frontal girus orbital kısmı, ILF:inferior longitudinal fasikül, mtt:mamillotalamik trakt,SLG:semilunar girus, st:stria terminalis,thp:talamik pedinkül, thp-a: anterior talamik pedinküller ,thp-i: inferior talamik pedinküller, thp-p: posterior talamik pedinkül,, Un:unkus, tp:tapetum VAFP:ventroamigdalofugal yol*

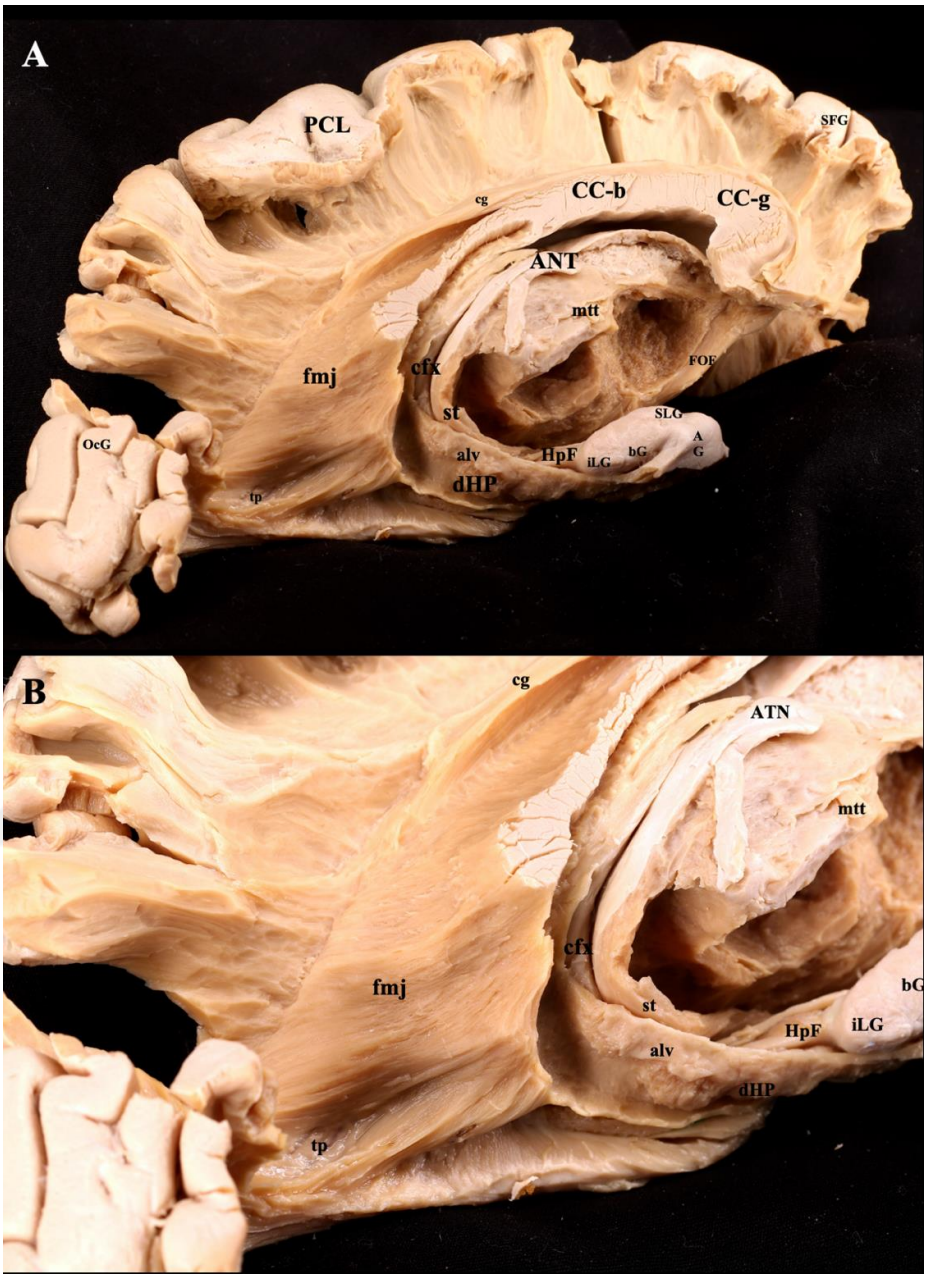
Cg lifleri tamamen kaldırıldı. Ent bir kısmı dekortike edildi.Krus forniks (cfx), digitationes hipokampüs (DHp), alveus (alv),intralimbik girus (iLG) ve giacomini bandı (bG) görüldü (şekil 49 A-D).




**Şekil 49.** A-D cg liflerinin kaldırılması ve Ent bir kısmının dekortike edilmesi sonrası sol hemisfer medial yüzeyi

*AG:ambiens girus, alv:alveus, ATN:anterior talamik nükleus, bG: Giacomini bandı, CC-b:korpus kallozum gövdesi, cfx:krus forniks,fmj:forseps majör, DHp: hipokampüs parmaksı çıkıntıları, FOF:frontoksipital fasikül, HpF:hipokampüs fimbriası, IFGOr:inferior frontal girus orbital kısmı, iLG:intralimbik girus, mtt:mamillotalamik trakt, S:subikulum, SLG:semilunar girus, st:stria terminalis, thp-a: anterior talamik pedinküller ,thp-i: inferior talamik pedinküller, thp-p: posterior talamik pedinkül,*

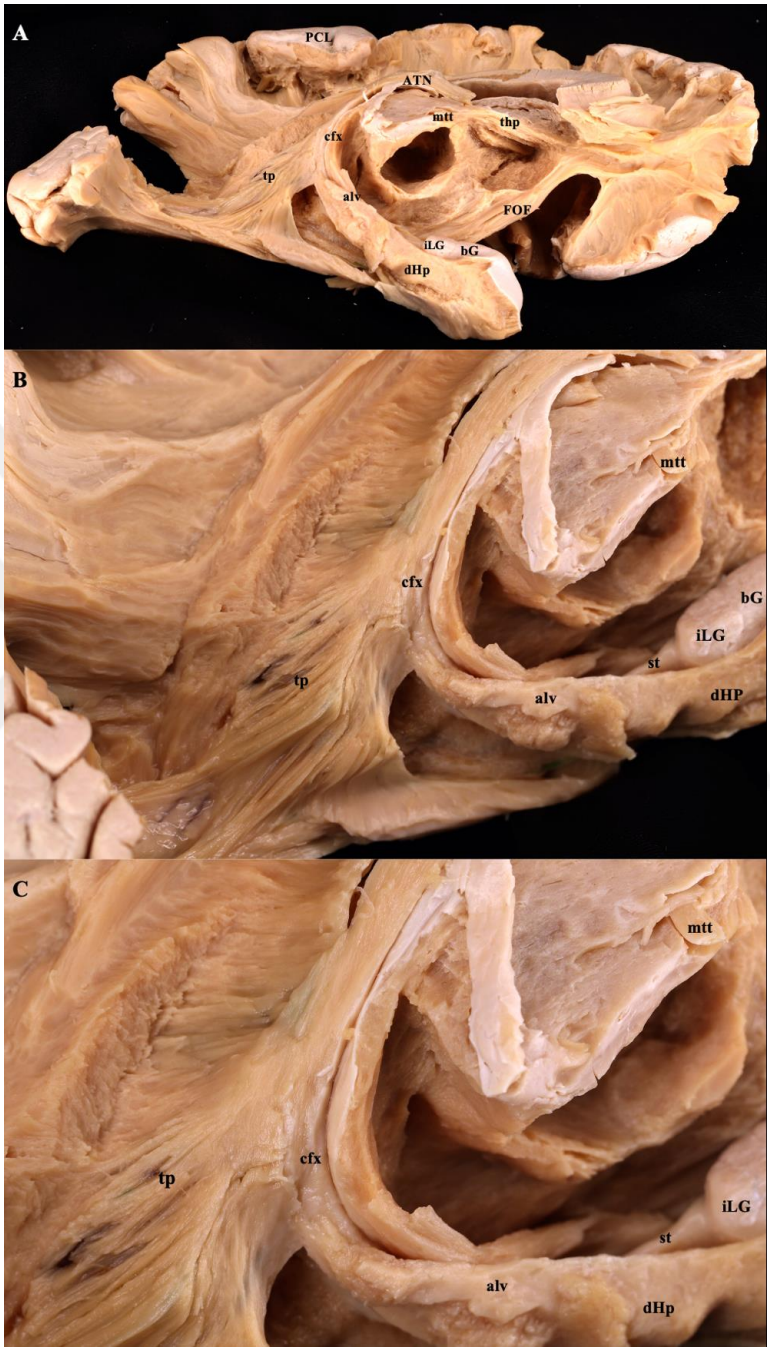
Cg lifleri kaldırıldıktan sonra fmj liflerinin tamamen görüldü (şekil 50 A-B).




**Şekil 50.** A-B: fmj liflerinin gösterilmesi

*AG:ambiens girus, alv:alveus, ATN:anterior talamik nükleus, bG: Giacomini bandı, CC-b:korpus kallozum gövdesi, CC-r: korpus kallozum rostrumu, cfx:krus forniks, cg:singulum, fmj:forseps majör, DHp: hipokampüs parmaksı çıkıntıları, FOF:frontoksipital fasikül, HpF:hipokampüs fimbriası, iLG:intralimbik girus, mtt:mamillotalamik trakt,PCL:paracentral lob, SFG:superior frontal girus, SLG:semilunar girus, st:stria terminalis,*

Fmj lifleri kaldırıldı. Tp lifleri cfx ile CC-s hizasından karıştığı görüldü (şekil 51A-C).




**Şekil 51.** A-C tp liflerinin fornikse karışması

*alv:alveus, ATN:anterior talamik nükleus, bG: Giacomini bandı, cfx:krus forniks, dHp: hipokampüs parmaksı çıkıntıları, FOF:frontoksipital fasikül, , iLG:intralimbik girus, mtt:mamillotalamik trakt,PCL:paracentral lob, SLG:semilunar girus, st:stria terminalis,*

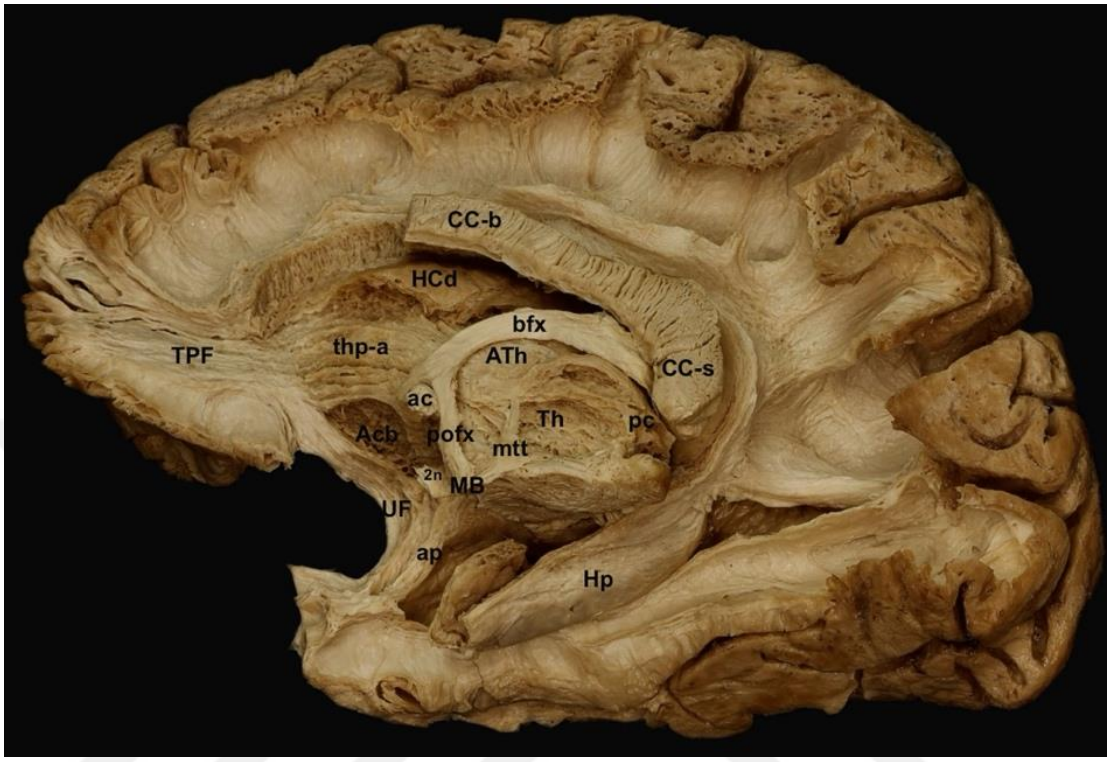
Sağ hemisfer singulum lifleri frontal bölgeden kaldırıldı. Frontalden talamusa uzanan lifler medialden gösterildi (şekil 52).




**Şekil 52.** Fronto talamik liflerinin görünümü

*ac: anterior komissur, Amg: Amigdala, ATh: anterior talamik nükleus, bfx:forniks gövdesi, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, cg: singulum, Ci.pol: singulat pol, cs: kalkarin sulcus, Cun: kuneus, HCd:kaudat nükleus başı, IGg:indiseum griseum, LgG: lingual girus, MB: mamiller cisim, mtt: mamillo talamik traktus, pc: posterior komissur, PCun: prekuneus, pocfx: postkomissural forniks, prcfx: prekomissural forniks, pos: paryetoksipital fissür, sm: stria medullaris, Th: talamus, thp-a: anterior talamik pedinkül, TPF:talamoprefrontal fiberler, uf: u lifleri, 1n:1.kranial sinir, 2n: 2. Kranial sinir*

Sağ hemisfer singulum lifleri kaldırıldı. Hipokampüs medialden görüldü. UF ve ansa pedinkülaris (ap) lifleri görüldü (şekil 53).




