



**T. C.  
SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ  
BAKIRKÖY PROF. DR. MAZHAR OSMAN RUH SAğLIğI VE SİNİR  
HASTALIKLARI SAğLIK UYGULAMA VE ARAşTIRMA MERKEZİ  
NöROşİRüRJİ KLİNİğİ**

**HİPOKAMPUSUN İÇ MİMARİSİ VE KOMşULUKLARININ  
LİF MİKRODİSEKSİYONU İLE Ç BOYUTLU  
GÖSTERİLMESİ**

**Dr. Yaser ÖZGÜNDÜZ**

**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**İSTANBUL - 2022**





**T. C.  
SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ  
BAKIRKÖY PROF. DR. MAZHAR OSMAN RUH SAğLIğI VE SİNİR  
HASTALIKLARI SAğLIK UYGULAMA VE ARAşTIRMA MERKEZİ  
NöROşİRüRJİ KLİNİğİ**

# **HİPOKAMPUSUN İ MİMARİSİ VE KOMşULUKLARININ LİF MİKRODİSEKSİYONU İLE  BOYUTLU GÖSTERİLMESİ**

**Dr. Yaser ÖZGÜNDÜZ**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Necmettin TANRIÖVER**

**Uz. Dr. H. Burak GÜNDÜZ**

**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**İSTANBUL - 2022**

## TEŞEKKÜR

*Asistanlığım süresince gerek beyin cerrahisi pratiği gerek insani anlamda örnek aldığım, gelişimime büyük katkıda bulunan, desteğini her zaman arkamda hissettiğim, klinik şefimiz Prof. Dr. Erhan EMEL'e; eğitimimde önemli katkıları olan Op. Dr. Mustafa Levent UYSAL, Op. Dr. Müslüm GÜNEŞ, Doç. Dr. Murad ASİLTÜRK, Op. Dr. Özden Erhan SOFUOĞLU, Op. Dr. Hasan Burak GÜNDÜZ, Op. Dr. Talat Cem OVALIOĞLU, Doç. Dr. Ayşegül ÖZDEMİR OVALIOĞLU'na;*

*2. NRŞ Kliniği'nden Op. Dr. Bülent Timur DEMİRGİL, Op. Dr. Uzay ERDOĞAN, Doç. Dr. Abuzer GÜNGÖR ve Op. Dr. Yunus Emre DURMUŞ'a;*

*Bana nöroanatomi laboratuvarının kapılarını açan ve tezim üzerinde büyük emeği olan Prof. Dr. Necmettin TANRIÖVER'e;*

*Asistanlık sürecindeki mesai arkadaşlarım Op. Dr. İlhan AYDIN, Op. Dr. Rashid AVYASOV, Doç. Dr. Anas ABDALLAH, Op. Dr. N. Mert ÇIPLAK, Op. Dr. Fatih CESUR, Op. Dr. Sarper POLAT, Op. Dr. Gökhan CANAZ, Op. Dr. A. Emre TAÇYILDIZ, Op. Dr. İzzet DURMUŞALIOĞLU, Op. Dr. Zeynel A. TALMAÇ, Op. Dr. Ayşegül ESEN AYDIN, Op. Dr. Orhun M. ÇEVİK, Dr. S. Yağmur KARATAŞ OKUMUŞ, Dr. Mert BABUR, Dr. A. Safa KURŞUN, Dr. F. Melih KAPDAN, Dr. Fatih EKŞİ, Dr. Fikret ÖZTÜRK, Dr. Dilek KARADAĞ, Dr. Seyhun BAĞCI ve rahmetli Op. Dr. Ahmet AKBAŞ başta olmak üzere diğer 2. NRŞ asistanlarına;*

*Ameliyathane, servis ve polikliniklerde beraber çalıştığım anestezi uzman ve teknisyeni, hemşire, sekreter ve personel arkadaşlarıma;*

*Beni bu günlere getiren ve benim içim büyük fedakarlıklarda bulunan anneme, babama, bu zorlu süreçte sabırla yanımda olan, zorlukları çekilebilir kılan, canım eşim Ezgi ÖZGÜNDÜZ'e, evimizin neşe kaynağı oğlum Ali Efe ÖZGÜNDÜZ'e sonsuz teşekkürlerimi, saygılarımı ve sevgilerimi sunarım.*

Dr. Yaser ÖZGÜNDÜZ

İstanbul 2022

# İÇİNDEKİLER

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| TEŞEKKÜR .....                                | i   |
| İÇİNDEKİLER .....                             | ii  |
| KISALTMALAR .....                             | iv  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                            | v   |
| TABLO LİSTESİ .....                           | vi  |
| RESİM LİSTESİ .....                           | vii |
| ÖZET.....                                     | ix  |
| ABSTRACT .....                                | xi  |
| 1. GİRİŞ VE AMAÇ .....                        | 1   |
| 2. GENEL BİLGİLER.....                        | 3   |
| 2.1. EMBRİYOLOJİ .....                        | 3   |
| 2.2. TEMPORAL LOB .....                       | 6   |
| 2.2.1. Lateral Yüzey .....                    | 6   |
| 2.2.2. Superior Yüzey.....                    | 8   |
| 2.2.3. Bazal Yüzey .....                      | 8   |
| 2.2.4. Medial Yüzey .....                     | 8   |
| 2.3. TEMPORAL LOB AK MADDE LİFLERİ .....      | 11  |
| 2.3.1. Arkuat Fasikül .....                   | 11  |
| 2.3.2. Orta Longitudinal Fasikül .....        | 12  |
| 2.3.3. İnférieur Longitudinal Fasikül .....   | 12  |
| 2.3.4. Singulum .....                         | 12  |
| 2.3.5. Unsinat Fasikül .....                  | 12  |
| 2.3.6. İnférieur Frontookspital Fasikül ..... | 13  |
| 2.3.7. Anterior Komissür.....                 | 13  |
| 2.3.8. Optik Radyasyon.....                   | 13  |
| 2.3.9. Tapetum.....                           | 13  |
| 2.3.10. İnternal Kapsül.....                  | 14  |
| 2.4. HİPOKAMPUS İÇ YAPISI.....                | 14  |
| 2.4.1. Cornu Ammonis .....                    | 16  |
| 2.4.2. Dentat Girus .....                     | 21  |

|           |                                                                                 |           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.3.    | Subikulum .....                                                                 | 22        |
| 2.5.      | HİPOKAMPUS TOPOGRAFİK ANATOMİSİ .....                                           | 23        |
| 2.5.1.    | İntraventriküler Hipokampal Baş .....                                           | 23        |
| 2.5.2.    | Ekstraventriküler Hipokampal Baş .....                                          | 24        |
| 2.5.3.    | İntraventriküler Hipokampal Gövde .....                                         | 24        |
| 2.5.4.    | Ekstraventriküler Hipokampal Gövde.....                                         | 25        |
| 2.5.5.    | İntraventriküler Hipokampal Kuyruk.....                                         | 25        |
| 2.5.6.    | Ekstraventriküler Hipokampal Kuyruk .....                                       | 25        |
| 2.6.      | HİPOKAMPUSUN LİF YOLAKLARI .....                                                | 25        |
| 2.6.1.    | İntrinsik Lifler .....                                                          | 25        |
| 2.6.2.    | Ekstrinsik Lifler .....                                                         | 29        |
| 2.6.3.    | Komissüral Lifler .....                                                         | 30        |
| <b>3.</b> | <b>GEREÇ VE YÖNTEM.....</b>                                                     | <b>31</b> |
| <b>4.</b> | <b>BULGULAR.....</b>                                                            | <b>32</b> |
| 4.1       | TOPOGRAFİK ANATOMİ.....                                                         | 32        |
| 4.2       | LATERALDEN MEDİALE KADEMELİ DİSEKSİYON.....                                     | 41        |
| 4.3       | İNFERİORDAN SUPERİORA KADEMELİ DİSEKSİYON.....                                  | 63        |
| <b>5.</b> | <b>TARTIŞMA.....</b>                                                            | <b>79</b> |
| 5.1.      | YENİ BULGULAR: (TABLO 1-3).....                                                 | 79        |
| 5.2.      | HİPOKAMPUSUN İÇ YAPISI VE BAĞLANTILARI .....                                    | 83        |
| 5.3.      | TEMPORAL LOB KADEMELİ LİF DİSEKSİYONU; LİTERATÜR<br>IŞIĞINDA BULGULARIMIZ ..... | 84        |
| 5.4.      | HİPOKAMPUSA YÖNELİK CERRAHİ.....                                                | 88        |
| 5.5.      | HİPOKAMPUSA AİT LİFLER.....                                                     | 91        |
| 5.5.1.    | Hipokampal Komissür .....                                                       | 94        |
| <b>6.</b> | <b>SONUÇLAR.....</b>                                                            | <b>97</b> |
| <b>7.</b> | <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                          | <b>98</b> |

## KISALTMALAR

|               |                                                |
|---------------|------------------------------------------------|
| <b>AF</b>     | : Arkuat fasikül                               |
| <b>AKL</b>    | : Aksesuar kallozal lifler                     |
| <b>ATL</b>    | : Anterior temporal lobektomi                  |
| <b>DTI</b>    | : Diffusion Tensor Imaging                     |
| <b>İFOF</b>   | : İnférieur frontooksipital fasikül            |
| <b>İLF</b>    | : İnférieur longitudinal fasikül               |
| <b>İLS</b>    | : İnférieur limitan sulkus                     |
| <b>OLF</b>    | : Orta longitudinal fasikül                    |
| <b>PHG</b>    | : Parahipokampal girus                         |
| <b>St RLM</b> | : Stratum radiatum lakunozum molekölare        |
| <b>PLI</b>    | : Polarized Light Imaging                      |
| <b>SAH</b>    | : Selektif amigdalohipokampektomi              |
| <b>TSAH</b>   | : Transsylvian selektif amigdalohipokampektomi |
| <b>UF</b>     | : Unsinat fasikül                              |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1: Sol hemisfere lateralden bakış.....                                                       | 7  |
| Şekil 2: Sol hemisfere medialden bakış.....                                                        | 9  |
| Şekil 3: Sol medial temporal bölgeye bakış. ....                                                   | 10 |
| Şekil 4: Hipokampus iç yapısının genel görünümü.....                                               | 15 |
| Şekil 5 : Çizim ve yüksek tesla manyetik rezonans görüntü ile hipokampus gövde koronal kesiti..... | 17 |
| Şekil 6: Hipokampal formasyonun kısımlarına ait iki ve üç boyutlu görünüm.....                     | 20 |
| Şekil 7:Parahipokampal girus koronal kesit çizimi .....                                            | 22 |
| Şekil 8: Zeineh ve arkadaşlarının yaptığı hipokampus traktografi çalışması. ....                   | 27 |
| Şekil 9 : Hipokampus intrinsik ve ekstrinsik yolaklarının lif demetleri temelli ilişkileri. ....   | 82 |

## TABLO LİSTESİ

|                       |    |
|-----------------------|----|
| <b>Tablo 1:</b> ..... | 80 |
| <b>Tablo 2:</b> ..... | 81 |
| <b>Tablo 3:</b> ..... | 82 |



## RESİM LİSTESİ

|                 |    |
|-----------------|----|
| Resim 1:.....   | 32 |
| Resim 2 .....   | 33 |
| Resim 3 .....   | 34 |
| Resim 4:.....   | 36 |
| Resim 5.....    | 37 |
| Resim 6:.....   | 38 |
| Resim 7:.....   | 39 |
| Resim 8 :.....  | 40 |
| Resim 9:.....   | 41 |
| Resim 10:.....  | 41 |
| Resim 11:.....  | 42 |
| Resim 12:.....  | 43 |
| Resim 13:.....  | 43 |
| Resim 14:.....  | 44 |
| Resim 15:.....  | 44 |
| Resim 16:.....  | 45 |
| Resim 17:.....  | 45 |
| Resim 18:.....  | 46 |
| Resim 19:.....  | 46 |
| Resim 20:.....  | 48 |
| Resim 21:.....  | 48 |
| Resim 22:.....  | 49 |
| Resim 23 .....  | 50 |
| Resim 24:.....  | 51 |
| Resim 25:.....  | 51 |
| Resim 26:.....  | 52 |
| Resim 27:.....  | 52 |
| Resim 28:.....  | 53 |
| Resim 29:.....  | 53 |
| Resim 30:.....  | 54 |
| Resim 31:.....  | 55 |
| Resim 32 .....  | 55 |
| Resim 33:.....  | 56 |
| Resim 34:.....  | 57 |
| Resim 35:.....  | 57 |
| Resim 36:.....  | 58 |
| Resim 37: ..... | 58 |
| Resim 38: ..... | 59 |
| Resim 39:.....  | 59 |
| Resim 40:.....  | 60 |
| Resim 41:.....  | 61 |
| Resim 42:.....  | 62 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| <b>Resim 43:</b> ..... | 63 |
| <b>Resim 44:</b> ..... | 64 |
| <b>Resim 45:</b> ..... | 64 |
| <b>Resim 46:</b> ..... | 65 |
| <b>Resim 47:</b> ..... | 65 |
| <b>Resim 48:</b> ..... | 66 |
| <b>Resim 49:</b> ..... | 67 |
| <b>Resim 50:</b> ..... | 68 |
| <b>Resim 51:</b> ..... | 69 |
| <b>Resim 52:</b> ..... | 70 |
| <b>Resim 53:</b> ..... | 70 |
| <b>Resim 54:</b> ..... | 71 |
| <b>Resim 55:</b> ..... | 72 |
| <b>Resim 56:</b> ..... | 73 |
| <b>Resim 57:</b> ..... | 74 |
| <b>Resim 58:</b> ..... | 74 |
| <b>Resim 59:</b> ..... | 75 |
| <b>Resim 60:</b> ..... | 75 |
| <b>Resim 61:</b> ..... | 76 |
| <b>Resim 62:</b> ..... | 76 |
| <b>Resim 63:</b> ..... | 77 |
| <b>Resim 64:</b> ..... | 77 |
| <b>Resim 65:</b> ..... | 78 |

## ÖZET

### HİPOKAMPUSUN İÇ MİMARİSİ VE KOMŞULUKLARININ LİF MİKRODİSEKSİYONU İLE ÜÇ BOYUTLU GÖSTERİLMESİ

**Dr. Yaser ÖZGÜNDÜZ**

**Amaç:** Hafızanın oluşmasında esas role sahip olan ve Alzheimer ve epilepsi araştırmalarının odağındaki hipokampusun iç mimarisi lif mikrodiseksiyonu yöntemiyle gösterilebilir. Komşuluklarıyla beraber hipokampus iç mimarisinin ortaya konması cerrahi bilgimizi artırmasının yanında, görüntüleme yöntemleriyle ortaya konan konneksiyonel anatominin doğrulanmasını sağlayacaktır.