**Şekil 53.** cg lifleri kaldırıldıktan sonra hipokampüs görünümü

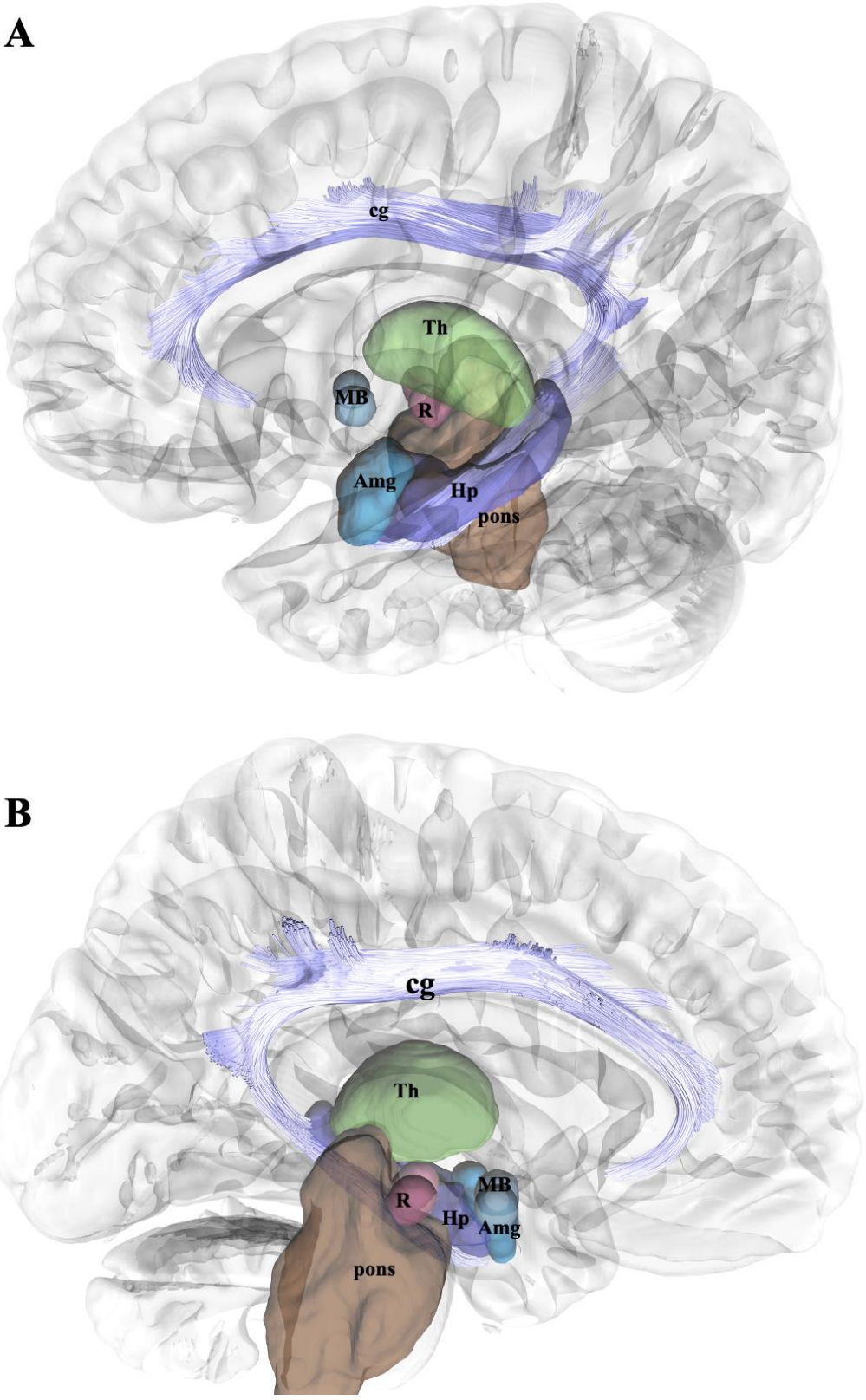
*ac: anterior komissur, ATh: anterior talamik nükleus, bfx:forniks gövdesi, CC-b: korpus kallozum gövdesi, CC-s: korpus kallozum splenium, HCd:kaudat nükleus başı, Hp:hipokampüs, MB: mamiller cisim, mtt: mamillo talamik traktus, pc: posterior komissur, pocfx: postkomissural forniks, Th: talamus, thp-a: anterior talamik pedinkül, TPF:talamoprefrontal fiberler, UF:unsinat fasikül, 2n: 2. Kranial sinir*

### 5.3 Radyoloji Bulgular

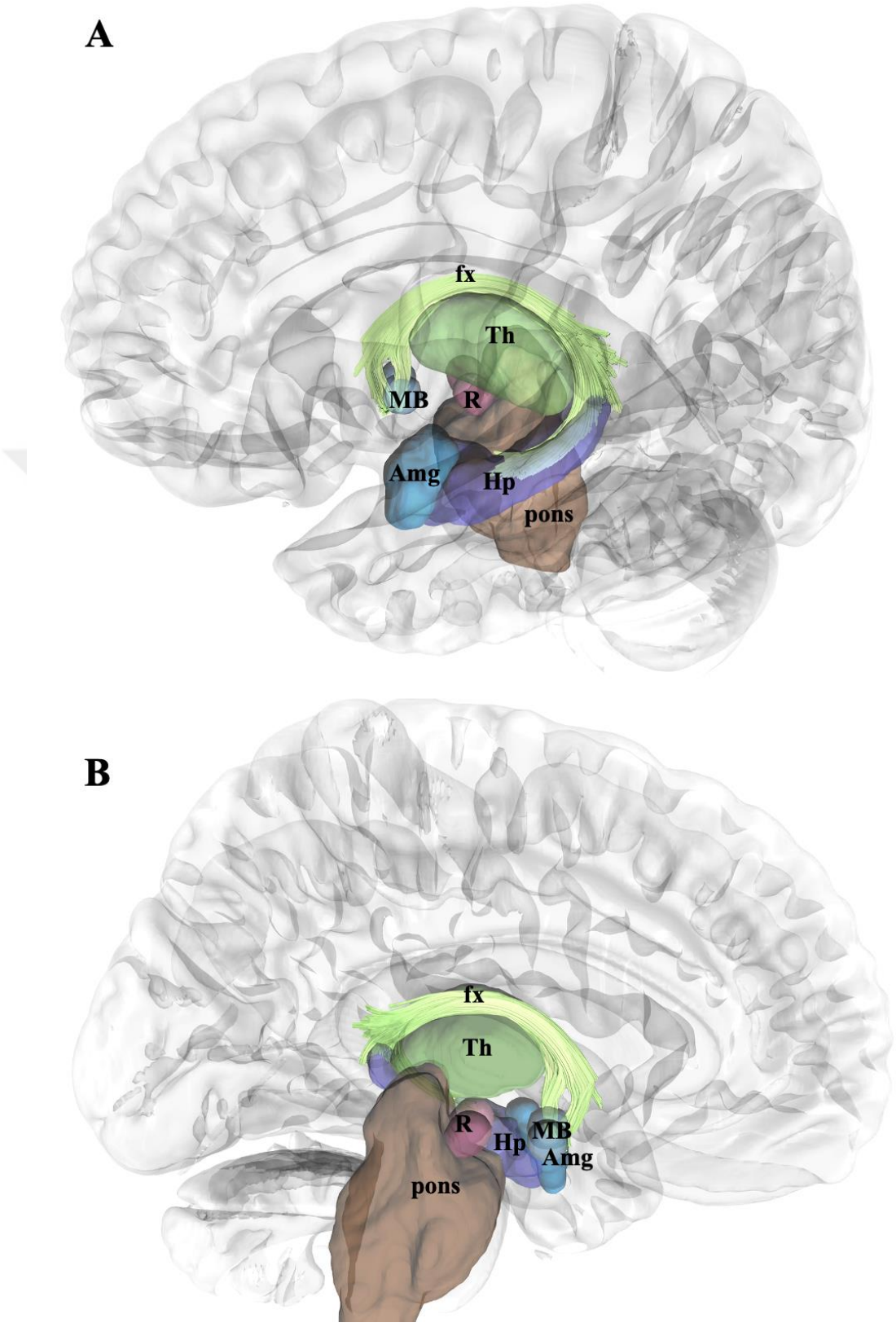
Bu çalışmada, insan bağlantı projesi'nden (Human Connectome Project) 20 deneğin DTI verilerinden oluşturulan grup ortalama şablonu kullanıldı. MNI (Montreal Nöroloji Enstitüsü) uzayında olan bu ortalama şablona benzer şekilde 1 mm'lik bir FIB dosyası olarak elde edildi ve insan limbik sisteminin beyaz madde bağlantılarını ve kritik anatomik yapılarını görselleştirmek için DSI Studio'da kullanıldı. Ortalama şablonun traktografisi, DSI Studio'nun otomatik izleme modülü kullanılarak gerçekleştirildi. İnsan beyni beyaz madde liflerine daha yakın sonuçlar

elde etmek için DSI Studio'daki manuel diseksiyon aracı, kendi kadavra görüntülerimize referans alınarak kullanıldı.

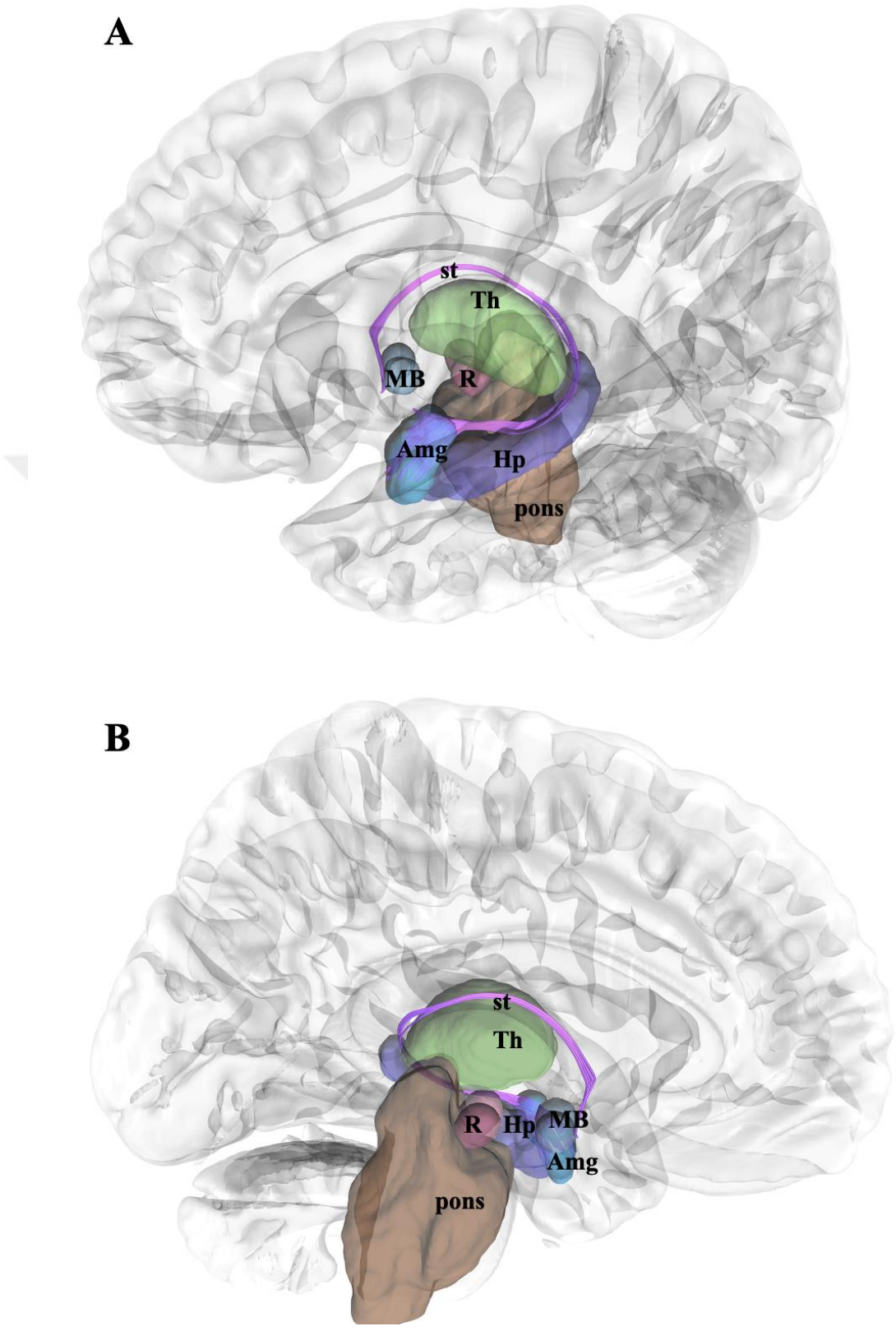
Beyaz madde yollarının anatomik ilişkilerini daha iyi göstermek amacıyla hipokampus, amigdala, talamus, kırmızı çekirdek, beyin sapı (pons) ve mamiller cisim gibi yapılar segmentlere ayrıldı. Hem otomatik izleme hem de manuel diseksiyon aracı bir arada kullanılarak, cingulum, fornix, UF, ac ve thp gibi yollar başarıyla yakalandı. Bununla birlikte, stria medullaris, stria terminalis ve mammillotegmental trakt gibi daha az belirgin yolları tanımlamak için stratejik ilgi alanı (ROI) yerleşimleri kullanıldı ve bu yollar başarılı bir şekilde izole edildi. Mamillotalamik Trakt'ı yakalamak için, anterior talamik çekirdek ve mamiller cisimde ROIlere yerleştirmeler yapıldı; ancak anatomik olarak doğru bir görselleştirme sağlanamadığı için bu yol çalışmaya dahil edilmedi (şekil 54,55,56,57,58,59,60,61,62).