**Gereç ve Yöntem:** Klingler Yöntemi ile yapılan diseksiyonlar anaglif hale getirilip, üç boyutlu olarak incelenmiştir.

**Bulgular:** Cornu Ammonis'i oluşturan altı katman ve dentat girus mikrodiseksiyonlar ile ilk kez aynı çalışmada gösterildi. Hipokampusun intrinsik bağlantılarından perforan yolak, alvear yolak, endfolial lifler, Schaffer Kollateralleri, CA1'den subikulumuza uzanan, subikulumdan entorinal alana uzanan lifler üç boyutlu olarak ilk kez ortaya konuldu. Hipokampusun ekstrinsik bağlantılarından peririnal-entorinal alan arası ve posterior parahipokampus-entorinal alan arası kısa asosiasyon lifleri, fimbriya uzanan alveus lifleri ve hipokampal komissüre, aksesuar kallozal lif demetine uzanan alveus lifleri diseke edildi.

CA1-subikulum lifleri, subikulumdan fimbriya uzanan lifler, Schaffer Kollateralleri ve perforan liflerin CA1 girifikasyonlarına paralel seyrettiğini gösterdik. Girifikasyonlar haricinde perforan lifler Cornu Ammonis üzerinde uzun eksende longitudinal, subikulumdan fimbriya uzanan lifler ve Schaffer Kollateralleri ise anteroinferoateral ve posterosuperomedial bölge arasında seyrediyorlardı.

Angüler demetin devamlılığı insan beyninde ilk kez mikrodiseksiyonlar ile gösterilmiştir. Entorinal alan kaynaklı perforan liflerin ne kadar medialden köken alırsa o kadar hipokampus rostraline, buna karşın ne kadar lateralinden köken alırsa o kadar hipokampusun kaudaline uzandığını mikrodiseksiyonla doğruladık.

**Sonuç:** Bu çalışma hipokampusa ve bağlantılarına yönelik yapılmış ilk üç boyutlu lif mikrodiseksiyonu çalışmasıdır. Çalışmamızda yeni veriler sağladığımızı başka çalışmalara zemin hazırladığımızı düşünüyoruz.

**Anahtar Kelimeler:** Cornu Ammonis, Epilepsi, Entorinal Korteks, Forniks, Perforan Yolak, Subikulum.



## ABSTRACT

### THREE-DIMENSIONAL EXHIBITION OF THE HIPPOCAMPAL INTERNAL ARCHITECTURE AND ITS VICINITY BY FIBER MICRODISSECTION Dr. Yaser ÖZGÜNDÜZ

**Aim:** The hippocampus, the primary focus of Alzheimer's disease and epilepsy research, plays an essential role in the formation of memory. Revealing the internal structure and connections of the hippocampus via fiber microdissections will improve surgical understanding and validate the results of those revealed by imaging methods.

**Material and Methods:** Hemispheres were dissected via the Klingler's method and 3D images were obtained to present via anaglyph glasses.

**Results:** Six layers of cornu Ammonis and dentate gyrus were simultaneously demonstrated for the first time. The intrinsic connections of perforant, alvear and endfolial pathways, Schaffer collaterals, fibers from CA1 to subiculum and subiculum to entorhinal area were demonstrated for the first time. The extrinsic connections between the perirhinal-entorhinal and posterior parahippocampal-entorhinal areas were exhibited, in addition to the alveus fibers to the fimbria, hippocampal commissure and accessory callosal bundle.

Schaffer collaterals, fibers from CA1 to subiculum and subiculum to the fimbria, as well as those of perforant pathway ran parallel to the CA1 gyrifications. The perforant fibers along the extragyrfical regions passed longitudinally on the Cornu Ammonis. Subiculum fibers extending to the fimbria, and the Schaffer collaterals traversed in an anteroinferoateral to posterosuperomedial path.

The continuity of the angular bundle was demonstrated for the first time by fiber microdissections. Typically, more medially located perforant pathway fibers – arising from the entorhinal area – projected to the rostral regions along the hippocampus, in contrast to those fibers arising from the lateral compartment, which tended to project more caudally.

**Conclusion:** Our study presents the first 3D fiber microdissection results of the hippocampus and its connections and provides significant new data with the aim of laying the groundwork for other studies.

**Keywords:** Cornu Ammonis, Epilepsy, Entorhinal Cortex, Fornix, Perforant Pathway, Subiculum



# 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Lateral ventrikül temporal boynuzlarının inferomedialinde yerleşen, özünde dentat girus ve Cornu Ammonis adında iç içe dürülmüş iki laminadan oluşan yapıya “*hippocampus*” ismini veren kişi 16. Yüzyılda yaşamış olan anatomist ve cerrah Julius Caesar Arantius’dur. Yunanca kökenli bu terim denizatı demek olup, “*hippos*” at, “*kampos*” ise deniz canavarı demektir. İsmiyle müsemma olarak yukardan bakıldığında; kıvrımlı yapısı, baş ve kuyruğuyla deniz atını andırır. 18. yüzyılda Jacob Benignus Winslow bu yapıyı koç boynuzuna benzetmiş; yine çağdaşı Croissant de Garengot, Mısır mitolojik tanrısı Ammon’dan esinlenerek Cornu Ammonis adını bugünkü karşılığından farklı olarak tüm hipokampus için vermiştir (1). Modern literatürde, Cornu Ammonis terimi “*hippocampus proper*” yani esas hipokampus ile eş anlamlı kullanılır ve dentat girusu hariç tutar.

Hipokampusun dış yüzeyi ak madde içi ise çoğunlukla gri maddeden oluşur; filogenetik olarak en eski beyin kısımlarındandır. Hipokampal formasyon genelde üç yapıyı ifade eder: Dentat girus, Cornu Ammonis ve subikulum. Subikulum latince destek demek olup, hipokampusun medialinde yer alır. Bazı yazarlar hipokampal formasyon ifadesini daha da genişleterek entorinal korteksi de dahil ederler (1,2).

Yapılan laboratuvar çalışmaları, klinik gözlemler ve fonksiyonel görüntülemeler göstermiştir ki hipokampusun birçok görevi vardır: Kısa dönem deklaratif bellek, bağlamsal ilişkili bellek, epizodik bellek, koku ayırt etme ve uzaysal navigasyon (3). Uzaysal navigasyona yönelik hipokampustaki yer ve yön bulma hücrelerini ortaya koyan keşiflerinden ötürü John O’Keefe, May-Britt Moser ve Edvard Moser 2014 yılında Nobel Fizyoloji/Tıp Ödülü’nü almışlardır.

Hipokampusta nöral plastisite hayat boyunca devam etmektedir. Örneğin; major depresyon hastalığında hipokampus hacmi küçülürken, uzaysal hafızaya ihtiyaç duyan taksi sürücülerinde hipokampus hacminin artmış olduğu tespit edilmiştir (4, 5). Vasküler demans, Parkinson’a eşlik eden demans ya da Alzheimer Hastalığı’nda hipokampusun atrofiye olduğu ortaya konmuştur (6). Yine, şizofrenide hipokampus hacminin azaldığı bilinmektedir (7).

Hipokampusun da dahil olduğu mezial temporal lob olarak ifade edilen bölgenin kompleks fokal nöbetlerin ortaya çıkmasında etkili olduğu bilinmektedir (8).

Nöbetlerin amigdalohipokampus ve bitişik yapılardan kaynakladığı mezial temporal lob epilepsisi, ilaca dirençli epilepsinin en sık nedenidir (9). Etyolojide en sık hipokampal skleroz ortaya konmuştur (10). Hipokampal sklerozun eşlik ettiği mezial temporal lob epilepsili hastalar epilepsi cerrahisi için çok uygun hastalardır. Cerrahi tedavide genel kabul gören iki ana form vardır: mezial yapıların çıkarıldığı anterior temporal lobektomi ya da selektif amigdalohipokampektomi (11). Anterior temporal lobektomi sonrasında Meyer Döngüsü'nün hasarlanmasına bağlı olarak vakalarda %52-97'si gibi bir sıklıkta superior homonim kuadran anopsi şeklinde bir görme alanı defekti geliştiği bildirilmiştir (12). Benzer şekilde selektif amigdalohipokampektomi uygulamasında %30'lara varan superior homonim kuadran anopsi bildiren yayınlar vardır (13). Cerrahi sonrası hastalar nöbetsiz kalmakta ya da çok belirgin oranda nöbetleri azalmaktadır. Daha az invazif olan ve daha az komplikasyona neden olan stereotaktik lazer amigdalohipokampektomi ile tedavi edilen hastaların serilerinde ise cerrahiye göre postoperatif nöbetler biraz daha fazladır (14–17).

Literatürde insan kadavra hipokampus ve komşuluklarına yönelik mikrocerrahi diseksiyon çok kısıtlıdır. Sonuç olarak hipokampus ve komşuluklarının anatomisini daha detaylı ortaya koymak bize günümüzde üzerinde en çok araştırma yapılan alanlardan olan bu bölgeyi daha iyi anlamamızı, ayrıca cerrahi komplikasyonları azaltmamızı sağlayabilir.

Çalışmada amacımız hipokampus ve komşuluklarının konneksiyonlarını ve mikrocerrahi anatomisini incelemektir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. EMBRİYOLOJİ

Evrimsel yaklaşıma göre ilkel canlılar denizden karaya geçtiğinde sadece beyin sapı, hipotalamus ve striatuma (bazal ganglionlar) sahiplerdi; henüz herhangi bir duyu algılama kabiliyetine sahip değillerdi. Olfaktör lobları gelişen canlılar, çevrelerindeki dünyayı kokuyla algılamaya başladılar ve bir avantaj elde ettiler. Ancak koku bilgilerinin depolanması, tehlikeli ya da güvenli kokuların ayırt edilmesi gerekiyordu. Bu ihtiyaca binaen; koku duyusunun gelişmesini, hipokampus ve amigdalanın gelişmesi izledi. Neokorteks ise milyonlarca yıl sonra gelişecekti (18–20).

Embriyolojik olarak santral sinir sistemi oluşturan yapılar, kraniyalden kaudale doğru prozensefalon (ön beyin), mezensefalon (orta beyin), rombensefalon (arka beyin) ve medulla spinalis olarak sıralanır. Prozensefalon, rostralde telensefalonları ve mezensefalon proksimalinde diensefalonu oluşturur.

Telensefalon sinir sisteminin en ağır ve büyük kısmını yani serebral hemisferleri, subkortikal ak madde liflerini, bazal ganglionları, olfaktör sistemi ve bu tezin konusu olan hipokampal formasyonun dahil olduğu limbik ön beyin yapılarını oluşturacaktır.

Pallium (latince; pelerin) telensefalik veziküllerin çevresine verilen isimdir. Bu terim, bu yapı büyüdükçe diensefalon ve beyin sapını manto gibi çepeçevre sardığı için verilmiştir. Palliumun dışa bakan yüzeyi korteks olarak adlandırılır. Her iki telensefalik vezikülün dorsalinde birbirine bakan medial yüzeyleri medial pallium ya da archiopallium (latince “archie” eski, ilk, üstteki demektir) olarak adlandırılır. Bazaldeki pallium, paleopallium olarak adlandırılırken dorsal pallium, neopallium olarak adlandırılabilir (21). Anlaşıldığı üzere pallium yani korteks bölgeleri evrimsel bakış açısıyla adlandırılmıştır. Filogenetik olarak eski korteks kısımları arşio korteks (archiepallium’un kortikal yüzü) ve paleokorteks (paleopallium’un kortikal yüzü) olarak adlandırılırlar. İkisi için de allo korteks terimi ortak olarak kullanılır, bu terim adı altında hem olfaktör hem de hipokampal yapılar beraber değerlendirilir. Evrimle orantılı olarak hacimsel oranı artan ve insanda en yüksek hacimsel orana sahip olan neopalliumun dış yüzeyi olan neokorteks aynı zamanda

izokorteks olarak adlandırılır. Beyin yüzeyinde en çok alana sahip izokorteksin altı katmanlı multipl nöronal yapısına nazaran, üç katmanlı allokorteks çok daha az hacimsel oran oluşturur ve izokorteksten farklı olduğu için “allo” yani yabancı olarak adlandırılır (22). İzokorteks ile allokorteks arasındaki geçiş olan korteks yapısı mezokorteks olarak adlandırılırken, mezokorteksin allokortekse yakın kısmı periallokorteks, izokortekse yakın kısmı ise proizokorteks olarak adlandırılır (23). Subikulum allokortekse dahil iken, presubikulum, parasubikulum ve entorinal alan periallokortekse dahildir (24). Allokorteks bileşenlerinden arşioorteks hipokampal formasyonun öncülü iken diğer bileşen paleokorteks ise rhinencephalon yani koku beyin olarak tanımlanır ve olfaktör bulbus, anterior olfaktör nükleus, olfaktör tüberkül, septal, (pre)piriform alanları ve kısmen amigdalayı kapsar (25). Neokorteks; gelişimin sonraki basamaklarında aşırı büyüme gösterince, allokorteksi oluşturan bu yapıların hemisferlerin içine yani medial temporal bölgeye doğru yerleşmesine neden olacaktır (21).

Hipokampusun özelinde konuşmak gerekirse; bilateral telensefalon keseleri oluştuğunda, telensefalonun ortasında (telensefalon impar) lamina terminalisin ön ucu kalınlaşır ve komissüral plaka ortaya çıkar. Bu plaka iki hemisferin birbiriyle bilgi alışverişini yapmasını sağlayacak olan bağlantıları yani komissürleri oluşturacaktır. Buradan oluşacak olan üç önemli komissür; anterior komissür, korpus kallozum ve hipokampal komissürdür. Hipokampal komissür, forniseyal komissür ya da psalterium olarak da adlandırılır. Anterior komissür önce olfaktör bölgeleri sonra temporal neokorteksi birbirine bağlayacaktır. Beyindeki en önemli komissür olan korpus kallozum ise her iki hemisferin neopallium bölgelerini birbirine bağlayacaktır. Neopallium gelişirken korpus kallozum da büyüyecek, öne ve arkaya uzanarak talamus üzerinde bir çatı oluşturacaktır. Bu sırada da komissüral plakanın alt kısmı esneyerek septum pellucidumu oluşturacaktır (22,26).

Korpus kallozumun büyümesinden önce hipokampal formasyonun öncülü, telensefalik keselerin medial yüzeyinde lamina terminalisin ön ve yukarısında ortaya çıkmıştır. Nöral progenitörlerin çoğalması ve göçüyle hipokampusun yükseltisi oluşur. Hipokampus yanındaki marjinal zonun nöroblastlarca işgal edilmesi de dentat girusu oluşturur. Daha sonra telensefalonun tüm yönlerde ama özellikle kaudale ve rostrale doğru diensefalon ve insula etrafında C şeklinde sirküler büyümesiyle temporal lob

gelişir. Bu gelişme sırasında hipokampal formasyon paraterminal alandan arkaya doğru uzanır. Sonuçta hipokampal formasyonun kaudali temporal loba taşınır ve paleopalliuma ait piriform alanla birleşir. Korpus kallozum büyümesi sırasında hem öne hem arkaya uzarken, hipokampal formasyonunun rostral ucunun adeta içinden geçecektir. Korpus kallozumun dorsalinde dorsal kısım ve ventralinde ise ventral kısım olmak üzere hipokampal formasyon rostral ucundan iki kısma bölünecektir. Dorsalde ve önde olan kısım prekomissüral, dorsalde ve üstte olan kısım ise suprakomissüral hipokampus olarak adlandırılacaktır. Bu morfolojik isimlendirmeye göre temporal boynuza yerleşecek olan hipokampal formasyon ise retrokomissüral olarak tanımlanacaktır. Prekomissüral hipokampus, rudiment olarak tanımlanırken, suprakomissüral hipokampus indusium griseum adında bant şeklinde korpus kallozumu örten incecik bir gri maddeyi oluşturacaktır. Indusium griseum bilateral, aberran forniks olarak kabul edilen medial ve longitudinal stria adındaki beyaz fasiküllerle örtülüdür (22,26).

Prekomissüral hipokampus yakınındaki paraterminal girus, paraolfaktör girus yapıları da arşio Kortekse ait kabul edilir ve indusium griseum bunlarla da ilişkili olarak değerlendirilir. Korpus kallozumun hipokampal formasyonu bölerken ventralde oluşturduğu subkomissüral hipokampus, forniksi oluşturacaktır. Fimbrianın devamı olan forniks, hipokampal formasyonu septal bölge ve hipotalamusla bağlayacak olan liflerin oluşturduğu şerit şeklinde yapıdır (22).

Erişkin beyinde pre- ve suprakomissüral hipokampus küçük ve artık yapılar, mezial temporal loba yerleşen retrokomissüral hipokampus iyi gelişmiştir ve üç farklı yapıya farklılaşmıştır. Üçüncü ayın sonunda hipokampal formasyon uzun ekseninde spiral şeklinde kendi içine dörölmeye başlayacaktır. Bu spiral yapısı hipokampal sulkus (fissür) boyunca gelişecektir. Cornu Ammonis ve dentat girus laminaları arasında belirmeye başlayan hipokampal sulkus erişkinde bu iki lamina arasında histolojik kesitlerde zar zor seçilen kalıntı hipokampal sulkusu ve dentat girus ve subikulum arasındaki (superfisyal) hipokampal sulkusu oluşturacaktır (27). Bu oluşan rulo yapısıyla beraber, olgun (retrokomissüral) hipokampus, ventrikül temporal boynuzunun mediobazalinde rostrale doğru artan bir şişkinlik olarak son şeklini alacaktır. Korpus kallozuma göre yapılan morfolojik adlandırma, insanda gelişim sırasındaki göçü özne alır. Embriyolojik gelişim insanda gelişmiş bir temporal lob ve

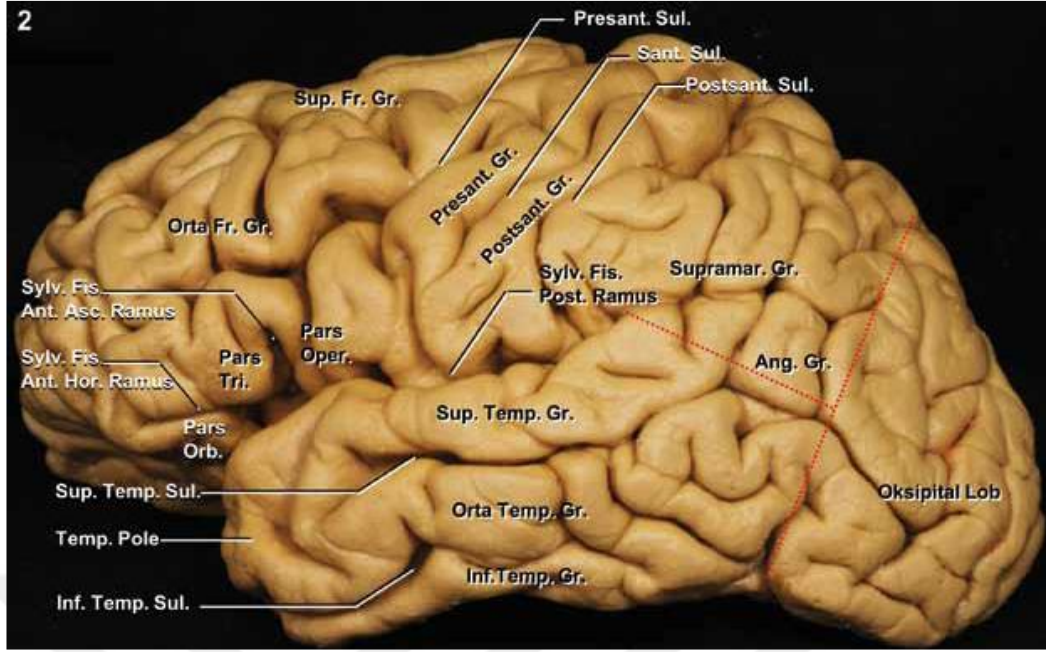
talamus ventralinde bir hipokampus oluşumuyla sonuçlanır. Maymun temporal lobu ve hipokampusu morfolojik ve histolojik ve fonksiyonel açıdan en çok benzerliğe sahiptir. Evrimsel olarak daha alt basamaklardaki türlerde, örneğin ratlarda hipokampus talamus dorsalinde (insana ve maymuna göre ters) yerleşmekle beraber insan ve maymun hipokampusuna histolojik ve fonksiyon açısından yine benzerlik gösterir (22,28). Makak maymunları, ayrıca rat ve tavşan gibi kemirgen canlılar hipokampusa ait çalışmalar da sıklıkla kullanılır.

## **2.2. TEMPORAL LOB**

Temporal lobun lateral, superior, bazal ve medial olmak üzere dört yüzeyi vardır.

### **2.2.1. Lateral Yüzey**

Lateral yüzeydeki belirgin kesiksiz bir yarık Sylvian Fissür, frontal lob ve paryetal lobun bir kısmını temporal lobdan ayırır (şekil 1). Parietooksipital sulkustan, preoksipital çentiğe çekilen hayali çizgi de (parietotemporal çizgi) temporal lobu oksipital lobdan ayırır. Sylvian Fissür'ün arka kenarından bu çizgiye başka bir hayali dik çizgi (temporo-oksipital çizgi) indirildiğinde ise yukarıda paryetal lobun geri kalan kısmı, aşağıda temporal lob kalır (29). Sylvian Fissür'e paralel, genellikle kesiksiz, superior ve genellikle kesikli inferior sulkuslar lateral yüzeyin üç girusunu oluşturur: Superior, orta ve inferior temporal giruslar. Bunlar rostralde birleşerek temporal polü oluşturur (20).



**Şekil 1:** Sol hemisfere lateralden bakış. Sylvian Fissür lateralde en göze çarpan yapıdır. Sylvian Fissür'ün superiorunda frontal ve pariyetal lob, inferiorunda temporal lob, posteriorunda oksipital lob yerleşir. Sylvian Fissür üzerindeki korteks, santral sulkusla ikiye ayrılır: Önde frontal lob ve arkada pariyetal lob. Frontal lob bu yüzeyde superior, orta, inferior ve primer motor alanı içeren presantral giruslardan oluşur. Santral sulkus hemen önünde presantral girus, bu girusun önünde de superior, orta ve inferior frontal giruslar birbirine paralel olarak sagittal yerleşirler. Inferior frontal girus pars orbitalis, pars triangularis ve pars operkularisten oluşur. Pars triangularis ve pars operkularis çoğunlukla Brodmann 44 ve 45. alanlarını içerir ve primer konuşma merkezine (Broca Alanı) denk gelir. Pariyetal lob; superior yüzeyde primer sensoryal alanı içeren postsantral girus, inferior ve superior pariyetal lobullerden oluşur. Inferior pariyetal lobül supramarginal ve angüler girustan oluşur. Temporal lob lateral yüzeyi Sylvian Fissür'e paralel seyreden superior orta ve inferior temporal giruslar ve bunların arasında yer alan superior ve inferior temporal sulkuslardan oluşur. Sensoriyel konuşma bozukluklarına neden olan Wernicke Alanı superior temporal girus arka üçte birinde yerleşir. Lateral temporal yüzeydeki giruslar en önde birleşerek temporal polü oluşturur. Medial hemisfer yüzeyinde uzanan parieto-oksipital sulkus ile preoksipital çentiği birleştiren lateral parietotemporal çizgi, oksipital lobu pariyetal ve temporal loblardan ayırır. Bu çizgiye Sylviyan Fissür'den indirilecek dik bir çizgi, temporo-oksipital çizgi, pariyetal ve temporal lobları ayırır. Resim ve açıklamalar Prof. Dr. Emin Özyurt editörlüğünde 2015 yılında yayınlanan "Düşük Dereceli Gliomalar ve Tedavileri" adlı kitaptan alınmıştır (30).

(Ang., angular; Ant., anterior; Asc., ascending; Fis., fissür; Fr., frontal; Gr., girus; Hor., horizontal; Inf., inferior; Oper., operkularis; Orb., orbitalis; Par., pariyetal. Presant., presantral; Postsant., postsantral; Sant., santral; Sul., sulkus; Sup., superior; Supramarg., supramarginal; Sylv., Sylvian; Temp., temporal; Tri., triangularis.

### **2.2.2. Superior Yüzey**

Superior yüzey önden arkaya üç bölümden oluşur: Görece düz yüzeyiyle planum polare, Heschl Girusu (anterior transvers girus) ve planum temporale (orta ve arka transvers giruslar). Bu yüzeyde insula ile temporal lob arasında yer alan inferior limitan sulkusun altındaki ak madde, temporal stem olarak adlandırılır. Temporal lob superiorda insulaya temporal stemle bağlanır. anterolateralde temporal stemin proksimalinde limen insula ile basal frontal loba, ayrıca anteromedialde amigdala ile globus pallidusa bağlanır (29). Inferior limitan sulkusun yukarıda sınırı posterior insular nokta, aşağıda temporal limen noktası olarak tanımlanmıştır. Temporal limen noktası inferior limitan sulkus ve limen insula kesişimi olarak tanımlanırken posterior insular nokta inferior limitan sulkus ve superior limitan sulkus kesişim yerini tanımlar (31).