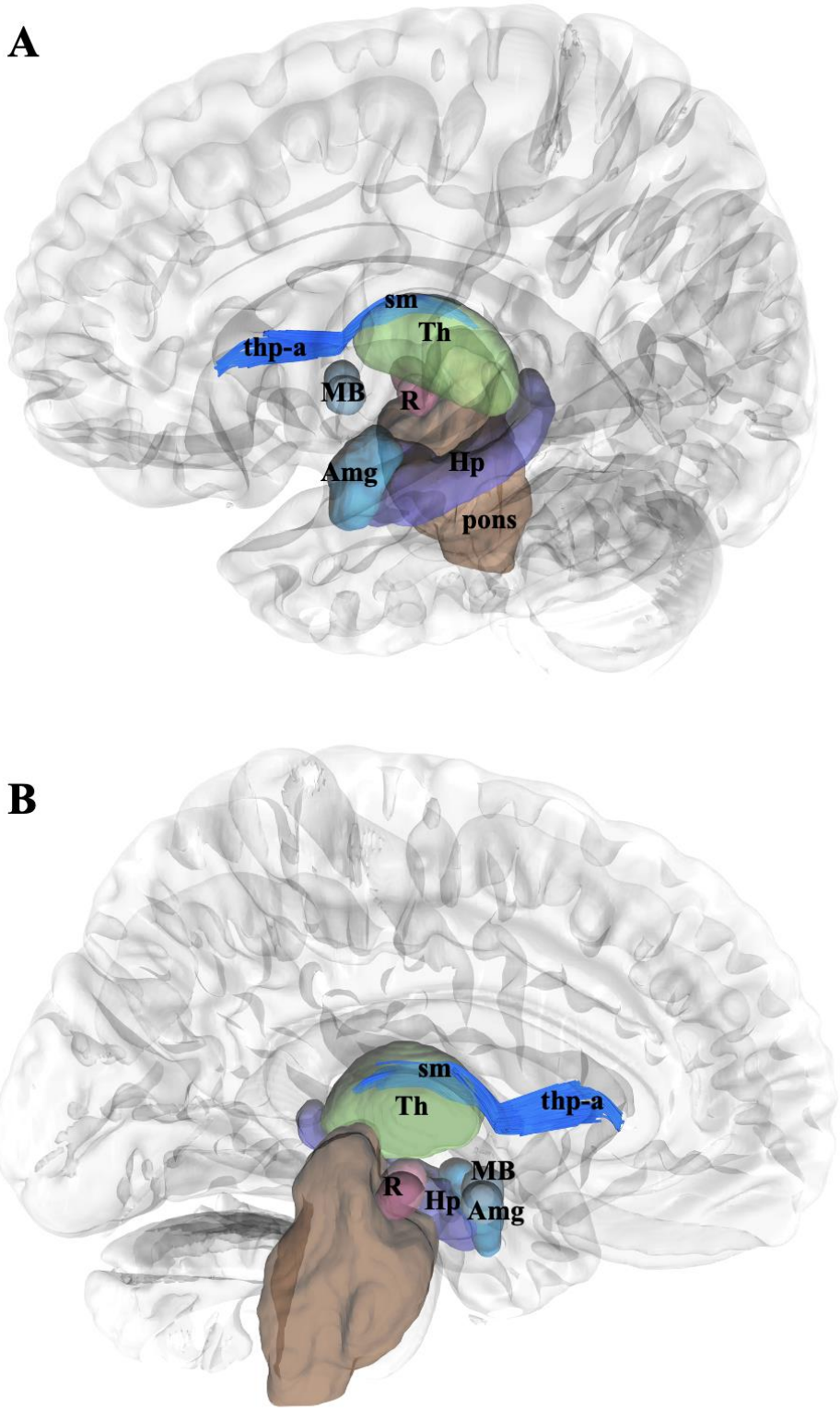

**Şekil 54.** A: Sol hemisfer lateralden cg,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden cg,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü



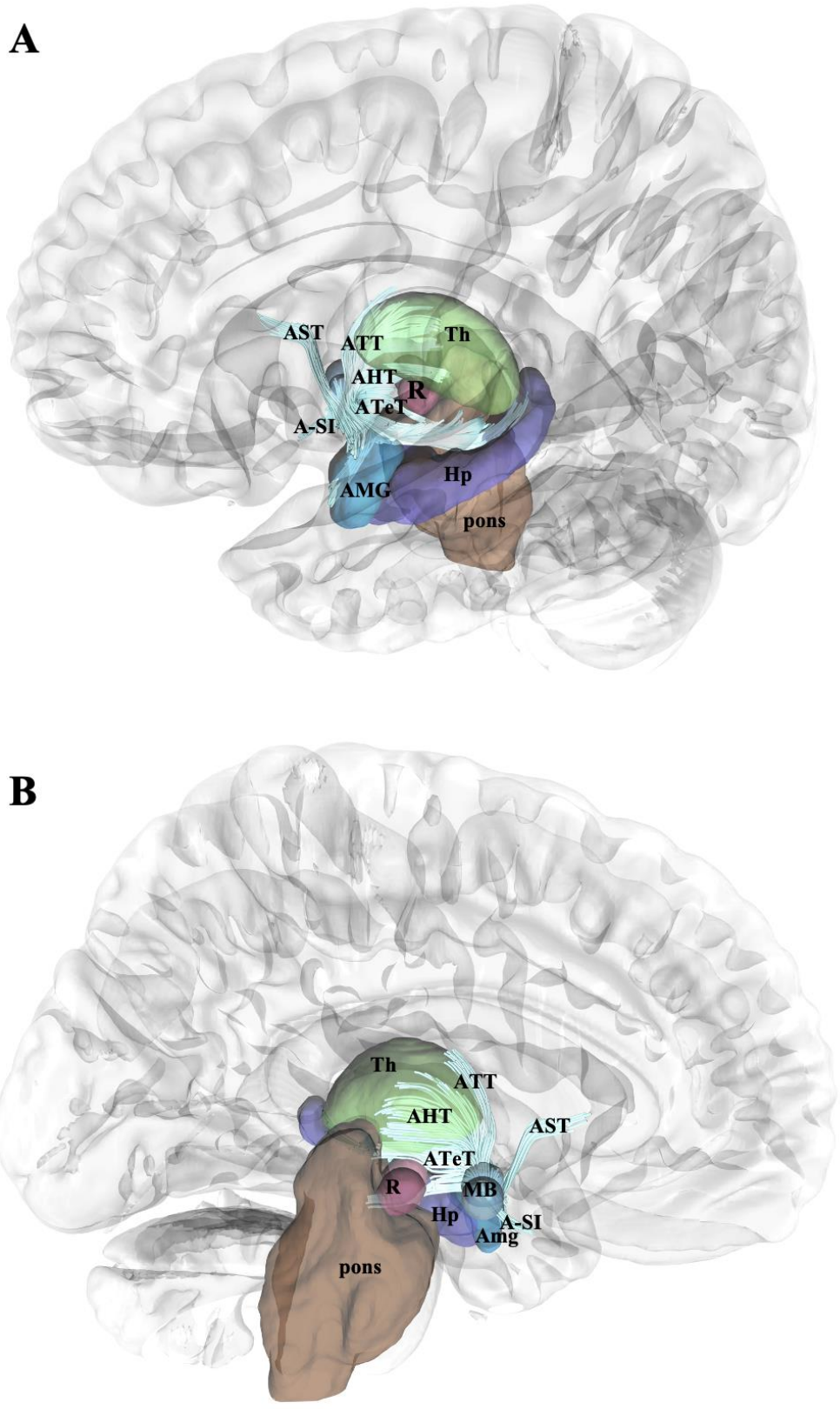

**Şekil 55.** A: Sol hemisfer lateralden fx,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden fx,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü



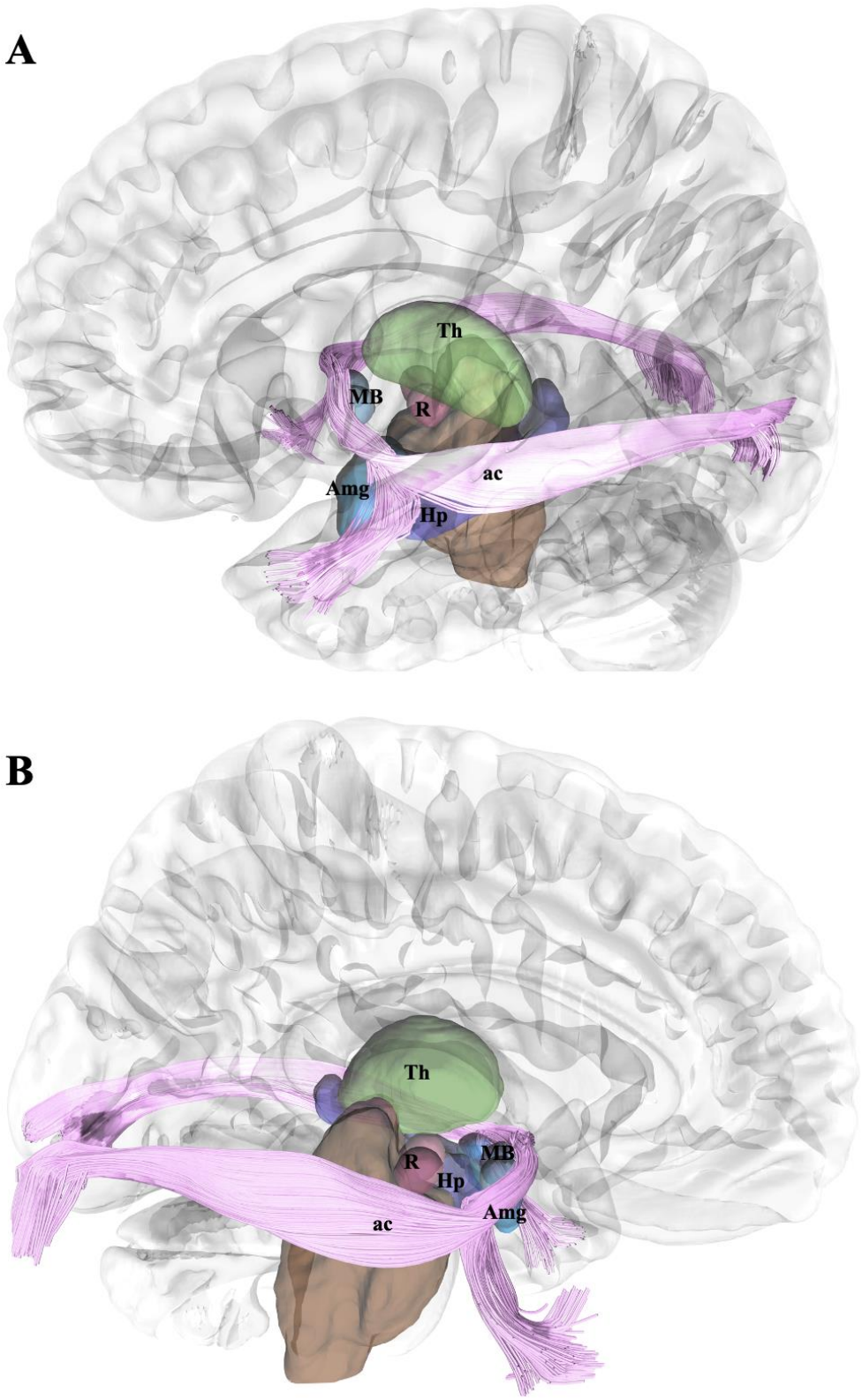

**Şekil 56.** A: Sol hemisfer lateralden st,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden st,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü



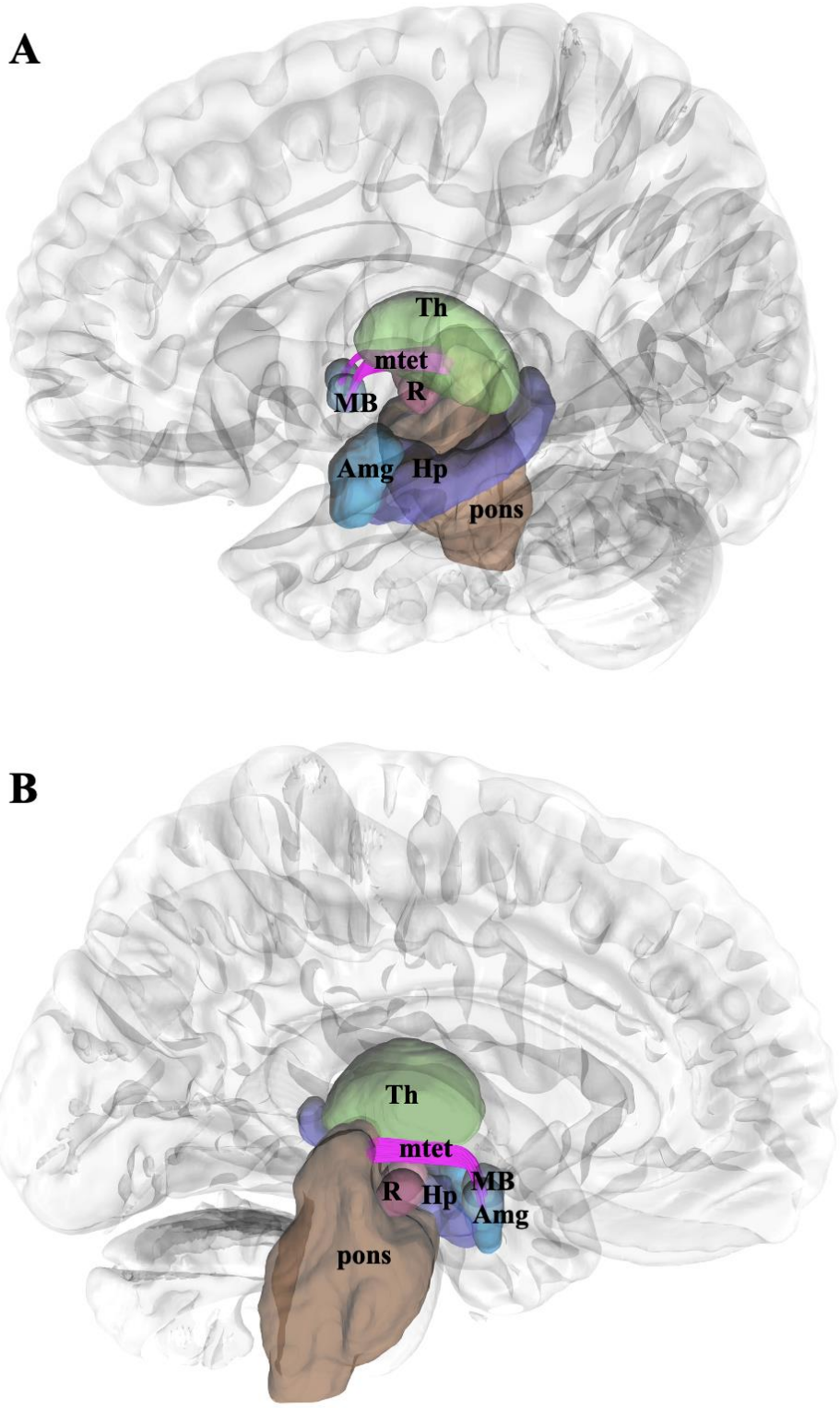

**Şekil 57.** A: Sol hemisfer lateralden sm,thp-a,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden sm,thp-a,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü



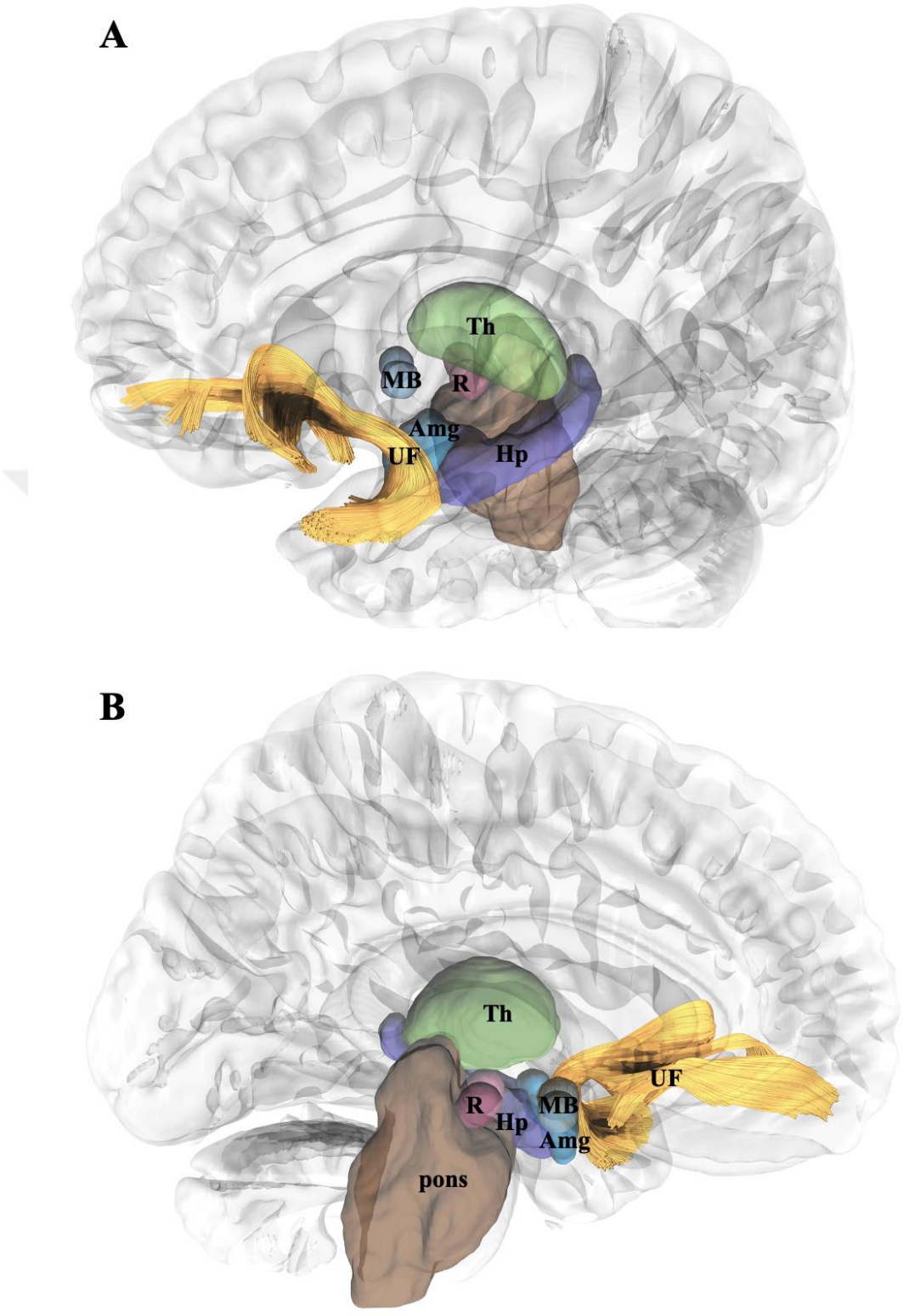

**Şekil 58.** A: Sol hemisfer lateralden ATT,AHT,AST,ATeT,A-SI,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü
B: Sol hemisfer medialden ATT,AHT,AST,ATeT,A-SI,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü



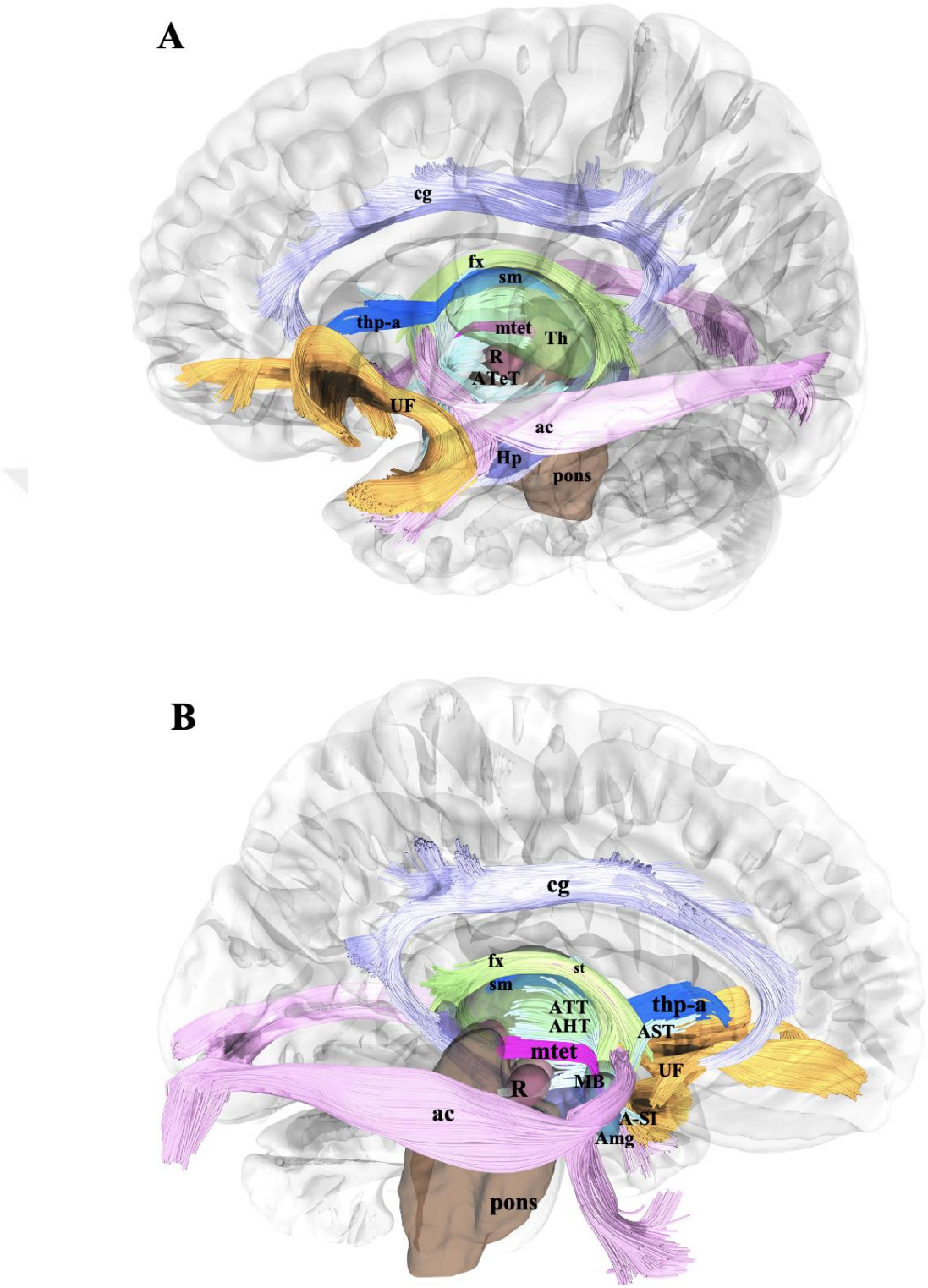

**Şekil 59.** A: Sol hemisfer lateralden ac,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden ac,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü




**Şekil 60.** A: Sol hemisfer lateralden mtet,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden mtet,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü




**Şekil 61.** A: Sol hemisfer lateralden UF,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden UF,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü




**Şekil 62.** A: Sol hemisfer lateralden cg,fx,st,sm,ATT,AHT,ATeT,AST,A-SI,mtet,UF,ac,thp-a,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü B: Sol hemisfer medialden cg,fx,st,sm,ATT,AHT,ATeT,AST,A-SI,mtet,UF,ac,thp-a,Th,MB,R,Amg,Hp,pons görünümü

# 6. TARTIŞMA

Limbik sistem, duygusal ve bilişsel süreçler üzerinde etkili olan, beyindeki kortikal ve subkortikal birçok bölgenin birleşiminden oluşan kompleks bir yapı olarak tanımlanır [1]. Bu sistem, başta emosyonel düzenleme, hafıza kodlaması ve öğrenme gibi süreçlerin kontrolünde kritik rol oynar [2]. Limbik sistem singulat korteks, orbitofrontal korteks, parahipokampal girus, hipokampus, amigdala, anterior talamik çekirdek, acumbens çekirdeği ve mamiller cisimden oluşmaktadır. Bu yapılar ise birbirlerine cingulum (cg), longitudinal stria (LS), forniks (Fx), anterior talamik pedikül (ATP), uncinat faciculus (UF), mamillotalamik trakt (mtt), mamillotegmental yol (mtet), accumbofrontal demet (AFB), medial ön beyin demeti (MFB), ansa pedinkülaris (AP), stria terminalis (ST) ve pronsefalik trakt olarak adlandırılan amigdalo-tegmental, talamik-tegmental, septal-tegmental yolları ile bağlantılıdır [1, 3].

Paul Broca, 1878 tarihli makalesinde ‘’Le grand lobe limbique’’ büyük limbik lob adını vererek ilk defa limbik sistemden bahsetmiştir. Bu ismi seçerken büyük ifadesini kullanarak beynin diğer bölümlerine kıyasla anatomik olarak belirgin bir alan kapladığını ve geniş bir yapı oluşturduğunu vurgulamıştır. Limbik terimi ise latince ‘’limbus’’ kelimesinden türetilmiştir ve ‘’kenar’’ sınır anlamına gelir. Broca bu yapının beynin hemsiferlerinin medial yüzeyinde bir kenar şeridi gibi uzandığını gözlemlemiş ve anatomik olarak bu terimi kullanmıştır. Broca bu terim ile ifade ettiği anatomik yapılar ise singulat girus, parahipokampal girus, hipokampüs, subkallozal alan ve limbik oluktur. Limbik lobun fonksiyonel ve anatomik olarak koku duyusu ile ilişkili olduğunu da ifade etmiştir. Limbik lobun evrimsel kökenini anlamak için olfaktör sistemin önemini vurgulamıştır. Broca’nın tanımında yalnızca bu 5 yapı ile sınırlı olmayıp forniks, korpus kallozumun alt kenarı, girus fasiolaris, girus dentatus ve insular korteksten de dolaylı olarak bahsetmiştir. Broca limbik lobun evrimsel incelenmesi için karşılaştırmalı anatomi yöntemini kullanmıştır. İnsan beyninin yanı sıra limbik sistemin evrimsel gelişimini anlamak için farklı memeli türlerinin beyinlerini incelemiştir. Çalışmalarında, primat olarak makak maymunlarını, etçil olarak köpekleri, kemirgen olarak fare ve sıçanları, otçul olarak atları ve su samurlarını kullanarak limbik yapıların organizasyonu ile koku sistemi arasındaki ilişkiyi ve bu