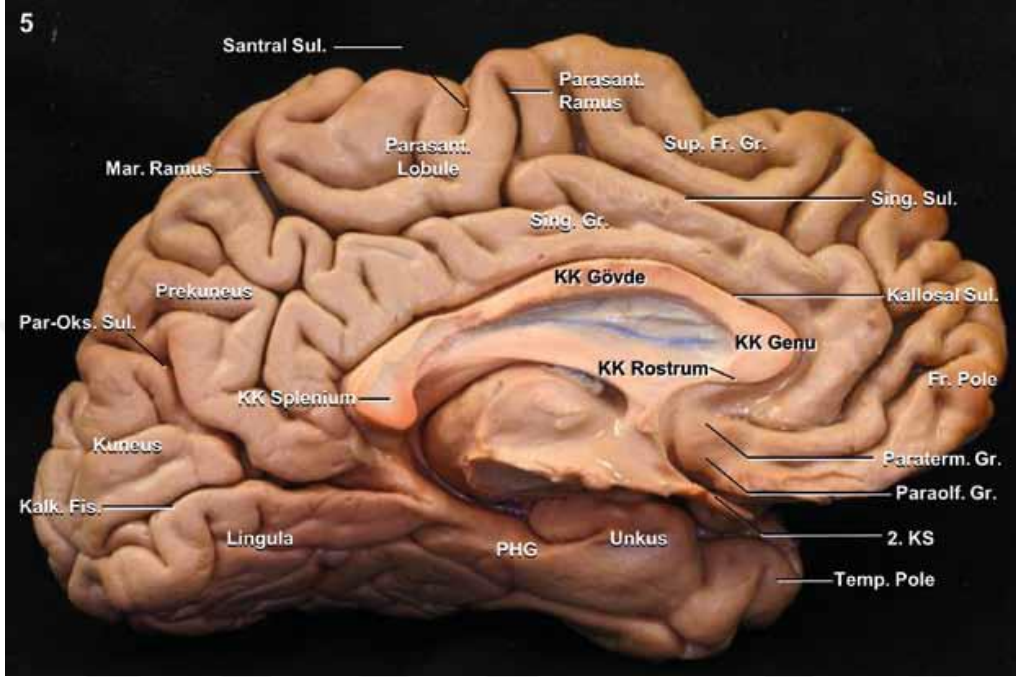
### **2.2.3. Bazal Yüzey**

Parietooksipital sulkusun aşağı ucundan preooksipital çentiğe çekilecek bazal parietotemporal çizgi temporal bazal yüzeyi oksipital bazal yüzeyden ayıracaktır (32). Bu yüzeyde medialde parahipokampal girus (PHG), ortada fusiform girus ve lateralde inferior temporal girus gözüktür. PHG bu yüzeyde beyin sapını çevreleyerek, oksipital lop medial ve bazal yüzeyindeki lingual girusla morfolojik olarak devam eder. Fusiform ve inferior temporal girus arasında oksipitotemporal sulkus, PHG ön kısmı ile fusiform girus arasında rinal sulkus, PHG'nin arka kısmı ile fusiform girus arasında da kollateral sulkus vardır. Kollateral sulkus altındaki parankim çok incedir ve ventrikülde kollateral eminense ve kollateral üçgene denk gelmektedir (33). Kollateral sulkus ve rinal sulkus bazen devamlılık gösterir ve filogenetik öneme haiz bu sulkuslar lateralde kalacak olan neokorteksin, medialde kalan allokorteksle kaba sınırını oluşturur ve mezokortekse ev sahipliği yapar (20). Rinal sulkus ve kollateral sulkusun ön tarafı, özellikle lateral sınırları tartışmalı olmakla beraber peririnal kortekse/alana ev sahipliği yapar (2, 34).

### **2.2.4. Medial Yüzey**

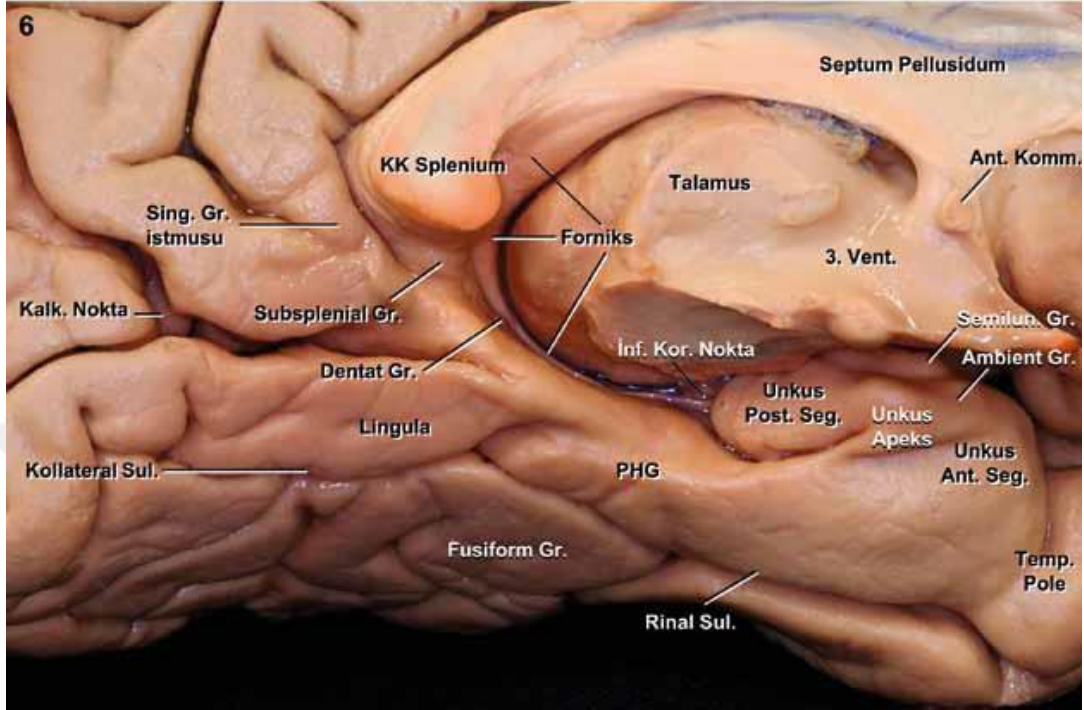
Burası görece az ama daha karmaşık bir alanı kapsar. Beyin sapı, talamus gibi kritik yapılara komşudur (şekil 2,3). Mezial temporal bölgenin sınırlarını önde rinal sulkusun yukarı ucu, arkada parietooksipital sulkusla kalkarin sulkusun birleştiği kalkarin nokta oluşturur. Unkusun anteromedialinde ambient girus hariç büyük kısmı tentoriuma oturur yukarda da endorinal sulkus ve optik traktus ile sınırlıdır (32,35). En

önemli yapısı PHG'dir. PHG bazal yüzeyde lingual girusla, medial yüzeyde singulat girusa ait istmusla devamlılık gösterir (20). İstmus aracılığıyla uzanan singulum PHG anterioruna uzandığı klasik bir bilgiyken, lingula aracılığıyla sledge runner fasikülünün PHG posterioruna uzanabildiği güncel bir bilgidir (36).



**Şekil 2:** Sol hemisfere medialden bakış. Üç nöronal halka hemisfer medial yüzeyini oluşturur: İçten dışa, korpus kallozum, singulat girus ve frontal, parietal ve oksipital lobların medial yüzeyi oluşturduğu halka. İki hemisferi birbirine bağlayan major komissüral lif olan korpus kallozum rostralden kaudale dört kısımda değerlendirilir: rostrum, genu, gövde ve splenium. Singulat girus rostrum altından başlayarak korpus kallozumu döner ve inceleyerek istmusu oluşturarak sonlanır. Singulat girusla korpus kallozum arasında kallozal sulkus, singulat girusla etrafındaki frontoparietooksipital medial korteks arasında önde singulat ve arkada subparietal sulkus vardır. Korpus kallozum rostrumunun inferiorunda paraolfaktör ve paraterminal giruslar yerleşir. Santral sulkus önünde frontal lob, santral sulkus arkasında parieto-oksipital sulkus ile arasında parietal lob medial yüzeyi olan prekuneus yerleşir. Parieto-oksipital sulkus arkasında oksipital lob medial yüzeyi yerleşir. Kalkarin fissür oksipital lob medial yüzeyini superiorda kuneus inferiorda lingula (lingual girus) olmak üzere ikiye böler. Kalkarin fissür ile parietooksipital sulkusun kesişim noktası kalkarin nokta olarak adlandırılır. Kalkarin fissürün derininde, altında ve üstünde vizüel kortikal merkez yerleşir. Resim ve açıklamalar Prof. Dr. Emin Özyurt editörlüğünde 2015 yılında yayınlanan "Düşük Dereceli Gliomalar ve Tedavileri" adlı kitaptan alınmıştır (30).

(2.KS., optik sinir; Fis., fissür; FR, frontal; Gr., girus; Kalk., kalkarin; KK.,korpus kallozum; Mar., marjinal; Par-oks.,parieto-oksipital; Parolf., paraolfaktör; Parasant., parasantral; Paraterm., paraterminal.; PHG., Parahipokampal girus; Sing., singulat; Sul., sulkus; Sup., superior; Temp., temporal.)



Şekil 3: Sol medial temporal bölgeye bakış. Singulat girus istmusu aracılığıyla PHG ile birleşir. PHG anteriorda kendi üzerine bükülerek unkal sulkusun yukarısında unkus oluşturur. Unkal sulkusun aşağısında entorinal alan vardır. Unkusun anterior ve posterior segmentleri ve bunların arasında mediale çıkıntı yapan unkal apeksi vardır. Anterior segment semilunar ve ambient giruslardan oluşur. Semilunar girus arka ve üstte yerleşir ve amigdalanın bir kısmını örter. Ambient girus önde ve inferiorda yerleşir ve histolojik olarak entorinal alanı içerir. Posterior unkus hipokampusun ektraventriküler başını barındırır. Koroidal fissür forniks (fimbria) ile talamus arasındadır. Posterior unkus posterioruna fimbria tutunur, buranın superiorunda koroidal fissürün bitiş noktası inferior koroidal nokta mevcuttur. Anterior koroidal arter, ventrikül temporal boynuzuna buradan girer. Resim ve açıklamalar Prof. Dr. Emin Özyurt editörlüğünde 2015 yılında yayınlanan “Düşük Dereceli Gliomalar ve Tedavileri” adlı kitaptan alınmıştır (30).

(Ant., anterior; komm., komissür; Gr., girus; inf., inferior; Kalk., kalkarin; KK. Korpus kallozum; Kor., koroidal; PHG., parahipokampal girus; Post., posterior; Segm., segment; Semilun., semilunar; Sul., sulkus; Temp., temporal; Vent., ventrikül.)

**2.2.4.1. Parahipokampal Girus:** Parahipokampal girus (PHG), anterior ve posterior olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Posterior kısım, dar ve uzun yapıda olup bunun

yüzeyi düz olan superior kısmı subikulum olarak adlandırılır. Subikulum ile hipokampus arasında (superfisyal) hipokampal sulkus vardır. Anterior kısım armuta benzetilerek piriform lob olarak adlandırılır. Bu lobun yukarı kısmı unkus ve aşağıdaki kısmı entorinal alan olarak adlandırılır. Unkus arkaya subikuluma doğru yaslanır ve aralarında unkal sulkus oluşur. Unkus anterior ve posterior olarak iki kısımda değerlendirilir; unkus en medialdeki unkal apeks bu kısımların sınırındır. Anterior kısmında semilunar ve ambient giruslar mevcuttur. Bunların arasında semianuler sulkus vardır. Semilunar girus amigdalanın kortikal nukleusunu örter ve endorinal sulkus ile anterior perforan maddeden ayrılır. Ambient girus altında, tentoryumun kenarının oluşturduğu iz unkal çentik olarak tanımlanır. Unkusun posterior kısmı ise hipokampusa aittir. Piriform lobun inferior yüzeyi entorinal kortekste çıplak gözle ayırt edilebilen pürüzlü görünüm tüm beyin korteksinde buraya hastır ve verrucae gyri hippocampi olarak adlandırılmıştır (28,37). Entorinal korteks histolojik olarak kaudalde lateral genikulat cisim ön sınırına kadar, medialde semianuler sulkusa kadar uzanır (ambient girus dahil olur). Yüzeyden itibaren altı lamina ile değerlendirilir (2).