yapıların farklı türlerdeki varyasyonlarını ortaya koymuştur. Makalesinde denek sayısı net bir şekilde belirtilmemiş ancak geniş bir memeli yelpazesinde diseksiyon yaptığı ve bunları karşılaştırdığı görülmektedir [16]. James Papez, 1937 yılında yayımladığı '' A Proposed Mechanism of Emotion'' başlıklı makalesinde Broca'nın anatomik olarak büyük limbik lob tanımını fonkisyonel olarak açıklamıştır. Ancak anatomik olarak bazı eklemeler yaparak işlevsel bir bakış açısıyla farklı bir perspektif sunmuştur. Limbik sistemin duyguların üretimi ve düzenlenmesinde rol oynadığını öne sürmüş ve Papez döngüsü adı verilen bir devre tanımlamıştır. Bu devre Broca'nın tanımına ek olarak mamiller cisimler, anterior talamus çekirdekleri, girus singuli ve hipokampüs yapılarını dahil etmiştir. Mamiller cisimleri, hipokampüs ve talamus arasındaki bağlantı sağladığını belirtmiştir. Anterior talamik çekirdekleri duygusal bilginin işlenmesinde katkı sağladığını öne sürmüştür. Ayrıca girus singuli ve hipokampüs Broca'nın tanımında yer alıp Papez'in döngüsünde sadece anatomik değil aynı zamanda hafıza ve duygusal bilgi işleme merkezi olarak kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Broca, limbik lobu olfaktör sistemle ilişkilendirmiş ve koku duyusu ile bağlantılı olarak tanımlamasını Papez eleştirmiştir. Limbik sistemin olfaktör işlevlere hizmet etmediğinin duygusal düzenleme, hafıza ve davranış süreçlerinde kritik rol oynadığını öne sürmüştür [17]. 1948'de P.I. Yakovlev, beynin motor organizasyonunu ve davranışsal işlevlerini anlamak için Papez'in devresini daha da genişletti. Yakovlev, limbik yapıları daha çok davranışsal işlevler bağlamında inceledi ve beyin yapılarını daha kapsamlı bir şekilde analiz etti. Özellikle Papez devresinde yer almayan amigdalanın duygusal ve davranışsal süreçlerdeki rolünü vurguladı [18]. MacLean ise, 1949 ve 1952 yıllarında, limbik sistemin daha geniş bir şekilde ele alınması gerektiğini savunarak Papez ve Yakovlev'in çalışmalarını geliştirip eleştirdi. MacLean, limbik sistemin yalnızca duygusal işlevleri değil, aynı zamanda davranışsal ve visseral (iç organlar ile ilgili) işlevleri de kapsadığını ileri sürdü ve "visseral beyin" kavramını önerdi. Amigdala ve hipotalamusun duygu, motivasyon ve iç organ fonksiyonlarını düzenleyen kritik yapılar olduğunu belirtti. MacLean, ayrıca limbik yapılarla ilgili olarak beynin daha derin işlevsel bağlantılarını araştıran kimyasal ve elektriksel simülasyonlar gerçekleştirdi. Bu bağlamda, Papez'in devresinin eksikliklerini tamamlayarak, limbik sistemin işlevsel çeşitliliğini ve karmaşıklığını daha kapsamlı bir şekilde ele almıştır [19, 20]. W.J.H. Nauta'nın 1958 tarihli çalışması,

hipokampüsten orta beyin (midbrain) olarak tanımlanan bölgelere uzanan sinir liflerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Çalışmada, hipokampüs projeksiyonlarının özellikle forniks aracılığıyla mamiller cisimler, ventral tegmental alan (VTA), interpedinküler nukleus, periaquaduktal gri madde ve diğer tegmental yapılar gibi hedeflere ulaştığı belirtilmiştir. Orta beyin, mamiller cisimlerin posterioru, substantia nigra, periaquaduktal gri madde ve tegmental bölgeler olarak tanımlanmış ve bu yapılar limbik sistemin işlevsel bağlantıları bağlamında incelenmiştir. Araştırmada ana model olarak kedi kullanılmış, ancak kaç hayvanın dahil edildiği belirtilmemiştir. Kediler, beyin anatomisinin iyi tanımlanmış olması ve limbik sistem yapılarının diğer memelilere benzer özellikler taşıması nedeniyle tercih edilmiştir. Nauta, Yakovlev ve MacLean'in limbik sistem tanımlarını eleştirerek, onların sistemin beyin sapı bağlantılarını yeterince vurgulamadığını ve hipokampüsün sadece duygusal değil, aynı zamanda otonomik regülasyonda da önemli bir rol oynadığını savunmuştur. Bu çalışma, hipokampus ve orta beyin arasındaki bağlantılar üzerinden limbik sistemin hem davranışsal hem de otonomik süreçlerdeki işlevsel rolünü yeniden tanımlamış ve literatüre önemli katkılar sağlamıştır [21]. Rudolf Nieuwenhuys ise limbik sistemin sadece mezensefalon da değil tüm beyin sapında devam ettiğini ileri sürmüştür. Özellikle hipotalamus, amigdala ve kortikal yapılarla pons arasında, hipotalamus ile de bulbus arasında bağlantı olduğunu söylemiştir. Bu etkileşimler, limbik sistemin duygusal ve motor tepkilerin entegrasyonunda nasıl rol oynadığını ve tüm vücut üzerinde nasıl bir etki yarattığını gösterir. Bu döngünün tamamını ‘’büyük limbik sistem ‘’ olarak isimlendirmiştir [22].

Anatomik diseksiyonlarımızda bir kısmının tahnitli, bir kısmının ise tahnitli boyalı kafa spesmenleri kullandık. Kafa spesmenlerinin tahnitli olması dokunun daha iyi korunmasını sağlar. Tahnit için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmış ve günümüzde halen formalin kullanılmaktadır [87]. Formalin sayesinde dokuların çürümesi engellenir ve mimarisini korunur. 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'te şekerli çözelti kullanmıştır [88]. 1992'de Thiel az miktarda formalin içeren hafif mumyalama tekniğini denemiştir [89]. Formalin irritan

olup ve kanserojen olması nedeniyle, toksik olmayan daha az irritan etkileri olan ve maliyeti daha düşük olan %70 alkol solüsyonları kullandık. Topografik hakimiyeti sağlamak amacıyla kafa spesmeni fiksatöre sabitlendikten sonra supratentoryel alan görülecek şekilde skalp ve kemik dokular kaldırıldı. Limbik sistem elemanlarının anatomik yapısını ve ak madde yollarını daha güzel göstermek için korpus kallozum hizasından kesilen hemisferler kafatasından ayrıldı ve bu hemisferlerin meninks ve vasküler yapıları kaldırıldı. Limbik sistem odaklı diseksiyonlar yapıldı.

Limbik sistemin kortikal yapılarından olan singulat girus, beyin medialinde yer alan korpus kallozum etrafında dairesel bir şekilde yer alır. Bu yapı singulat sulkus, subpariyetal sulkus ve anterior kalkarin fissür ile sınırlıdır. Singulat sulkus, singulat kutupdan başlayarak singulat girus ile girus rektusu ayırır. Korpus kallozumun genusundan posteriora doğru uzanır ve superior frontal girus ile paracentral lobulden geçer. Paracentral ramus ve marginal ramus gibi iki önemli dal verir. Marginal ramus, paracentral lobülü prekuneustan ayırır ve santral sulkusun yerini belirlemede önemli bir işaretdir. Singulat girus, medial frontal girus, parasentral lob, prekuneus, kuneus ve parahipokampal girus bölgeleri ile bağlantılıdır. Singulat kutup ise subkallosal alan, paraterminal alan ve paraolfakör alan olarak adlandırılır. Singulat girusun kalkarin sulkus ve paryetoksipital sulkus tabanına yerleşen spleniumun posteior inferior kısmında daralan kısmına isthmus adı verilir. Fonksiyonel olarak ise singulat girus, duygusal işleme, hafıza ve bilişsel fonksiyonlarla ilgili önemli rol oynar. Singulum limbik sistemin en büyük assosiasyon fiber demetidir. Subkallozal alandan başlar korpus kallozumun genu kısmını çevreler, subpariyetal bölgeye ilerler ve korpus kallozumun spleniumunu dolaşarak parahipokampal girusa ulaşır. İki segmenti vardır. Üst segment subkallozal alanı ve subparyetal bölgeyi bağlayan lifler içerir kalan lifler singulat girusun isthmusuna devam eder. Alt segmentler ise prekunuesun posterior kısmı, lingual girusun anterior kısmından gelen az sayıda lifler ile üst segment liflerin isthmus birleşimden gelen liflerden oluşur. Alt segment lifler parahipokampal girusun içinde ilerler ve en ön kısmına ulaşır. Limbik sistemin farklı bölgelerini bağlayarak duygusal işleme, dikkatin yönlendirilmesi ve davranışsal yanıtların koordine edilmesinde rol oynar [44, 90, 91]. Parahipokampal girustan çıkan liflerin bir kısmının lingula girus uç kısmından postprekuneusa uzandığını gözlemledik [92]. İndiseum

griseum, korpus kallosumun komissural liflerinin dış yüzeyinde bulunur. Bu yapılar korpus kallosumun rostrumunun altındaki subkallozal bölge ile ilişkilidir. Hipokampüsün rudimenter bir yapısıdır [91]. Çalışmamızda singulat girus ve indiseum griseum bağlantıları gösterilmiştir.

Parahipokampal girus, beyin yarım küresinin inferomedial yüzeyinde yer alan bir yapıdır ve mesensefalon etrafında döner. Hipokampal formasyonun bir parçası olan dentat girus ile hipokampal sulkusla ayrılır. Unkusun arka sınırından dik bir çizgi ile anterior ve posterior olmak üzere iki bölüme ayrılır. Anterior bölgesi çoğunlukla entrorhinal korteks tarafından kaplanır. Posterior bölge singulat girus ve anterior lingual girus arasındaki birleşme noktasına kadar uzanır. Rhinal sulkus ve devamında collateral sulkus, lateral sınırını oluşturur. Parahipokampal girus içerisinde semilunar girus ve ambiens girus olmak üzere iki girus bulunur. Bu giruslar amigdalanın çekirdekleri ile bağlantılıdır. Duygusal işleme, hafıza oluşumu ve mekânsal navigasyon gibi önemli işlevlerde rol alır [91]. Parahipokampal girus dekortikasyonu sonrası ak madde yollarının singulum ile bağlantısı gösterdik. Çalışmalar sıklıkla PhG nin dorsal kısmındaki singulum bağlantılarına odaklanmıştır. Biz çalışmamızda PhG nin ventral kısımda komşu olduğu subikulum ve altındaki CA1 ve DG dekortike edilerek bu yüzeydeki ak madde liflerini takip ettik. Bu liflerin CC nin spleniumunun alt yüzeyinden CC ye doğru yönelimi olduğunu ilk defa gösterdik.

Orbitofrontal korteks (OFK), frontal lobun alt yüzünde yer alan, geniş limbik bağlantılara sahiptir ve duygusal, bilişsel ve sosyal süreçlerde kritik bir rol oynar. OFK'nin yüzeyel yerleşimi, koku ve tat gibi duyusal girdilerin yanı sıra ödül ve ceza ile ilişkili bilgileri işlemek için uygundur [93]. Anatomik olarak, OFK'nin limbik sistemle olan bağlantıları oldukça kapsamlıdır. Amigdala ile OFK arasında uncinate fasciculus (UF) ve amygdalofugal yol aracılığıyla kurulan bağlantılar, duygusal öğrenme, tehdit algısı ve ödül işleme süreçlerinde önemlidir. Hipokampüs ile OFK arasındaki cingulum, bağlamsal hafıza ve mekânsal navigasyonun düzenlenmesine katkı sağlar [94]. Dorsomedial talamus ile OFK arasında medial forebrain bundle (MFB) ve thalamokortikal radyasyon gibi yollar, dikkat kontrolü ve karmaşık bilişsel süreçlerde etkindir [95]. Olfaktör sistemle olfactor trakt aracılığıyla bağlantı kuran OFK, koku ve tat algısını etkiler [93]. Ayrıca, singulat korteks ile subcallosal

fasciculus ve accumbens nükleusu ile anterior thalamic peduncle (atp) bağlantıları, motivasyon, ödül ve duygusal düzenlemede kritik bir rol oynar [45, 96]. Bu anatomik ve bağlantısal özellikler, OFK'nin limbik sistemin merkezi bir parçası olarak duygusal, bilişsel ve sosyal süreçlerde temel bir rol oynamasını sağlar. Bizde OFK ile ATN ve medial talamus arasındaki bağlantıları gösterdik. Ayrıca orbital giruslardan temporal pole doğru uzanım gösteren UF yi de diseksiyonlarımızda gösterdik. Ac limbik sistemin bir parçası olmamasına rağmen 2 spesmenimizde ac ye ait ak madde liflerinin SI dekortikasyonu sonrası olfaktör bulbun ve singulat polün ventral yüzeyine yöneldiğini gözlemledik. Fakat elimizdeki traktografi görüntülerinde gösteremedik. Bu bağlantı ak madde diseksiyonlarında ilk defa tarafımızca gösterildi.

Hipokampal formasyon beyin hemisferlerinin mediobazal yüzeyinde yer alan C şeklinde bir yapıdır. Dentat girus, cornu ammonis ve subiküler kompleks olmak üzere üç bölümden oluşur. Basit bir kortikal yapıya sahip olup allokorteks tabakayı temsil eder. Dentat girus, hipokampüsün en medial kısmıdır. Cornu ammonis hipokampal formasyonun en büyük kısmıdır ve CA1-4 alanlarına ayrılır. Subikulum parahipokampal girusun düz üst yüzeyini oluşturur ve cornu ammonisin medialinde yer alır. Hipokampüsün kuyruğu (tail), mediale döner ve atrium tabanının bir kısmını oluşturur. Fimbria, hipokampüsün forniks ile bağlantısını sağlayan beyaz madde liflerini içerir. Hipokampüs posterior bölgesinden başlar ve korpus kallozumun spleniumunun altından geçerek forniksin krurası olarak devam eder. Alveus ise hipokampüs üzerinde yer alan ince miyelinli beyaz madde tabakasıdır. Bu yapı hipokampal piramidal hücrelerden çıkan liflerin toplandığı bir alan olarak görev yapar. Alveus, fimbriaya doğru ilerleyerek lifleri fimbriaya aktarır böylece hipokampüsün forniks ile bağlantısını sağlar [91, 97]. Hipokampüs, yeni bilgilerin öğrenilmesi ve kısa süreli hafızanın uzun süreli hafızaya dönüşmesinde rol oynar. Epizodik hafıza ve uzamsal hafıza süreçlerinin temel merkezidir. Yaptığımız diseksiyonlarda hipokampüsün forniks ile olan bağlantısı fimbria ve alveus hem medialden hem de lateralden gösterilmiştir. Forniks, hipokampüsün ana efferenti olup beyin içinde önemli bağlantı yoludur. Forniks, C harfi şeklinde olup, üçüncü ventrikülün çatısında yer alır ve hipokampusu ipsilateral ve kontralateral septal nükleuslara, talamusun anterior nükleuslarına, stria terminalis nükleuslarına ve mamiller cisimlere bağlar.

Forniks dört bölümden oluşur. Fimbria, ventrikül temporal horn tabanında yer alan ve hipokampal formasyondan gelen aksonların oluşturduğu bir yapıdır ve dentat girus ile fimbrodentat sulkusla ayrılır. Forniks gövdesi, fimbranın devamı olarak talamusun pulvinarının etrafında döner ve corpus callosum'un splenium kısmına bağlanır, atrium ve ventrikülün gövde kısmının birleşiminde yer alır ve hipokampal dekuasasyonu içerir. Forniks kolumna, anterior talamusla bağlantılı olup, prekomissural ve postkomissural lifler içerir. Forniks, özellikle hafıza, öğrenme ve duygusal işlevlerde rol oynayan önemli bir yapıdır [44, 91, 98]. Fimbrianın forniks olarak isim değişikliği olarak bölge CC-s hizasıdır. Yaptığımız diseksiyonlar sonucunda CC-s hizasında geçen tp liflerinin belli belirsiz fornikse doğru karıştığı ilk kez tarafımızca gözlemlenmiştir. Ancak traktografik olarak gösterilememiştir. Böylelikle tp liflerinde limbik sistemin bir parçası olabilir mi sorusu akla gelmektedir.

Gyrus fasciolaris, limbik sistemin önemli bir parçasıdır ve medial temporal lobda, hipokampüsün posterior ucuna yakın bir bölgede bulunur [99]. Bu yapı, hipokampüsün devamı olarak kabul edilir ve subikulum ile yakından ilişkilidir [100]. Anatomik olarak anteriorunda subikulum ile hipokampal formasyon, posteriorunda dentat girus ve fornix, superiorunda corpus callosum splenium'u, inferiorunda ise parahipokampal girus ve retrosplenial korteks bulunur [33]. Girus fasciolaris, limbik sistemle bağlantıları aracılığıyla öğrenme, hafıza süreçleri ve emosyonel düzenleme gibi işlevlerde önemli bir rol oynar [100]. Özellikle hipokampüs ve parahipokampal bölgelerle olan bağlantıları, uzun süreli bellek oluşumuna katkı sağlar [33]. Ayrıca fornix aracılığıyla talamus ve mamiller cisimlerle bağlantı kurarak limbik sistemin genel işlevlerine katılır [99]. Ayrıca forniks aracılığıyla talamus ve mamiller cisimlerle bağlantı kurarak limbik sistemin genel işlevlerine katılır [99]. Gyrus fasciolaris ve PhG nin ventral yüzeyinden geçen ak madde lifleri ile ilişkisi diseksiyonlarımızda gösterildi.

Mamiller cisim (corpus mammillare) limbik sistemin bir parçası olup temel efferent ve afferent bağlantıları dikkat çeker. Ana efferent yolu, fasciculus mammilaris princeps (ana mamiller traktus) olarak adlandırılır. Üçüncü ventrikülün lateral duvarında dorsal yönde yükselir ve kısa bir mesafeden sonra iki dala ayrılır. Büyük olan dal mamillotalamik trakt talamusun anterior çekirdeğine doğru ilerler. Küçük olan

dal kaudal yönde ilerler ve mezensefalonun tegmentumuna kıvrılır. Mamiller cismin ana afferentleri, hipokampal formasyonun subikulum bölgesinden forniks aracılığıyla ve mezensefalonun paramedian bölgesinden pedunculus mammillaris aracılığıyla gelir. Pedunculus mamillaris dorsal tegmental çekirdekten köken alır ve mezensefalon ventral yüzeyi boyunca mamiller cisme ve septal çekirdeğe ulaşır. Bu bağlantılar, mamiller cismi limbik sistem ile orta beyin arasındaki önemli bir iletişim merkezi haline getirir ve hem duygusal düzenleme hem de hafıza işlevlerinde rol oynar [91, 101-103]. Mamiller cisimden çıkan mtet, hem anatomik hem de traktografik olarak gösterdik. Mtt anatomik olarak gösterdik ve traktografik olarak gösteremedik. Anatomik diseksiyonlarımızda sadece bir hemisferde sm liflerini takip edildiğinde MB ye doğru devam ettiğini gösterdik.

Talamusun anterior çekirdek kompleksi beş ana çekirdek kompleksinden biridir. Bu kompleksin ana bağlantısı mamillotalamik trakt ile sağlanır. Üç çekirdekten oluşur. Anteromedial, anterodorsal ve anteroventral çekirdektir. Talamusun en ön sınırında, foramen monronun arka duvarında çıkıntı olarak görülür. Bu yapıların limbik sistemle olan bağlantıları, hafıza ve duygusal süreçler gibi işlevlere katkıda bulunur [91]. Biz anatomik diseksiyonlarımızda ventriküle komşu olan kısmını gösterdik.

Amigdala, lateral ventrikül temporal boynuzunun ön duvarı ve tavanında yer alan büyük bir nükleer komplekstir ve badem şeklinden dolayı Karl Friedrich Burdach tarafından bu ad verilmiştir. Altı ana çekirdekten oluşur: yüzeysel kortikal ve medial çekirdekler ile daha derin yerleşimli lateral, bazal, aksesuar bazal ve santral çekirdekler. Lateral çekirdek, neokorteksten gelen duyusal bilgilerin ana alıcısıdır. Amigdala yaygın olarak bağlantılıdır. Amigdalanın ana afferentleri olfaktör bulbus ve olfaktör korteks; septal bölge, substantia innominata ve hipotalamus; talamus; beyin sapı; hipokampus ve neokorteksten kaynaklanır. Amigdalanın ana efferentleri septo-preoptik-hipotalamusa, dorsal talamusa, beyin sapına, korpus striatuma ve birkaç kortikal alana doğrudur. Amigdalanın ventral lifleri, hem bağlantı (asosiyasyon) hem de projeksiyon lifleridir. Bu lifler, anterior perforan madde içinde yer alan ve mezensefalik pedinkül etrafında dönen ansa peduncularis adlı lif sistemiyle bağlantılıdır. Bu lifler, amigdalanın septal alan, hipotalamus, talamus ve beyin

sapındaki tegmental bölgelere bağlantısını sağlar. Amigdala ile septal alan arasındaki lifler asosiyasyon lifleridir. Ventral projeksiyon lifleri ise hipotalamus (amigdalo-hipotalamik), medial talamus çekirdekleri (amigdalo-talamik) ve mezensefalonun tegmental bölgelerine uzanır. Bu lifler, Broca'nın diyagonal bandı içinde yer alır. Diyagonal band, septal bölgenin sisternal yüzeyine karşılık gelen paraterminal girus ile devamlılık gösteren, nöronlarla çevrili bir lif demetidir. Makroskopik olarak, anterior perforan maddenin düzensiz dörtgen alanını sınırlayan beyazımsı bir bant şeklinde görülür. Stria terminalis, amigdalanın ana dorsal çıkış yolu olup, kaudomedial kısmından başlar ve lateral ventrikülün temporal boynuzunun tavanında yer alır. Bu yapı, kaudat çekirdek ve talamus çevresinde dönerek striyotalamik sulkusta ilerler ve anterior komissüre ulaşır. Anterior komissür seviyesinde, üç farklı gruba ayrılır. Bunlar prekomissüral, komissüral ve postkomissüral lifleridir. Prekomissüral lifler, medial preoptik alan ve anterior hipotalamik bölgelere projeksiyon yapar. Komissüral lifler, anterior komissür lifleriyle birlikte hareket ederek her iki amigdala arasında bağlantı sağlar. Postkomissüral lifler ise stria terminalisin bad nükleusuna ve anterior hipotalamik çekirdeklere ulaşır. Stria terminalisin yatak çekirdeği, stria terminalis boyunca uzanan bir nöron topluluğudur. Amigdala, duygusal işleme, özellikle korku ve tehdit algısı, bellek oluşumu ve sosyal davranışların düzenlenmesinde kritik bir rol oynayan bir nükleer komplekstir. Ayrıca, homeostatik düzenlemeler, otonom sinir sistemi kontrolü ve limbik sistemle olan geniş bağlantıları sayesinde stres yanıtı ve motivasyonel süreçlerde önemli bir merkezdir [91, 104]. Biz anatomik diseksiyonlarımızda amigdala ve amigdaladan çıkan ATT,ATeT,AHT yollarını gösterdik. Amigdala septal trakt (AST) ve amigdala subtantia innominata (A-SI) trakt bağlantılarını anatomik olarak gösteremedik.Traktografik çalışmalarımızda ise ATT,ATeT,AHT, AST ve A-SI trakt bağlantılarını gösterdik.

Limbik sistemin telensefalon, hipotalamus, talamus ve beyin sapı tegmentumu arasındaki bağlantı yolları, pronsefalik trakt olarak adlandırılan bir yapı içinde organize edilmiştir. Bu bağlantılar, limbik sistemin geniş işlevsel ağını oluşturur ve farklı segmentlere ayrılarak detaylandırılmıştır. Bağlandığı merkezlere göre amigdalo-tegmental, septal-tegmental, hipotalamik-tegmental (mamillotegmental trakt dahil) ve talamik-tegmental bağlantılar şeklinde sınıflandırılmıştır [91]. Diseksiyonlarımızda

tegmentuma giden ATeT ve mtet gösterdik ayrıca DLF lifleri adı altında medial talamus üzerindeki lifleri anatomik olarak gösterdik. Tarktografik çalışmamızda mtet ve ATeT liflerini gösterdik.

İnsula, beyin yarımkürelerinin derinlerinde yer alan, lateral sulkusun derinliklerinde bulunan bir kortikal bölgedir. İnsulanın anatomik sınırları, çevresindeki operküler yapılarla belirlenir. Frontal, parietal ve temporal operkulumlar insulayı çevreler ve lateral sulkus kapatır. Ön sınırı limen insula oluşturur ve orbitofrontal korteks ile bağlantı kurar. Üst sınırı insulanın süperior sulkusu oluşturur ve insulayı frontal ve paryetal operkulumdan ayırır. Alt sınırı insulayı temporal operkulumdan ayırır. Arka sınır ise pariyetal lobun derinliklerinde sonlanır. Beş ana girus ve bu giruslara ayıran sulkuslara sahiptir. İnsulanın anterior kısmında yer alır genellikle üç adet (anterior, orta ve posterior kısa) girus bulunur. Posteriorunda insulanın uzun girusları bulunur. Kısa ve uzun girusları merkezi sulkus ayırır. Anterior insula duygusal işlevler ve otonomik düzenleme ile ilişkilidir. Posterior insula somatosensoryal işlevlerde rol oynar. İnsula, orta serebral arterin dalları tarafından beslenir. Venöz drenajı ise slyvian fissürden geçen derin serebral venler aracılığı ile gerçekleşir [105]. Anatomik diseksiyonlarımızda insula korteksini dekortikasyon sonrasında ise sırasıyla ex, ec, Cl, Pu ve Gp gösterilmiştir.

Unsinat fasikül, kanca şeklinde bir yapıya sahip olup frontal ve temporal lob arasındaki bağlantıyı sağlar. Limen insula bölgesinden geçerken belirgin bir kavis çizer. Üç bölümden oluşur frontal bölüm, frontal lob beyaz cevherinde başlar. İnsular bölüm, limen insula boyunca uzanır. Temporal bölüm, temporal lobun ön bölümlerine ve amigdalaya ulaşır. Frontal-temporal bağlantılar yoluyla duygu, hafıza ve davranış gibi işlevlerde kritik bir rol oynar [44, 91]. Bizde diseksiyonlarımızda üç bölüme ayrılmasa bile tüm kompartmalarını anatomik ve traktografik olarak gösterdik.

Tapetum lifler CC-s bölgesinden kaynaklanan ve her iki hemisfer paryetal, temporal ve oksipital loblarını birbirine bağlayan ak madde lifleridir [106]. Medialde CC-s spleniumu, inferolateralde hipokampüs ve forniks ile komşudur. Üstte singulum ve allta lateral ventriküllerin temporal boynuzu ile ilişkilidir [107]. Tapetum lifleri CC-s den çıkarak posteriora ve inferiora doğru yönelir. Tapetum lifleri hemisferler

arasında iletişimde rol oynar [108]. Özellikle posterior kortekslerin senkronize çalışmasına katkıda bulunur [109]. Yaptığımız anatomik çalışmada tapetum liflerinin korpus kallozum splenium hizasından fornikse doğru lif verdiğini düşünmekteyiz.