### **2.3. TEMPORAL LOB AK MADDE LİFLERİ**

#### **2.3.1. Arkuat Fasikül**

Superior longitudinal fasikül (SLF) asosisasyon lifleri grubunda incelenir. SLF I, SLF II, SLF III sırasıyla medialden laterale frontal ve paryetal loblar arasında uzanırken, arkuat fasikül (AF) frontal lobdan temporale uzanır ve Broca ile Wernicke alanlarını birbirine bağlar. Bu fasikül ventral ve dorsal alt gruplara ayrılır. Ventral AF superior temporal girusun orta ve arka, orta temporal girusun orta kısmından başlayarak supramarginal girusa ulaşır. Daha sonra SLF III ile ilişkili seyrederek ventral premotor kortekste ve pars orbitalis hariç inferior frontal girusta sonlanır. Dorsal AF orta ve inferior temporal girusların posterior kısımlarından başlayarak angüler girusa uzanır, buradan SLF II ile ilişkili seyrederek orta frontal girus posteriorunda ve kısmen de ventral premotor korteks ve pars operkulariste sonlanır (38).

### **2.3.2 Orta Longitudinal Fasikül**

Temporal polde başlayıp, planum polareden planum temporaleye devam eder, transvers temporal giruslardan özellikle de Heschl Girusu'ndan lifler alarak angüler girusa uzanan bir asosiasyon lifidir. AF'nin derininde seyreder. Orta longitudinal fasikül (OLF), posterior insular noktada ikiye ayrılır. Anterior kısmı inferior frontooksipital fasikül (İFOF) üstünde yer alırken, posterior kısmı İFOF'a katılarak beraber seyreder (39).

### **2.3.3. Inferior Longitudinal Fasikül**

Inferior longitudinal fasikül (İLF) geçmişten günümüze tartışılmalıdır. Literatürde en güncel tanımlayıcı çalışma kadavra diseksiyonu ve diffusion tensör imaging (DTI) çalışmasıyla Latini ve arkadaşlarına aittir; inferior longitudinal fasikülün ventral ve dorsal kısmının olduğunu ifade eder. Ventral İLF anterior temporal bölgeden fusiform ve lingual girusa uzanır. Dorsal İLF anterior temporal bölge ile dorsolateral oksipital korteks arasında ve kuneus arasında uzanır (40,41).

### **2.3.4. Singulum**

Singulum, subkallozal frontal korteks ve paraterminal girusta başlar. Korpus kallozumun etrafında dolanarak (singulat girus akmaddesinde) presubikulum ve entorinal alana uzandığı, hem kısa hem uzun liflerden oluştuğu bildirilmiştir. Splenium sınır kabul edilerek superior ve inferior kısım olarak değerlendirilir (42,43).

### **2.3.5. Unsinat Fasikül**

Unsinat fasikül (UF), frontal ve temporal lob arasında kanca şeklinde uzanır. Ventromedial ve anterolateral kısımdan oluşur. Ventromedial kısım, amigdala ve PHG'yi frontal lob orbital yüzeyiyle, septal alanla ve nükleus akumbensle birleştirir. Anterolateral kısım ise frontal lob superolateralini, temporal pol yakınındaki lateral temporal giruslarla birleştirir (42–44).

### **2.3.6. İnför Frontooksipital Fasikül**

Unsinat fasikül ile beraber ventral eksternal kapsülü oluşturlar. İnför ve orta frontal girusların anterior ve orta kısmını temporal ve oksipital loblara bağlar (43).

### **2.3.7. Anterior Komissür**

Orbitofrontal, temporal ve oksipital lobları ve her iki amigdalayı bağlayan bir komissüral lif demetidir. Putamenin ön ve aşağısında yer alan bu lif demetinin anterior ve posterior bacağı vardır. Anterior bacak posterior orbital girusa, olfaktör nükleusa yönelenerek medial orbitofrontal bölgeye ulaşırken, posterior bacak temporal pol, amigdala ve oksipital loba ulaşır (33,45)

### **2.3.8. Optik Radyasyon**

Sağ/sol optik radyasyon vizüel alanın karşı yarısının vizüel liflerini kapsar. Devamlılık arz eden üç demet halinde değerlendirilir. Anterior demet öne ve laterale, santral demet laterale, posterior demet arkaya uzanır. Anterior demet, superior vizüel bilgiyi taşır, lateral genikulat cisim (LGC) inferiorundan çıkarak temporal boynuzun üzerinden anteriora geçer ve temporal boynuz ucunda Meyer Döngüsü'nü yaparak posteriora yönelir. Daha sonra lateral inferiorda seyrederek trigon ve oksipital boynuzdan geçerken ventrikülün altına döner ve kalkarin fissür alt dudağında sonlanır. Santral demet maküler lifleri taşır, LGC posteriordan çıkarak önce laterale yönelenerek temporal boynuzu çaprazlar, sonra geriye yönelir, trigon ve oksipital boynuz lateral duvarı ve çatısı boyunca geriye yönelenerek oksipital polde sonlanır. Arka demet inferior vizüel bilgiyi taşır, LGC superiordan çıkar trigon ve ve oksipital boynuz çatısına doğru yönelir ve kalkarin sulkus üst dudağına yayılır (44).

### **2.3.9. Tapetum**

Korpus kallozum splenium kısmından geçerek atrium ve temporal boynuz lateral duvarına yayılan komissüral liflerdir. Kaudat nükleusların komissüral

iletişiminde rol alır. Optik radyasyonun medialinde, ependimin lateralinde yer alır (42,43).

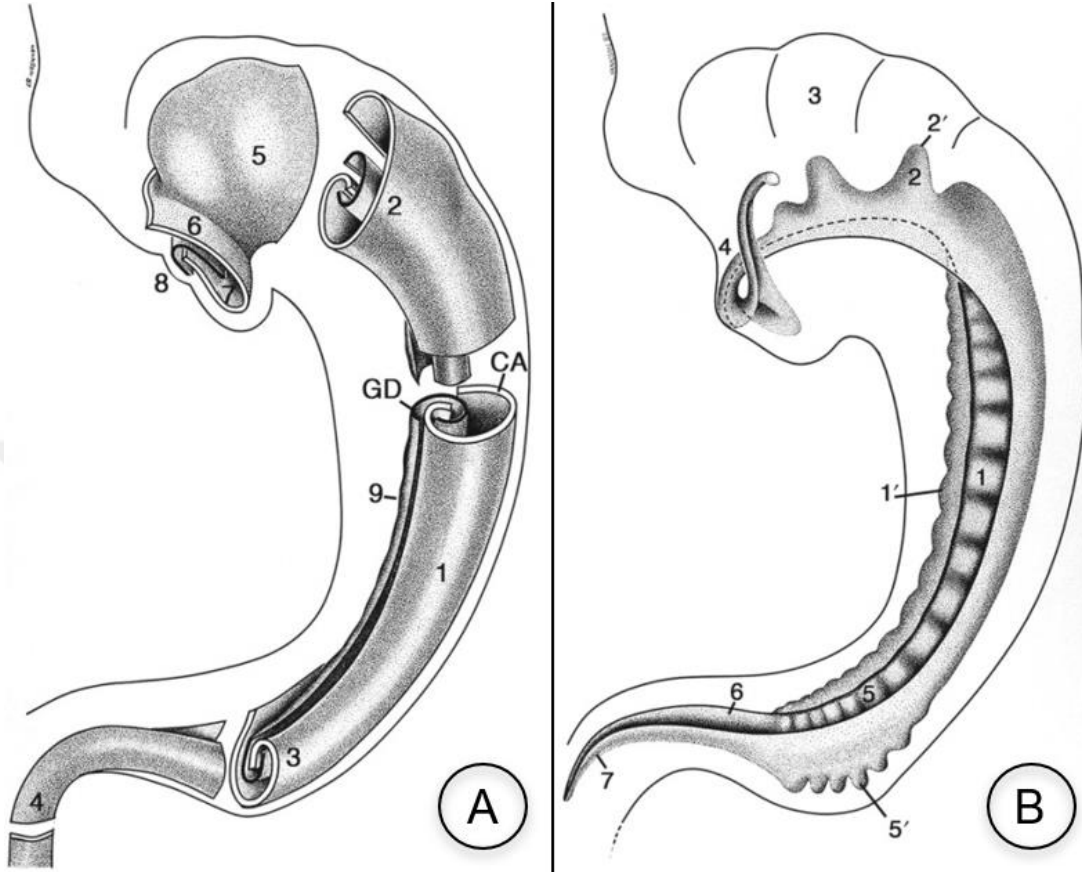
#### **2.3.10. İnternal Kapsül**

İnternal kapsül anterior, genu, posterior, retro- ve sublentiküler kısımlardan oluşan projeksiyon lifleridir. Anterior kısım; lentiküler nükleus ve kaudat başı arasında yerleşir. Posterior kısım lentiküler nükleus ile talamus arasında yerleşir. Genu kısmı, anterior ve posterior kısımların arasında en medialdedir. Retrolentiküler kısım lentiküler nükleus arkasında, sublentiküler kısım ise altında yerleşir. Retrolentiküler kısım parieto- ve oksipitopontin lifler ve posterior talamik pedünkülünden (parietooksipital talamik lifler) oluşur. Posterior talamik pedünkül/lifler optik radyasyon ve pulvinar ile parietooksipital korteks arasındaki lifleri içerir (33). Sublentiküler kısım temporopontin (Türk Demeti) ve oksipitopontin lifleri ve optik radyasyonun anterior kısmını (Meyer Döngüsü) ve odituar radyasyonu (temporopulvinar/inferior talamik pedünkül/Arnold lifleri) içerir (46,47)

#### **2.4. HİPOKAMPUS İÇ YAPISI**

Hipokampus birbiri içine dürülmüş iki tane laminadan oluşur; Cornu Ammonis ve dentat girus (şekil 4, 5). U şeklindeki her iki lamina da iç içe geçmiştir. Hipokampusun “C” şeklindeki kavsinden dolayı cismin koronal kesiti, baş ve

kuyruğun sagittal kesitleriyle benzerdir. İç yapısını anlamak için başvurulacak klasik koronal kesit cisme denk gelmezse anlaşılması çaba gerektirir.



**Şekil 4: A)** Hipokampus iç yapısının genel görünümü. Cornu Ammonis (CA) ve dentat girus (GD) birbirinin içine dürülen U şekilli laminaları oluşturur. 1 hipokampal gövde. 2 hipokampal baş. 3 hipokampal kuyruk. 4 kuyruk terminal kısmı. 5 hipokampal dijitalasyon. 6 vertikal dijitalasyon. 7 unkus medial yüzünde Cornu Ammonis ve dentat girus. 8 Giacomini Bandı. 9 margo dentikulatus. **B)** Şeffaf hipokampus içinde dentat girus. 1 hipokampal gövdeye ait dentat girus. 1'margo dentikulatus. 2 hipokampal başta dentat girus. 2' dentat girusun dijital uzantıları. 3 hipokampal dijitalasyon. 4 Giacomini Bandı ve unkus medial yüzeyinde dentat girusun terminal kısmı. 5 hipokampal kuyrukta dentat girus. 5' dentat girusun dijital uzantıları. 6 fasciola cinerea. 7 fasciola cinerea terminal kısmı. Şekil; Duvernoy H., Cattin F., Risold P. adlı yazarların "The Human Hippocampus: Functional Anatomy, Vascularization, and Serial Sections with MRI" adlı kitabının, (2013) dördüncü edisyonundan alınmıştır (28).

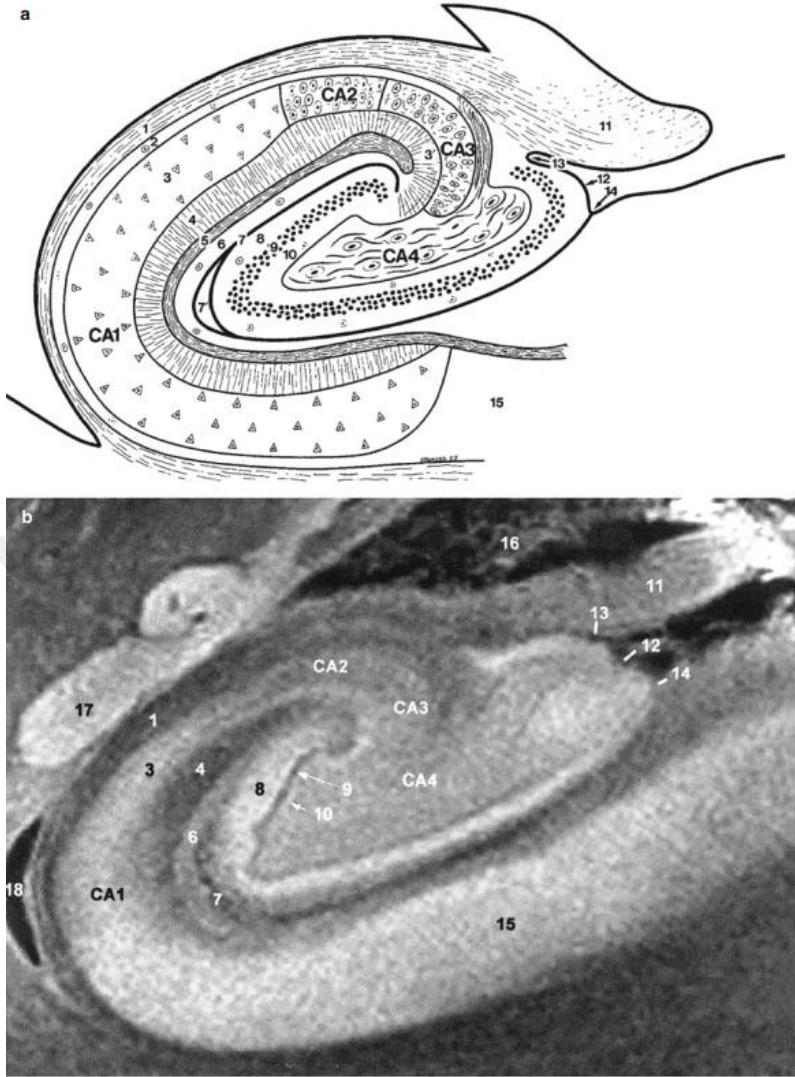
Neokorteks altı katmanlı yapısıyla kompleks kabul edilirken, allokortekse dahil esasen üç katmanlı Cornu Ammonis ve dentat girus daha basit kabul edilir (2,28). Hipokampus ve subikulum beraber hipokampal formasyonu oluşturur.