Reil den günümüze beynin ak madde yolları ile ilgili araştırmalar anatomik diseksiyon temeline dayanmaktaydı. Fakat son 30 yıldaki radyolojik gelişmeleri ile in vivo şartlarda beynin ak madde yolları gösterilmeye başlandı. Özellikle son 10 yılda traktografik çekimleri işleyen yazılımlarında geliştirilmesi ile ak madde yollarının görselliği ve anlaşılabilirliği artırıldı. İlk olarak 1993 yılında Kinosada, ak madde anatomisini değerlendirmek için Maksimum Yoğunluk Projeksiyonu (MIP) adı verilen bir yöntem kullanmıştır. Bu yöntem, difüzyon ağırlıklı görüntülerle sinir liflerinin yönelimlerini ve bağlantılarını görselleştirmek amacıyla geliştirilmiştir. MPI, su moleküllerinin difüzyonunu yalnızca belirli bir yönde ölçebiliyordu. Bu, beyaz madde trafiğini tam olarak anlamak için yeterli bir bilgi sağlamıyordu. Beyin, çok yönlü ve karmaşık bir yapıya sahip olduğundan, bu sınırlama kritik bir eksiklikti. MIP, traktografiyle benzer bir amaca hizmet etse de Difüzyon Tensor Görüntüleme (DTI) gibi gelişmiş bir teknik değildir [110]. MPI, su difüzyonunun farklı yönlerdeki değişikliklerini (anizotropi) detaylı olarak tanımlayamazdı. Ancak, beyaz madde yollarının mikro yapısını anlamak için bu bilgi kritik öneme sahiptir. DTI, bu anizotropiyi tensör matrisleri aracılığıyla hesaplayarak beyaz madde organizasyonunu daha doğru bir şekilde modellemeyi sağladı [111]. 1994 yılında Basser ve arkadaşları, DTI yöntemini geliştirmiştir. Bu yöntem, sinir liflerinin yönelimini, bağlantılarını ve üç boyutlu yapısını haritalamak için kullanılan ilk teknik traktografi olarak adlandırılmıştır. DTI, sinir liflerinin yönelimini incelemek için bir difüzyon tensoru kullanarak daha hassas bir analiz sağlar ve traktografinin temellerini oluşturur [110, 112]. Traktografi, beyindeki ak madde yollarını non-invaziv bir şekilde haritalamaya olanak tanır ve cerrahi planlama, nörolojik hastalıkların değerlendirilmesi, bilişsel işlevlerin analizi gibi geniş bir uygulama yelpazesi sunar. Anatomik diseksiyonlardan elde edilen lif organizasyonuna traktografi görüntülerinin eklenmesi ile bu lifler hakkında ayrıntılı bilgi verir [113, 114]. Bu teknik, ak madde yollarının genel yapısını anlamada etkili olsa da küçük çaplı lif demetlerini ve karmaşık yol çatallaşmalarını doğru bir şekilde tespit etmede

sınırlamalara sahiptir [115]. Ayrıca, traktografi yalnızca matematiksel modeller ve algoritmalara dayandığı için, anatomik doğruluk her zaman tam olarak sağlanamayabilir ve bazı durumlarda yanlış pozitif ya da negatif sonuçlar verebilir [116]. Buna karşılık, ak madde diseksiyonu, doğrudan anatomik doğruluk sunan ve beyindeki lif yollarının üç boyutlu yapısını ayrıntılı bir şekilde ortaya koyan bir yöntemdir. Bu teknik, özellikle Klingler metodu gibi formalin ile sabitlenmiş beyinlerde uygulandığında, mikroskobik detayların gözlemlenmesine olanak tanır [77]. Ak madde diseksiyonu, lif demetlerinin yönelimlerini, birbirleriyle olan ilişkilerini ve topografik düzenlerini doğrudan inceleme fırsatı sunar; bu da özellikle cerrahi anatomiyi anlamada kritik bir rol oynar [117]. Ancak, bu teknik yalnızca postmortem beyinlerde uygulanabilir ve uygulayıcıdan ileri düzeyde deneyim gerektirir. Traktografi ve ak madde diseksiyonu, beyin bağlantılarını anlamada birbirini tamamlayan yöntemlerdir. Traktografi, canlı beyinlerde geniş kapsamlı görselleştirme sağlarken, ak madde diseksiyonu, bu verilerin anatomik doğruluğunu doğrulamada kullanılabilir. Örneğin, modern çalışmalarda bu iki yöntemin bir arada kullanımı, beyin cerrahisinde hedeflenen bölgelere erişimi optimize etmek ve fonksiyonel alanların korunmasını sağlamak için kritik bir avantaj sunmuştur [118].

Ak madde lif izlerini tanımlamak için kavisli çok düzlemli rekonstrüksiyon ve 3D modelleme DSI studio kullanılarak yapıldı. DSI Studio, beyin bağlantılarını haritalamak ve nöropsikolojik bozukluklarla ilişkilerini incelemek için kullanılan bir traktografi yazılımıdır. Bu yazılım, difüzyon MRI verilerini analiz etmek amacıyla difüzyon tensör görüntüleme (DTI), genelleştirilmiş q-örnekleme görüntüleme (GQI) ve q-uzayı difeomorfik rekonstrüksiyon (QSDR) gibi çeşitli yöntemleri entegre eder. GQI, beyin beyaz madde yollarını incelemek için kullanılan bir difüzyon MRI analiz yöntemidir. QSDR, difüzyon MRI verilerini bir standart beyin atlasına uyarlamak için kullanılan bir yöntemdir [119]. Bizde DSI stüdyo programını kullanarak anatomik diseksiyonlarda da gösterdiğimiz cg, fx, st, sm, ATT, AHT, ATeT, AST, A-SI, mtet, UF, ac, thp-a, Th, MB, R, Amg, Hp ve pons bölgeleri ve bağlantıları bu program sayesinde gösterdik. Topografik hakimiyet sağlamak için önce Amg, Hp, Th, MB,pons ve R tanımladık. Daha sonra bu tanımladık landmarkerlara sırasyla cg, fx, st, sm, ATT, AHT, ATeT, AST, A-SI, mtet, UF, ac, thp-a anatomik yapıları tek tek

yerleştirdik ve son olarakta bunları tek bir traktografik işlenmiş görüntüde birleştirerek bu yolların birbirleri ile olan bağlantılarını görselleştirmeye çalıştık. Böylelikle anatomik diseksiyon ile elde ettiğimiz bulguları DSI stüdyo yazılımı ile işlenmiş tragtografik işlemleri eşleştirmeye çalışarak daha iyi bir anlamlandırmaya sağladık.

# 7. SONUÇ

Nöroanatomi bilgisi beyin cerrahları için çok önemli bir yere sahiptir, müdahalelerin başarısı ve hasta güvenliği bu bilgilere dayanmaktadır. Son yıllardaki radyolojik görüntülemelerdeki gelişmelerle özellikle tümöral lezyonlar başta olmak üzere beyindeki tüm patolojilerin tam konumunu ve etrafındaki ak madde lifleri ile ilişkilerini belirlemeye yardımcı olur. Ak madde diseksiyonu nöroanatomi bilgisini geliştirirken, cerrahların üç boyutlu düşünme becerilerini güçlendirir ve güncel radyolojik gelişmeleri daha iyi anlamlandırarak daha doğru ve daha güvenli bir cerrahi planlama yapmalarına olanak sağlar [120].

Bizde çalışmamızda beynin merkezide yer alan limbik sistemi anatomisinin hem ak madde diseksiyonu hem de güncel traktografik yöntemlerle gösterdik. Bu çalışma sayesinde tp, cg, ac ve sm yollarının yeni bağlantı yolları ilk defa gösterildi. Limbik sistemin bir parçası olabileceği düşünülen ac ve tp bağlantıları ilk defa gösterildi. Fakat bunların birer limbik sistem parçası olduğunun iddia edilmesi için daha çok lif diseksiyon çalışması, traktografik ve histolojik çalışmalar ile doğrulama ihtiyacı bulunmaktadır.

Çalışmamızda limbik sistemin güncel literatür ışığında mikro anatomik ve traktografik yöntemlerle gösterilmesi sağlandı. Böylelikle limbik sistemin genel anatomisi üzerinde yapılan az sayıda çalışma olduğu göz önüne alındığında literatüre bir katkı sunduk.

## 8. KAYNAKÇA


1. Pascalau, R., et al., *Anatomy of the Limbic White Matter Tracts as Revealed by Fiber Dissection and Tractography.* World Neurosurg, 2018. **113**: p. e672-e689.
2. LeDoux, J.E., *Emotion circuits in the brain.* Annu Rev Neurosci, 2000. **23**: p. 155-84.
3. Heimer, L. and G.W. Van Hoesen, *The limbic lobe and its output channels: implications for emotional functions and adaptive behavior.* Neurosci Biobehav Rev, 2006. **30**(2): p. 126-47.
4. Catani, M., F. Dell'Acqua, and M.T. De Schotten, *A revised limbic system model for memory, emotion and behaviour.* Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 2013. **37**(8): p. 1724-1737.
5. Burks, J.D., et al., *A method for safely resecting anterior butterfly gliomas: the surgical anatomy of the default mode network and the relevance of its preservation.* J Neurosurg, 2017. **126**(6): p. 1795-1811.
6. Sahin, N., et al., *Limbic pathway lesions in patients with multiple sclerosis.* Acta Radiol, 2016. **57**(3): p. 341-7.
7. Douet, V. and L. Chang, *Fornix as an imaging marker for episodic memory deficits in healthy aging and in various neurological disorders.* Front Aging Neurosci, 2014. **6**: p. 343.
8. Keser, Z., et al., *Limbic Pathway Correlates of Cognitive Impairment in Multiple Sclerosis.* J Neuroimaging, 2017. **27**(1): p. 37-42.
9. Kwon, H.G., et al., *The anatomical characteristics of the stria terminalis in the human brain: a diffusion tensor tractography study.* Neurosci Lett, 2011. **500**(2): p. 99-102.
10. Latini, F., *New insights in the limbic modulation of visual inputs: the role of the inferior longitudinal fasciculus and the Li-Am bundle.* Neurosurg Rev, 2015. **38**(1): p. 179-89; discussion 189-90.

11. Vergani, F., et al., *Anatomic Connections of the Subgenual Cingulate Region.* Neurosurgery, 2016. **79**(3): p. 465-72.

12. LudwigE, K.A.D.P.p.B.B., 1956

13. Yaşargil, M.G., U. Türe, and D.C. Yaşargil, *Surgical anatomy of supratentorial midline lesions.* Neurosurg Focus, 2005. **18**(6b): p. E1.

14. Güngör, A., et al., *The white matter tracts of the cerebrum in ventricular surgery and hydrocephalus.* J Neurosurg, 2017. **126**(3): p. 945-971.

15. Concha, L., C. Beaulieu, and D.W. Gross, *Bilateral limbic diffusion abnormalities in unilateral temporal lobe epilepsy.* Ann Neurol, 2005. **57**(2): p. 188-96.

16. Broca, P.L.g.l.l.e.l.s.l.d.l.s.d.m.R.D.a.-.

17. Papez, J.W., *A proposed mechanism of emotion.* Archives of Neurology & Psychiatry, 1937. **38**(4): p. 725-743.

18. Yakovlev, P.I., *MOTILITY, BEHAVIOR AND THE BRAIN*: STEREODYNAMIC ORGANIZATION AND NEURAL CO-ORDINATES OF BEHAVIOR.* The Journal of nervous and mental disease, 1948. **107**(4): p. 313-335.

19. MacLean, P.D., *Psychosomatic disease and the" visceral brain": Recent developments bearing on the Papez theory of emotion.* Psychosomatic medicine, 1949. **11**(6): p. 338-353.

20. MacLean, P.D., *Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (visceral brain).* Electroencephalography and clinical neurophysiology, 1952. **4**(4): p. 407-418.

21. Nauta, W.J., *Hippocampal projections and related neural pathways to the midbrain in the cat.* Brain, 1958. **81**(3): p. 319-40.

22. Nieuwenhuys, R., *The greater limbic system, the emotional motor system and the brain.* Progress in brain research, 1996. **107**: p. 551-580.

23. Rhoton Jr, A.L., *The cerebrum.* Neurosurgery, 2002. **51**(4): p. S1-1.

24. Wen, H.T., et al., *Microsurgical anatomy of the temporal lobe: part 1: mesial temporal lobe anatomy and its vascular relationships as applied to amygdalohippocampectomy.* Neurosurgery, 1999. **45**(3): p. 549.

25. Sindou, M. and M. Guenot, *Surgical anatomy of the temporal lobe for epilepsy surgery.* Advances and technical standards in neurosurgery, 2003: p. 315-343.

26. Campero, A., et al., *Microsurgical approaches to the medial temporal region: an anatomical study.* Operative Neurosurgery, 2006. **59**(4): p. ONS-279-ONS-308.

27. Türe, U., et al., *The paramedian supracerebellar-transtentorial approach to the entire length of the mediobasal temporal region: an anatomical and clinical study.* Journal of neurosurgery, 2012. **116**(4): p. 773-791.

28. Fernández-Miranda, J.C., et al., *Microvascular anatomy of the medial temporal region: part 1: its application to arteriovenous malformation surgery.* Operative Neurosurgery, 2010. **67**(3): p. ons237-ons276.

29. Türe, U., et al., *Topographic anatomy of the insular region.* Journal of neurosurgery, 1999. **90**(4): p. 720-733.

30. Broca, P., *Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole).* Bulletin et Memoires de la Societe anatomique de Paris, 1861. **6**: p. 330-357.

31. Yasargil MG: Microneurosurgery. Stuttgart: Thieme, V.o.A., 1994, pp 65–73.

32. Yasargil MG: Microneurosurgery. Stuttgart: Thieme, V.B., 1996, pp 262–276.

33. Nieuwenhuys, R., J. Voogd, and C. Van Huijzen, *The human central nervous system: a synopsis and atlas*. 2007: Springer Science & Business Media.

34. Di Ieva, A., et al., *The indusium griseum and the longitudinal striae of the corpus callosum.* Cortex, 2015. **62**: p. 34-40.

35. Pavlovic, S., et al., *Longitudinal striae of the human fornix: shape, relations and variations.* Surgical and radiologic anatomy, 2009. **31**: p. 501-506.

36. Di Ieva, A., M. Tschabitscher, and R.R. y Baena, *Lancisi's nerves and the seat of the soul.* Neurosurgery, 2007. **60**(3): p. 563-568.

37. Chauhan, P., et al., *The anatomy of the hippocampus.* Exon Publications, 2021: p. 17-30.

38. Lemaire, J.-J., et al., *Maps of the adult human hypothalamus.* Surgical Neurology International, 2013. **4**(Suppl 3): p. S156.

39. Kamali, A., et al., *Mapping the trajectory of the stria terminalis of the human limbic system using high spatial resolution diffusion tensor tractography.* Neuroscience Letters, 2015. **608**: p. 45-50.

40. Kamali, A., et al., *The cortico-limbo-thalamo-cortical circuits: an update to the original papez circuit of the human limbic system.* Brain topography, 2023. **36**(3): p. 371-389.

41. Benear, S.L., C.T. Ngo, and I.R. Olson, *Dissecting the fornix in basic memory processes and neuropsychiatric disease: a review*. Brain Connectivity, 2020. **10**(7): p. 331-354.

42. Sundsten, J.W. and J. Nolte, *The human brain: an introduction to its functional anatomy.* St. Louis: Mosby, 2001: p. 410-447.

43. Whalen, P.J., et al., *Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge.* Journal of neuroscience, 1998. **18**(1): p. 411-418.

44. Yasargil, M., et al., *Microneurosurgery, 4 Vols., Vol. 4A*. Thieme: CNS Tumors.

45. Rolls, E.T., *The cingulate cortex and limbic systems for action, emotion, and memory.* Handbook of clinical neurology, 2019. **166**: p. 23-37.

46. Öngür, D. and J.L. Price, *The organization of networks within the orbital and medial prefrontal cortex of rats, monkeys and humans.* Cerebral cortex, 2000. **10**(3): p. 206-219.

47. Rolls, E.T. and S. Wirth, *Spatial representations in the primate hippocampus, and their functions in memory and navigation.* Progress in neurobiology, 2018. **171**: p. 90-113.

48. Auger, S.D. and E.A. Maguire, *Assessing the mechanism of response in the retrosplenial cortex of good and poor navigators.* cortex, 2013. **49**(10): p. 2904-2913.

49. Rudzinskas, S.A., et al., *Sex, drugs, and the medial amygdala: a model of enhanced sexual motivation in the female rat.* Frontiers in behavioral neuroscience, 2019. **13**: p. 203.

50. Di, X., J. Huang, and B.B. Biswal, *Task modulated brain connectivity of the amygdala: a meta-analysis of psychophysiological interactions.* Brain Structure and Function, 2017. **222**: p. 619-634.

51. Judaš, M. and M. Pletikos, *A note on the sea-horse in the human brain.* Translational Neuroscience, 2010. **1**: p. 335-337.

52. Dillingham, C.M., et al., *How do mammillary body inputs contribute to anterior thalamic function?* Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 2015. **54**: p. 108-119.

53. Kamali, A., et al., *A direct visuosensory cortical connectivity of the human limbic system. Dissecting the trajectory of the parieto-occipito-hypothalamic tract in the human brain using diffusion weighted tractography.* Neuroscience Letters, 2020. **728**: p. 134955.

54. Reppucci, C.J. and G.D. Petrovich, *Organization of connections between the amygdala, medial prefrontal cortex, and lateral hypothalamus: a single and double retrograde tracing study in rats.* Brain Structure and Function, 2016. **221**: p. 2937-2962.

55. Lemaire, J.-J., et al., *White matter connectivity of human hypothalamus.* Brain research, 2011. **1371**: p. 43-64.

56. Baydin, S., et al., *Fiber tracts of the medial and inferior surfaces of the cerebrum.* World neurosurgery, 2017. **98**: p. 34-49.

57. Balak, N., et al., *Mammillothalamic and mammillotegmental tracts as new targets for dementia and epilepsy treatment.* World Neurosurgery, 2018. **110**: p. 133-144.

58. Rhoton Jr, A.L., *The lateral and third ventricles.* Neurosurgery, 2002. **51**(4): p. S1-207.

59. Serra, C., et al., *Topographic classification of the thalamus surfaces related to microneurosurgery: a white matter fiber microdissection study.* World neurosurgery, 2017. **97**: p. 438-452.

60. Haines, D.E., *Neuroanatomy: an atlas of structures, sections, and systems*. Vol. 153. 2004: Lippincott Williams & Wilkins.

61. Kamali, A., et al., *Diffusion tensor tractography of the mammillothalamic tract in the human brain using a high spatial resolution DTI technique.* Scientific reports, 2018. **8**(1): p. 5229.

62. Kamali, A., et al., *Revealing the ventral amygdalofugal pathway of the human limbic system using high spatial resolution diffusion tensor tractography.* Brain Structure and Function, 2016. **221**: p. 3561-3569.

63. Deng, K., et al., *Whole-brain mapping of projection from mouse lateral septal nucleus.* Biology open, 2019. **8**(7): p. bio043554.

64. Kamali, A., L.A. Kramer, and K.M. Hasan, *Feasibility of prefronto-caudate pathway tractography using high resolution diffusion tensor tractography data at 3 T.* Journal of neuroscience methods, 2010. **191**(2): p. 249-254.

65. Cho, Z.-H., et al., *An anatomic review of thalamolimbic fiber tractography: ultra-high resolution direct visualization of thalamolimbic fibers anterior thalamic radiation, superolateral and inferomedial medial forebrain bundles, and newly identified septum pellucidum tract.* World neurosurgery, 2015. **83**(1): p. 54-61. e32.

66. Salgado, S. and M.G. Kaplitt, *The nucleus accumbens: a comprehensive review.* Stereotactic and functional neurosurgery, 2015. **93**(2): p. 75-93.

67. Robinson, T.E. and B. Kolb, *Persistent structural modifications in nucleus accumbens and prefrontal cortex neurons produced by previous experience with amphetamine.* Journal of neuroscience, 1997. **17**(21): p. 8491-8497.

68. Schmahmann, J.D., J. Schmahmann, and D. Pandya, *Fiber pathways of the brain*. 2009: OUP USA.

69. Schmahmann, J.D. and D.N. Pandya, *Cerebral white matter—historical evolution of facts and notions concerning the organization of the fiber pathways of the brain.* Journal of the History of the Neurosciences, 2007. **16**(3): p. 237-267.

70. Malpighi, M., *De viscerum structura exercitatio anatomica*. 1977: Apud Petrum Le Grand.

71. Clarke, E. and C.D. O'Malley, *The human brain and spinal cord: A historical study illustrated by writings from antiquity to the twentieth century*. 1996: Norman Publishing.

72. Tubbs, R.S., et al., *Félix Vicq d'Azyr (1746–1794): early founder of neuroanatomy and royal French physician.* Child's Nervous System, 2011. **27**: p. 1031-1034.

73. Gall, F.J., *Anatomie et physiologie du système nerveux en général, et du cerveau en particulier*. Vol. 3. 1818: Librairie Grecque-Latine-Allemande.

74. Casillo, S.M., D.D. Luy, and E. Goldschmidt, *A history of the lobes of the brain.* World neurosurgery, 2020. **134**: p. 353-360.

75. Broca, P., *Comparative anatomy of the cerebral convolutions: The great limbic lobe and the limbic fissure in the mammalian series.* Journal of Comparative Neurology, 2015. **523**(17): p. 2501-2554.

76. Yaşargil, M.G., U. Türe, and D.C. Yaşargil, *Impact of temporal lobe surgery.* Journal of neurosurgery, 2004. **101**(5): p. 725-738.

77. Klingler, J. and P. Gloor, *The connections of the amygdala and of the anterior temporal cortex in the human brain.* J Comp Neurol, 1960. **115**: p. 333-69.

78. Koutsarnakis, C., et al., *A laboratory manual for stepwise cerebral white matter fiber dissection.* World neurosurgery, 2015. **84**(2): p. 483-493.

79. Zhang, K. and T.J. Sejnowski, *A universal scaling law between gray matter and white matter of cerebral cortex.* Proceedings of the National Academy of Sciences, 2000. **97**(10): p. 5621-5626.

80. Carreiras, M., et al., *An anatomical signature for literacy.* Nature, 2009. **461**(7266): p. 983-986.

81. Türe, U., et al., *Fiber dissection technique: lateral aspect of the brain.* Neurosurgery, 2000. **47**(2): p. 417-427.

82. Klingler, J., *Erleichterung der makrokopischen Präparation des Gehirns durch den Gefrierprozess*. 1935: Orell Füssli.

83. Rubino, P.A., et al., *Three-dimensional relationships of the optic radiation.* Operative Neurosurgery, 2005. **57**(4): p. 219-227.

84. Choi, C., et al., *Meyer's loop and the optic radiations in the transsylvian approach to the mediobasal temporal lobe.* Operative Neurosurgery, 2006. **59**(4): p. ONS-228-ONS-236.

85. Berman, J.I., et al., *Diffusion-tensor imaging—guided tracking of fibers of the pyramidal tract combined with intraoperative cortical stimulation mapping in patients with gliomas.* Journal of neurosurgery, 2004. **101**(1): p. 66-72.

86. Kamada, K., et al., *Functional monitoring for visual pathway using real-time visual evoked potentials and optic-radiation tractography.* Operative Neurosurgery, 2005. **57**(1): p. 121-127.

87. Sun, C., et al., *Human Thalamic-Prefrontal Peduncle Connectivity Revealed by Diffusion Spectrum Imaging Fiber Tracking.* Front Neuroanat, 2018. **12**: p. 24.

88. Nardi, L., M.J. Schmeisser, and S. Schumann, *Fixation and staining methods for macroscopical investigation of the brain.* Front Neuroanat, 2023. **17**: p. 1200196.

89. Koutsarnakis, C., et al., *A Laboratory Manual for Stepwise Cerebral White Matter Fiber Dissection.* World Neurosurg, 2015. **84**(2): p. 483-93.

90. Catani, M. and M. Thiebaut de Schotten, *A diffusion tensor imaging tractography atlas for virtual in vivo dissections.* Cortex, 2008. **44**(8): p. 1105-32.

91. Kadri, P.A.d.S., *The Limbic Connections of the Brain*, in *The Cartographic Atlas of the Brain*. 2023, Springer. p. 129-193.

92. Skandalakis, G.P., et al., *Unveiling the axonal connectivity between the precuneus and temporal pole: Structural evidence from the cingulum pathways.* Hum Brain Mapp, 2024. **45**(9): p. e26771.

93. Rolls, E.T., *The functions of the orbitofrontal cortex.* Brain Cogn, 2004. **55**(1): p. 11-29.

94. Vogt, B.A., D.M. Finch, and C.R. Olson, *Functional heterogeneity in cingulate cortex: the anterior executive and posterior evaluative regions.* Cereb Cortex, 1992. **2**(6): p. 435-43.

95. Schoenbaum, G., M.R. Roesch, and T.A. Stalnaker, *Orbitofrontal cortex, decision-making and drug addiction.* Trends Neurosci, 2006. **29**(2): p. 116-24.

96. Barbas, H., *Connections underlying the synthesis of cognition, memory, and emotion in primate prefrontal cortices.* Brain Res Bull, 2000. **52**(5): p. 319-30.

97. *The Hippocampus Book*, ed. P. Andersen, et al. 2006: Oxford University Press.

98. Yeterian, E.H. and D.N. Pandya, *Prefrontostriatal connections in relation to cortical architectonic organization in rhesus monkeys.* J Comp Neurol, 1991. **312**(1): p. 43-67.

99. Duvernoy, H., *The Human Hippocampus: Functional Anatomy, Vascularization and Serial Sections with MRI*. 2005, Springer Science & Business Media.

100. Amaral, D. and P. Lavenex, *Hippocampal neuroanatomy.* 2007.

101. Vann, S.D., J.P. Aggleton, and E.A. Maguire, *What does the retrosplenial cortex do?* Nat Rev Neurosci, 2009. **10**(11): p. 792-802.

102. Swanson, L.W., *Cerebral hemisphere regulation of motivated behavior.* Brain Res, 2000. **886**(1-2): p. 113-164.

103. Aggleton, J.P. and M.W. Brown, *Episodic memory, amnesia, and the hippocampal-anterior thalamic axis.* Behav Brain Sci, 1999. **22(**3): p. 425-44; discussion 444-89.

104. LeDoux, J., *The amygdala.* Curr Biol, 2007. **17**(20): p. R868-74.

105. Tanriover, N., et al., *Microsurgical anatomy of the insula and the sylvian fissure.* J Neurosurg, 2004. **100**(5): p. 891-922.

106. Witelson, S.F., *Hand and sex differences in the isthmus and genu of the human corpus callosum. A postmortem morphological study.* Brain, 1989. **112 ( Pt 3)**: p. 799-835.

107. Hofer, S. and J. Frahm, *Topography of the human corpus callosum revisited--comprehensive fiber tractography using diffusion tensor magnetic resonance imaging.* Neuroimage, 2006. **32**(3): p. 989-94.

108. Catani, M., D.K. Jones, and D.H. ffytche, *Perisylvian language networks of the human brain.* Ann Neurol, 2005. **57**(1): p. 8-16.

109. Schmahmann, J.D. and D. Pandya, *Fiber pathways of the brain*. 2009: OUP USA.

110. Basser, P.J., J. Mattiello, and D. LeBihan, *MR diffusion tensor spectroscopy and imaging.* Biophys J, 1994. **66**(1): p. 259-67.

111. Mori, S. and P.C. van Zijl, *Diffusion weighting by the trace of the diffusion tensor within a single scan.* Magn Reson Med, 1995. **33**(1): p. 41-52.

112. Kinosada, Y., et al., *MR tractography--visualization of structure of nerve fiber system from diffusion weighted images with maximum intensity projection method.* Nihon Igaku Hoshasen Gakkai zasshi. Nippon Acta Radiologica, 1993. **53**(2): p. 171-179.

113. Behrens, T.E., et al., *Probabilistic diffusion tractography with multiple fibre orientations: What can we gain?* Neuroimage, 2007. **34**(1): p. 144-55.

114. Jeurissen, B., et al., *Diffusion MRI fiber tractography of the brain.* NMR Biomed, 2019. **32**(4): p. e3785.

115. Schilling, K.G., et al., *Limits to anatomical accuracy of diffusion tractography using modern approaches.* Neuroimage, 2019. **185**: p. 1-11.

116. Jones, D.K., T.R. Knösche, and R. Turner, *White matter integrity, fiber count, and other fallacies: the do's and don'ts of diffusion MRI.* Neuroimage, 2013. **73**: p. 239-54.

117. Martino, J. and E.M. De Lucas, *Subcortical anatomy of the lateral association fascicles of the brain: A review.* Clin Anat, 2014. **27**(4): p. 563-9.

118. Mormina, E., et al., *MRI Tractography of Corticospinal Tract and Arcuate Fasciculus in High-Grade Gliomas Performed by Constrained Spherical Deconvolution: Qualitative and Quantitative Analysis.* AJNR Am J Neuroradiol, 2015. **36**(10): p. 1853-8.

119. Yeh, F.C., et al., *Deterministic diffusion fiber tracking improved by quantitative anisotropy.* PLoS One, 2013. **8**(11): p. e80713.

120. Al-Hayani, A.A., et al., *Shellac: a non-toxic preservative for human embalming techniques.* 2011.