#### **2.4.1. Cornu Ammonis**

Ventrikülden, kalıntı hipokampal sulkusa doğru, Cornu Ammonis altı katmanda detaylıca incelenebilir: alveus, stratum oriens, stratum pyramidale, stratum radiatum, stratum lakunozum ve stratum molekülare. Embriyolojik gelişimden ötürü ventrikül derin, kalıntı hipokampal sulkus yüzeysel taraf olarak kabul edilir. Allokorteksin embriyolojik olarak üç katman olduğu kabul edildiğinden bazı araştırmacılar altı katmanı üç gruba indirgemıştır. Stratum oriens, stratum pyramidale ve stratum radiatum, stratum lakunozum, stratum molekülarenin (st RLM) oluşturduğu moleküler zon (48,49).

Alveus, hipokampus etrafını saran aksonlardan oluşur. Hipokampus ve subikulum eferent liflerini ayrıca medial septal nükleustan gelen aferent lifleri içerir. Bu lifler fimbriaya katılırlar. CA1'den subikuluma uzanan lifler, entorinal alandan hipokampusa uzanan alvear lifler ve komissüral lifler alveusun yapısına katılırlar (28,50–52).

Stratum oriens, basket hücreleri olarak adlandırılan saçılmış sinir hücrelerinden oluşur. İncecik, zarımsı, sınırı belirsiz bu yapıyı stratum pyramidalede yerleşik nöronların aksonları transit geçer. Burada transit geçen liflerin yanı sıra Schaffer Kollateralleri ve endfolial lifler ve CA1'den subikuluma uzanan lifler bildirilmiştir (51,53,54).



**Şekil 5: (a, b)** çizim ve yüksek tesla magnetik rezonans görüntü ile hipokampus gövde koronal kesiti. Cornu Ammonis: 1 alveus. 2 stratum oriens. 3 stratum pyramidale. 3' stratum lusidum. 4 stratum radiatum. 5 stratum lakunozum. 6 stratum molekölare. 7 kalıntı hipokampal sulkus (rezidüel kavitesine dikkat. 7'). Dentat girus: 8 stratum molekölare. 9 stratum granülozum. 10 polimorfik katman. 11 fimbria. 12 margo dentikulatus. 13 fimbriodentat sulkus. 14 (superfisyal) hipokampal sulkus. 15 subikulum. 16

koroid pleksus. 17 kaudat nükleus kuyruğu. 18 lateral ventrikülün temporal boynuzu. Şekil; Duvernoy H., Cattin F., Risold P. adlı yazarların "The Human Hippocampus: Functional Anatomy, Vascularization, and Serial Sections with MRI" adlı kitabının, (2013) dördüncü edisyonundan alınmıştır (28).

Stratum pyramidale, adını barındırdığı piramit şeklindeki tabanı alveusa bakan nöronlardan alır, bu nöronlar Cornu Ammonis'in esas yapıtaşdır. Proksimalde çatallanan aksonlar bu piramidin tabanından çıkarak alveusa ulaşırlar. Piramidal hücreler esasen prekomissüral forniksle lateral septal nükleusa eferent lifler gönderir ve medial septal nükleustan aferent lifler alırken, bazıları da diğer piramidal nöronlara asosiyasyon liflerini oluşturur hatta karşı hipokampus ile iletişim sağlayabilecekleri ileri sürülmüştür (55). CA3'ten CA1'e yönelen Schaffer Kollateralleri'ne ait akson grubu da stratum oriens, stratum radiatumun yanında stratum pyramidalede de tespit

edilmiştir (53). Angüler demetin alvear yolağına ait lifler CA1 seyirleri sırasında piramidal katmanı transit geçerler (50). Piramidal nöronun hem apeksinden hem de tabanından dentritler çıkar; apekten çıkanlar stratum lakunozumu aşarak stratum molekülareye ulaşırken, tabandan köşelerinden çıkan dentritler stratum orienste dallanır. Öte yandan stratum orienste ki basket hücrelerinin yoğun dalları da bu piramidal nöronları çevreler (28).

Stratum radiatum, piramidal nöronların apikal dendritlerince oluşturulmuştur. Bunların paralel tertibi çizgili, radial görüntü oluşturur. Burada apikal dendritler Schaffer Kollateralleri'yle, medial septal nükleus aferent lifleriyle ve komissüral liflerle iletişimlidir (28).

Stratum lakunozum ve molekülarede piramidal hücre dentritlerinin terminal dallanmaları vardır (1). Stratum lakunozum piramidal katmana stratum molekülare dentat girusa bitişiktir. Stratum lakunozum ve molekülaredeki Cornu Ammonis yüzeyine paralel seyreden aksonlar bu dentritlerle sinaps yaparlar (28). Bunlar esasen angüler demetin perforan lifleri tarafından oluşturulur (56,57).

Cornu Ammonis'in stratum molekülaresi, dentat girusun stratum molekülaresi ile kısmen kaynaşır. Stratum molekülare, internöron olduğu kabul edilen az sayıda nöron içerir. Piramidal nöron apikal dendritlerinin dallanmaları buradadır (21,28). Perforan lifler bu tabakada da bulunur (28,56).

Lorente de No histolojik farklardan yola çıkarak Cornu Ammonis'i CA1, CA2, CA2, CA3 ve CA4 olmak üzere dört alt kısımda değerlendirmiştir (48). Günümüzde bazı araştırmacılar CA4'ü de CA3'e ait kabul ederek CA1, CA2, CA3 şeklinde değerlendirirler (1,2). Dentat girusa yakın kısım proksimal, subikuluma yakın kısım distal olarak kabul edilir.

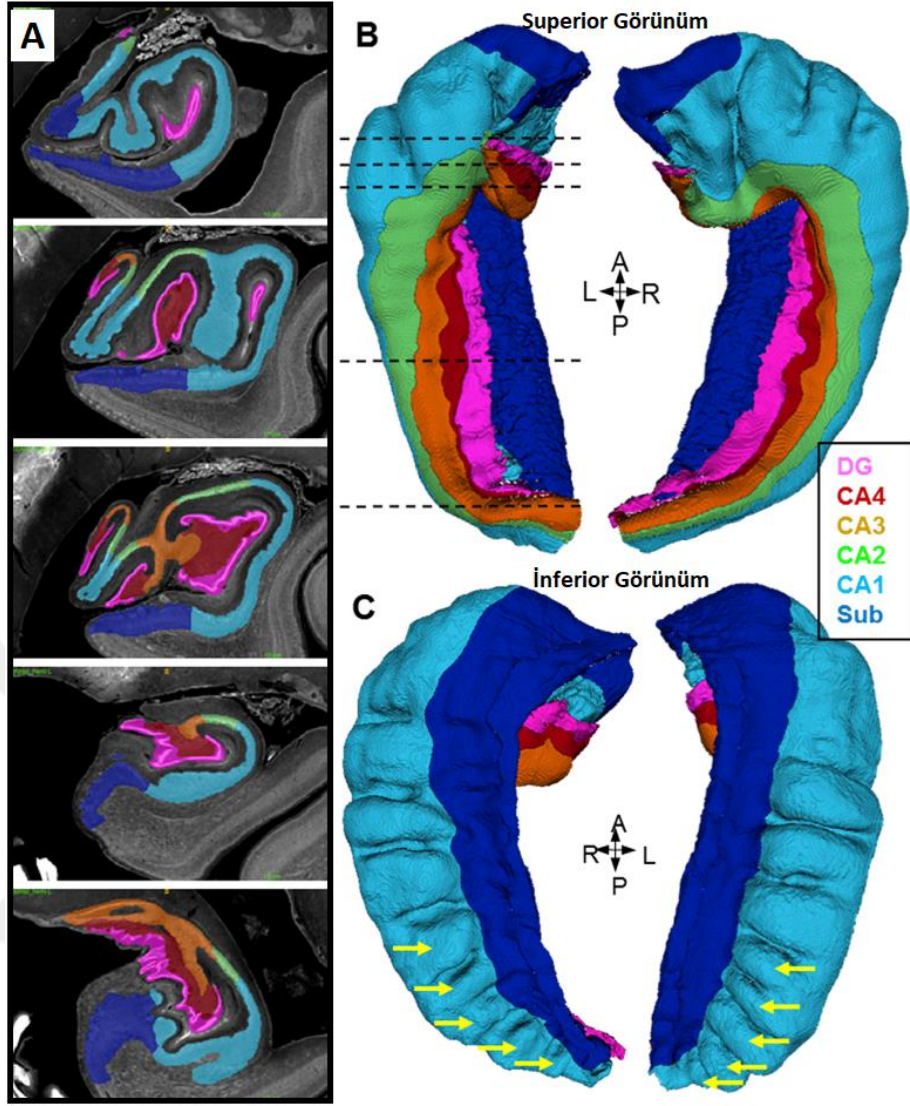
CA1, distalde yine piramidal hücreler içeren subikular komplekse ait prosubikuluma devam eder. Koronal histolojik kesitlerde aralarında oblik bir sınır fark edilir. CA1'e ait piramidal nöron gövdesi iki boyutlu histolojik kesitlerde diğer tüm alt kısımlardan farklı olarak üçgenimsi gözüktür. Hücre gövdeleri küçük birbirlerinden uzaktır (58). İnsanlara ait histolojik kesitlerde CA1 bölgesi diğer Cornu Ammonis bölümlerine nazaran daha kalın ve geniştir, aynı zamanda insanlarda oransal olarak en çok farklılaşan ve büyüyen hipokampus alanıdır. İlginçtir ki hipoksiye karşı da en hassasıdır (53,59). CA1 bölgesinde derin ve yüzeyel olarak iki alt katman ayırt

edilebilir. Stratum oriens tarafındaki derin katman görece az nörona sahip iken, yüzeyel alt katman daha yoğundur (60). Hipokampal formasyonun uzun ekseninde görülen anteroposterior katlanmalar (girifikasyonlar) en belirgin bu kısımdadır (şekil 6) (61).

CA2’de tipik form yoktur; yapıcı iri, ovoit ve birbirine yakın nöronlardan oluşur. Varlığı insan ve maymuna özgüdür (52). Koronal kesitlerde ince olması CA1 ve CA3 arasında fark edilmesini sağlar.

Cornu Ammonis’in, dentat girusun oluşuna girerken yaptığı dirsek, CA3’e denk gelir. Piramidal nöron şekli iri ve ovoittir ve birbirlerine uzaktır. Dentat girustan gelen miyelinsiz yosunsu liflerin varlığı CA3’ün spesifik özelliğidir. Bu lifler piramidal nöron gövdesini çevrelerken stratum radiatum tarafında yoğunlaşırlar. Oluşan ek katman stratum lusidum olarak adlandırılır ve CA3’ün karakteristiğidir (53).

Cornu Ammonis’in dentat girus oluşundaki ucu CA4 olarak adlandırılır. Diş macununun tüpten taşması gibi CA4 diğer periferik katmanları olmaksızın bu oluşu doldurur. CA4, dentat girus polimorf katmanına bitişiktir. CA4 nöronları ovoit ve en iri ve olup sayıca azdır ve birbirine uzaktır. CA3’e kadar uzanan miyelinsiz yosunsu lifler CA4’te de yoğun olarak bulunur (28,57).



**Şekil 6:** Hipokampal formasyonun kısımlarına ait iki ve üç boyutlu görünüm. CA4, CA3, CA2, CA1 ve subikulum piramidal hücre katmanları ayrıca dentat girus ayrı renklerle gösterilmiş. A) sol hipokampal formasyon koronal görüntüleri; her renk farklı bir kısmı gösteriyor. Yukarıdan aşağı 1-3. sıra baş, 4. sıra gövde, 5. sıra kuyruğa aittir. B) ve C) 3 boyutlu hipokampal formasyon modeli superior ve inferior görünür görünümü. A'daki koronal görüntülerin denk geldikleri kısımlar B'de yukarıdan aşağı sırayla siyah kesikli çizgiyle gösterilmiş. CA1 bölgesinde dişli yapı (girifikasyon, dijitasyon) belirgindir ve baştan kuyruğa doğru küçülür, sarı oklar küçülen dişleri göstermektedir. DeKraker ve arkadaşlarına ait 2020 yılında yayınlanan "Hippocampal subfields revealed through unfolding and unsupervised clustering of laminar and morphological features in 3D BigBrain" adlı makaleden alınmıştır (61).

#### 2.4.2. Dentat Girus

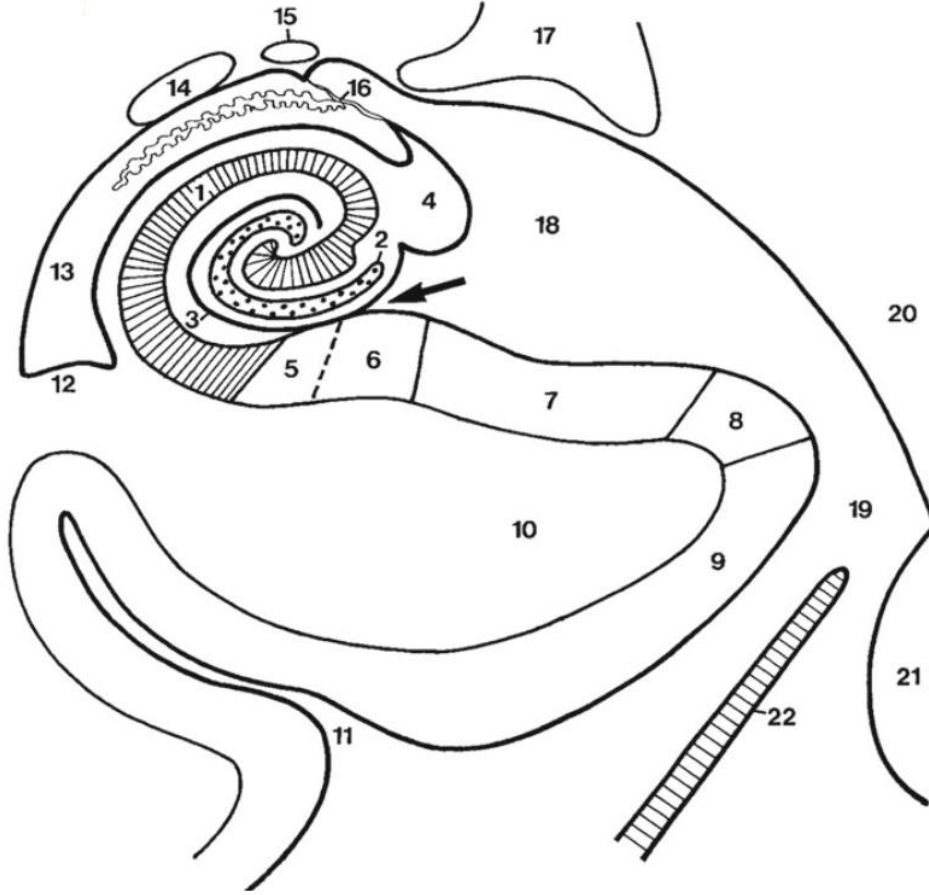
Hipokampal cisimin koronal kesitlerinde Cornu Ammonis'e göre görece dar açıklığı yukarı bakan oluk şeklinde bir laminadır. Oluşturduğu oluk yapısı CA4'ü sarmalar. Dentat girus CA1-3'ten kalıntı hipokampal sulkusla ayrılır. İkisini ayırt etmek için bu sulkus elzemdir, ancak distal uçta aralarındaki sınırı anlamak imkansız olur (37).

Dentat girusa ait dar bir kısım subikulumda çıplak gözle görülebilir. Margo dentikulatus olarak adlandırılan bu yapı insanda karakteristik olarak dişli yapıdadır ve primitif korteksin bittiği sınırı kabul edilir (62). Margo dentikulatustaki dişler ortada büyüktür ve rostrale ve kaudale doğru küçülürler (28). Subikulum ile arasında (superfisyal) hipokampal sulkus vardır. Fimbria ile arasındaki sulkus ise fimbriodentat sulkus olarak adlandırılır.

Dentat girus, Cornu Ammonis'e göre daha da basit yapıdadır, allokorteksin üç katmanı kolayca görülür. Stratum molekülare, stratum granülozum, ve polimorfik katman. Granüler nöron gövdeleri içeren stratum granülozum esas katmanıdır. Küçük, yuvarlak ve birbirine yakın hücreler kolayca ayırdını sağlar. Stratum molekülaresi kalındır ve Cornu Ammonis' ait stratum molekülareden kalıntı hipokampal sulkus ile ayrılır. (Superfisyal) hipokampal sulkus yakınındaki dış üçte ikisi perforan yolaktan lifler alır. İçerdeki üçte bir ise stratum granulosumla bitişiktir ve komissüral ve septal liflerce işgal edilmiştir. Granüler nöron aksonları polimorf katmandan CA4'e geçiş yaparlar. Moleküler ve polimorfik katmanlarda az sayıda internöronlar ve granüler hücre dentritleri vardır (1,28).

Dentat girusun polimorf ve moleküler iç üçte bir katmanında dentat girusu sagital ve koronal sarmalayan, dentat girusu ayrıca radial olarak aşan miyelinli yosunsu hücre (yosunsu liflerle ilişkisiz) aksonları vardır. Bunların dentat girusun iç iletişimi sağlayan asosiasyon sistemi olduğu düşünülmüştür. Ayrıca dentat girusun hilusunda miyelinden fakir lifler vardır ve dentat girusun yosunsu miyelinsiz lifleri CA4'e ve CA3'e, CA2 sınırına kadar uzanır (57).

### 2.4.3. Subikulum



**Şekil 7:** 1 Cornu Ammonis. 2 Girus dentatus. 3 kalıntı hipokampal sulkus. 4 fimbria. 5 prosublikulum. 6 esas subikulum. 7 presublikulum. 8 parasublikulum. 9 entorinal alan. 10 parahipokampal girus. 11 kollateral sulkus. 12. kollateral eminens. 13 temporal boynuz. 14 kaudat nükleus kuyruğu. 15 stria terminalis. 16 koroid fissür ve koroid pleksus. 17 lateral genikülat cisim. 18 transvers fissür lateral kısmı (ambient sistern kanadı). 19 ambient sistern. 20 mezensefalon. 21 pons. 22 tentorium serebelli. ok işareti (superfisyal) hipokampal sulkusu gösteriyor. Şekil; Duvernoy H., Cattin F., Risold P. adlı yazarların “The Human Hippocampus: Functional Anatomy, Vascularization, and Serial Sections with MRI” adlı kitabının dördüncü edisyonundan (2013) alınmıştır (28).

Subikulum, hipokampusa değil ancak hipokampal formasyona aittir. Koronal ekseninde Cornu Ammonis’in proksimal bitişiği dentat girus, distalde devamı subikulumdur. CA1’e ait stratum radiatumun ucu Cornu Ammonis ile subikulum arasındaki sınırdır (48).

Subikulum (subiküler kompleks) hücre mimari açısından dört kısımda incelenebilir: Proksimalden distale; prosublikulum, esas subikulum, presublikulum ve

parasubikulum. En proksimaldeki prosubikulum dentat girusun altındadır ve kimi yazarlar varlığını reddederek esas subikuluma dahil eder (2). Esas subikulum, kısmen dentat girus tarafından saklanmıştır. Esas subikulumun distalindeki presubikulum küçük superfisyal piramidal nöron kümeleri halinde oluşmuştur, kesitlerde benekli görünüşü özelliğidir. Parasubikulum; PHG'nin medial kenarından girusun entorinal alanına ilerler (28). Kaudalde lateral genikülat cisim önü sınır kabul edilir. Presubikulumun kaudal sınırı ise belirsizdir (2).

Subikulum üç katmanda değerlendirilir; yüzeyde moleküler zon ortada kalın bir piramidal katman ve derinde polimorf tabaka (63). Subikulum entorinal alandan girdi ve çıktı aldığı gibi septal kompleks, nükleus akumbens, anterior talamus, mamiller nükleusa yapılan projeksiyonun major kaynağıdır (2).

## **2.5. HİPOKAMPUS TOPOGRAFIK ANATOMİSİ**

Hipokampusun uzunluğu farklı bireylerde 4 ila 5 cm arasında değişken olup, cinsiyetler arasında anlamlı fark yoktur (64). Baş, gövde, kuyruk olmak üzere üç kısımda değerlendirilir. Her kısmın temporal boynuzda intraventriküler kısmı olduğu gibi, ayrıca hacimce daha az ektraventriküler kısımları da vardır. Horizontal düzlemde, bilateral hipokampus baş kısımları birbirine bakarak durur, kuyruk kısımları için de benzer durum söz konusudur, şu farkla ki kuyruk kısmı ayrıca yukarı eğim kazanarak yükselir. Gövde kısımları ise sagittale yönelmiştir. Hipokampusun iç yapısı farklı kısımlarda aynıdır. Cornu Ammonis baş, cisim ve kuyrukta benzer yapıdadır. Girus dentatus devamlı U biçimli lamina oluşturur, Cornu Ammonis buraya girer (28).

### **2.5.1. İntraventriküler Hipokampal Baş**

En hacimli kısım olan intraventriküler hipokampal başın ayırt edici özelliği koroid pleksusdan yoksun olması ve kedi patisini andıran görünümüyle “digitationes hippocampi” yani hipokampal dijitalasyonlardır. Hepsi birden pes hippocampi olarak adlandırılır. Genelde 3-4 dijitalasyon vardır (62). Hem dentat girus hem Cornu Ammonis tarafından şekillendirilen sagittale yerleşimli bu yapılar, Retzius'un tanımıyla ventrikülün içinde oldukları için internal dijitalasyon olarak tanımlanırlar. Başın

medialinde bazan vertikal dijitalasyon da dahil olur. Hipokampal başta dentat girusun oluğu kaudale bakar (28).

### 2.5.2 Ekstraventriküler Hipokampal Baş

Unkusun posterior kısmı, önde unkal (rostral) subikulumu arkada hipokampal başın ekstraventriküler kısmını içerir. Fimbria unkusun en arkasına tutunur, burası intralimbik girus olarak adlandırılır. Posterior unkusun medial ve inferior yüzeyi vardır (32).

*Inferior yüzey:* Unkus posteriorunun parahipokampal yüzeyine (subikulum) baktığı yüzey inferior yüzeyidir, bu saklı yüzey ancak PHG'nin kısmen rezeksiyonu yoluyla gözükür. Posterior unkus inferior yüzeyde dentat girusa ait margo dentikulatusun bant şeklinde devamı olan ve dışarıdan gözükken Giacomini Bandı (pars occulta), bu bandın önünde eksternal dijitalasyonlar ve yine bu bandın arkasında intralimbik girusun inferior yüzeyi gibi bölümler vardır. Eksternal dijitalasyonlar iki ya da üç lobül oluşturur ve CA1 içerir. İntralimbik girus ise alveusla kaplı CA3 ve CA4'ten oluşmuştur (28). Eksternal dijitalasyonların önünde unkal (rostral) subikulum mevcuttur.

*Medial yüzey:* İnferior yüzeyden gelerek yukarı çıkan, oluğu kaudale bakan Giacomini Bandı'nın biten kısmı (pars aperta), onun önünde unsinat girus, arkada intralimbik girusun medial yüzeyinden oluşur. Giacomini Bandı endorinal sulkusa doğru ilerlerken, unkusun üst ucunda yok olur. Unsinat girus önde unkal (rostral) subikulum, arkada CA1 içerir (28,37).

### 2.5.3. İntraventriküler Hipokampal Gövde

Silindirik yapısı medialde fimbria, lateralde kollateral eminens ile sınırlıdır, üzerini koroid pleksus örter. Buradan alınan koronal kesitler klasik bilaminar görüntüyü ortaya koyar. Dentat girusun oluğu yukarı bakar. Fimbrianın bittiği ve koroidal fissürün başladığı inferior koroidal nokta, hipokampal başla gövde arasındaki sınırı ortaya koyar. Bu noktada anterior koroidal arter ve inferior ventriküler ven girerek kaudale doğru uzanır (28,37,65).

#### **2.5.4. Ekstraventriküler Hipokampal Gövde**

Temporal lobun medialinde, subikulum tarafındadır. Dentat girusun medial kısmı burda yüzeye çıkarak çıplak gözle görülür ve margo dentikulatus yani “dişlek kenar” adını alır. Margo dentikulatusun altında subikulum, üstünde fimbria uzanır (28,62).

#### **2.5.5. İntraventriküler Hipokampal Kuyruk**

İntraventriküler hipokampal kuyruğun medialinde fimbria, lateralinde kollateral üçgen vardır. Buradaki koroid pleksus belirgin hacimlidir ve koroid glomusu oluşturur, bu yapı ventriküler tabanı kapatır. İntraventriküler kuyruk kısmı, baş gibi transvers yerleşmiş ama incelerek mediale uzanan bir tümsektir. Kuyruk kaudale ilerlerken, kuyruğun lateralinden geriye sivrilerek uzanan bir tümsek belirir, bu yapı kuşların mahmuzuna benzetildiği için kalkar avis olarak adlandırılmıştır (28,37).

#### **2.5.6. Ekstraventriküler Hipokampal Kuyruk**

Kuyruğun başlangıç kısmı, hipokampal cisme benzer. Burada hala mevcut olan margo dentikulatusun dişleri küçülmeye başlar (28).

Orta kısımda, margo dentikulatus fasciola cinereayı, Cornu Ammonis girus fasciolarisi (alveusla kaplı CA3’ten oluşur) oluşturur. CA1 yüzeyelleşerek tümsekçikler oluşturur. Bunlar Andreas Retzius Girusları olarak adlandırılır (2).

Girus fasciolaris spleniumu örter ve subsplenial girus adını alır. Bu yapı indusium griseum ile devam eder. Dentat girusun devamı fasciola cinerea ise hipokampal kuyruğun terminal kısmında yok olur (28).

### **2.6. HİPOKAMPSUN LİF YOLAKLARI**

#### **2.6.1. İntrinsik Lifler**

Ramon Cajal’dan beri özellikle hayvan hipokampuslarında yapılan histolojik lif işaretleme çalışmaları intrinsik bağlantıları yorumlamaya çalışmıştır. Literatür bu

konuda oldukça zengindir. Zeineh ve arkadaşlarının 2012’de yaptığı üç boyutlu DTI çalışması yeni bir perspektif getirmiş (şekil 8), 2016’da yayınlandıkları çalışmada ise polarize ışık görüntülemesi (Polarized light imaging, PLI) kullanarak insan kadavra hipokampus kesitlerinde doğrudan görüntüleme yapmışlar ve bu liflerin özellikle topografik traselerinin hata payı olmaksızın üç boyutlu anlaşılmasına kapı aralamışlardır (57,66).

Hipokampusun intrinsik lifleri entorinal alan, subikulum, Cornu Ammonis ve dentat girus arasında gelişen iletişimi kapsar ve bu yolaklarda aksonal ileti eksitatuvar ve tek yönlüdür (1). Entorinal korteks hipokampusun esas girdi kaynağını oluşturur. Bu ilk ve belki de en önemli basamağı anlamak elzemdir (28).

Entorinal alandan başlayıp dentat girus ve Cornu Ammonis’e ulaşan lifleri, Witter’ın çalışmasından hareketle superfisyal lifler ve angüler demet lifleri olarak ikiye ayrılabiliriz (56,57,66). Hipokampus literatüründe angüler demetle, singulum hariç tutularak, entorinal alan derininde yer alan ve hipokampusa uzanan ak madde kastedilir (2,67).

Yüzeyel lifler entorinal alan Lamina I’den başlayarak para- ve presubikulum boyunca yüzeyel olarak ilerlerler. Angüler demet lifleri ise internal ve eksternal lifler olarak ikiye bölünebilir.

İnternal lifler, subikulum tüm katlarını perfore ederek ulaştığı için Cajal tarafından perforan yolak olarak adlandırılmıştır. Bu yolak için kullanılan diğer eş anlamlı terimler temporo-dentat ya da internal yoldur (50,66). Entorinal alanda özellikle lamina II’den kalkanlar; presubikulum, esas subikulum ve prosubikulumu perfore eder, subikulum moleküler zona ulaşırlar ve Cornu Ammonis stratum lakunozum-moleküllereye ilerlerler. Kalıntı hipokampal sulkusunu çaprazlayanlar dentat girus dış üçte iki stratum moleküllereye ulaşırlar. Sulkusu çaprazlamayıp devam edenler CA3, CA2 stratum lakunozum-moleküllere piramidal hücre apikal dentritleriyle sinaps yaparlar. CA1, stratum lakunozum-molekülleresinde sinaps yapacak perforan lifler, lamina III’den kaynaklıdır (50,56,57).



Şekil 8: Zeineh ve arkadaşlarının yaptığı hipokampus traktografi çalışması (66).

SRLMHS-stratum radiatum, lakunozum, molekölare ve hipokampal sulkus. CA3DG- CA3 ve dentat girus.)

Eksternal lifler, alveusta ilerlediği için ilk olarak temporo-ammonik alvear yolak olarak adlandırılmıştır (68). Kısaca alvear yolak ya da eksternal yolak olarak da adlandırılırlar (56,66). Lamina III'den CA1'e alveus yoluyla uzanırlar, CA1'e ulaştıklarında iki dala ayrılırlar. İpsilateral CA1'de sinaps yapacak olan akson, dik açıyla dönüş yaparak radial olarak CA1 stratum lakunozum-molekölareye uzanıp sinaps yaparak eksternal yolu oluşturur. Kontralateral karşı hipokampus CA1'e

uzanacak olan akson alveusta devam ederek hipokampal komissür yoluyla karşı CA1'e uzanır (50,52). Lamina III'den CA1'e uzanan lifler, hipokampus rostralde ağırlıklı perforan yolla gerçekleşirken kaudale doğru alveus yolunun baskın olduğu, dolayısıyla bu yolun minor kabul edilemeyeceği gösterilmiştir (50). Entorinal korteksin dentat girus ve Cornu Ammonis'e projeksiyonundan sonra, hipokampal formasyon içinde devam edecek sinapslar söz konusudur. Dentat girustan CA4'e ve CA3'e uzanan akson lifleri diğerlerinden farklı olarak miyelinsizdir ve yosunsu lifler olarak adlandırılırlar (57,66). CA4'ten CA3'e stratum oriens'te uzanan lifler endfolial yolak olarak adlandırılır (54). Bu liflerin çoğunun CA3 piramidal tabakasını aşırıp CA1'e uzandığı polarize ışıkla güncel bir çalışmada gösterilmiştir (57). CA3 hücre bazalinden çıkan aksonlar, CA1 dentritlerine uzanırlar, bu lifler Schaffer Kollateralleri olarak adlandırılır. Bu lifler stratum oriens, piramidale ve radiatum'a uzanırlar (53). CA3, dallanan aksonlarıyla aynı zamanda alveus yoluyla fimbriaya çıktı yapar (53,69). Proksimal CA3 hücreleri, distal CA1 hücrelerinin stratum radiatumuna uzanırken, ortadaki CA3 hücreleri ortadaki CA1 hücrelerinin piramidal tabakasına, distal CA3 aksonları ise proksimal CA1 stratum oriensine uzanarak sinaps yaparlar. Ayrıca aynı Cornu Ammonis kısımları arasında da uzanan asosiasyon akson lifleri mevcuttur (53,70). CA3'ten CA1'e uzanan liflerin hipokampus uzunluğunun dörtte üçü kadar mesafe kat edebildiği gösterilmiştir. Her CA3 hücresinin, CA1 hücrelerine birbirinden uzaklaşan aksonlar yolladığı gösterilmiştir (53). CA2 hücrelerinin distal CA3 gibi davranarak CA3, CA2 ve CA1 arasında aksonal bağlantı kurabildiği fare ve maymunlarda gösterilmiştir (53,69). Güncel sayılabilecek bir çalışmada da daha önceden önem verilmeyen, CA1 ile CA1 arasında da stratum oriens üzerinden önemli bir asosiasyonal iletişim bildirilmiştir (71).

CA1'e gelen ileti subikulum'a iletilir. Proksimal CA1'den distal subikulum'a alveus yoluyla, distal CA1'den proksimal subikulum'a stratum oriens yoluyla, ortadaki CA1'den ve ortadaki subikulum hücrelerine de derin stratum oriens aracılığıyla aksonlar uzanır (51).

Subikulum, alveus ve fimbrianın major bileşenini oluşturacak aksonlar çıkarır aynı zamanda entorinal alan derin laminalarına ulaşan akson lifleri gönderir. Bu lifler angüler demetin medialinden entorinal alana giderler (57,72).

CA3, CA1 ve subikulumdan, alveus yoluyla fimbriaya lifler katılırlar. Subikulumdan yapılan çıkış hipokampusun esas çıktısıdır (28). Subikulumdan alveus yoluyla fimbriaya katılacak lifler angüler demet internal ve eksternal yolunu koronal ekseninde çaprazlayarak uzanırlar (57).

Duvernoy, kompleks intrahippokampal döngüyü iki yolakla özetler. Filogenetik olarak daha eski olan, uzun bir yoldan tüm hipokampusu dolaşan, episodik ve spasyal hafızaya hizmet eden polisinaptik yolak ve semantik hafızaya hizmet eden, doğrudan çıktı nöronlarına ulaşan direkt yolak (28).

*Polisinaptik yolak:* Entorinal korteksten kalkan projeksiyon dentat girusta ilk sinapsını yapar, ikinci sinaps CA3 kabul edilir. CA3'ten CA1'e uzanan lifler üçüncü sinapsı yaparlar. CA1 aksonları da subikulumla son sinapsı yaparlar ve polisinaptik döngü tamamlanır. Geçmişte Cajal tarafından, dentat girus, CA3 ve CA1 de yapılan ilk üç sinaps kastedilerek trisinaptik döngü kavramı kullanılmıştır, zira geçmişte CA1'de döngünün sonlandığı sanılıyordu (68).

*Direkt yolak:* Entorinal korteksten CA1'e uzanan lifler ilk sinapsı yaparlar. CA1'den kalkan lifler subikulumda ikinci sinapsı yaparlar. Subikulumdan entorinal alana ulaşan lifler son sinapsı yapar.

## 2.6.2. Ekstrinsik Lifler

Polisinaptik ve direkt yolağın girdilerinin kaynağı olan entorinal alan hipokampusun esas girdi kaynağı, polisinaptik ve direkt yolağın kesiştiği subikulum ise esas çıktıların kaynağı kabul edilir (28).

*Polisinaptik yolun çıktısı:* Alveus yoluyla fimbriaya katılan lifler postkomissüral forniks aracılığıyla ya doğrudan anterior talamik nükleusa ulaşır ya da mamiller cisime ulaştıktan sonra dolaylı olarak mamillotalamik traktla ulaşır (73). Talamustan kalkan lifler anterior, posterior singulat kortekse ve retrosplenial kortekse ulaşır (28).

*Polisinaptik yolağın aldığı girdi:* Posterior paryetal asosiasyon korteksi, ve komşu temporal ve oksipital alanlardan gelen aksonlar PHG aracılığıyla entorinal alana ulaşır (22). Superior vizüel sistemle ilişkili olan posterior paryetal asosiasyon

korteksi, cismin uzaydaki konumunu algılar dolayısıyla “nerede” sorusuna cevap verir (74).

*Direkt yolağın çıktısı:* Entorinal alandan çıkan aksonlar peririnal alan aracılığıyla inferior temporal asosiasyon korteksine, temporal pole ve prefrontal kortekse ulaşır.

*Direkt yolağın girdisi:* Inferior temporal asosiasyon korteksinden peririnal alan aracılığıyla gelen uyarı entorinal alana ulaşır. Inferior temporal asosiasyon korteksi inferior vizüel sistemle ilişkili olup, cisimleri tanıma ve tanımlamamıza hizmet ederek “ne” sorusuna cevap verir (74).

### **2.6.3. Komissüral Lifler**

Amaral ve arkadaşlarının maymunlarda hipokampal komissür üzerinden gerçekleşen iletişime dair yaptığı çalışmaya göre sadece bilateral unkal hipokampusun karşılıklı komissüral lifleri mevcut. Komissüral yolu kullanan major lifler ise presubikulumdan kalkıp karşı medial entorinal alana ulaşmış. Medial entorinal alandan kalkan lifler yine medial entorinal alana ulaşmış. Ayrıca entorinal alandan kalkan lifler karşı dentat girus posterioruna ve CA1 ve subikulum bölgelerine kısmi projeksiyon yapmış. Bu projeksiyonlar angüler demet, alveus ve fimbria sırasıyla dorsal hipokampal komissür üzerinden gerçekleşmiş (52). Farelerde özellikle ventral hipokampal komissür üzerinden dentat girusta belirgin komissüral bağlantılar gösterilmiştir, ventral komissür maymun ve insanlarda elimine olmuştur (52,55).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma için Bakırköy Prof. Dr. Mazhar Osman Ruh Sağlığı ve Sinir Hastalıkları Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden 01.10.2019 tarihinde 358 protokol no ile onay alınmıştır.

Çalışma 5 adet postmortem insan beyninde yapılmıştır. Klingler metoduna uygun olacak şekilde, en az 1 ay %10 formalin solüsyonunda bekletilmiş hemisferler kullanılmıştır. Suyun donduktan sonra hacminin artması ve böylelikle ak madde liflerini arasını açacağı düşünülerek; dura, araknoid, pia mater ve vasküler yapılar uzaklaştırıldıktan sonra su dolu kap içinde tutulan hemisferler (-15°C) dondurulmuştur. Sonrasında akar çeşme suyu altında çözdürülerek diseksiyona hazır hale getirilmiştir (75). Diseksiyonlar arası, spesimenler %10 formalin solüsyonu içinde buzdolabı buzluğunda bekletilmiştir. Diseksiyonlar, Zeiss OPMI Pico mikroskop (Carl Zeiss AG, Oberkochen, Germany) altında x4 ve x40 büyütmede, mikrocerrahi seti (dişsiz pensetler, Rhoton disektörü, çeşitli boyutlarda metal spatula) ve aspiratör kullanılarak yapılmıştır. Aynı beyine ait sağ ve sol hemisferde lateralden mediale, ikinci beyine ait sağ ve sol hemisferde inferiordan superiora kademeli diseksiyon yapılmış, başka bir hemisferde ise temporal lob izole edilerek topografik anatomi özelinde çalışılmıştır.

Lif diseksiyonlarının her aşaması profesyonel dijital fotoğraf makinası (Cannon EOS 300D), 18-55 ve 100'lük mercekler ile 3 boyutlu çekim tekniği kullanılarak fotoğraflanmıştır. Her diseksiyon aşamasına ait sağ ve sol fotoğraflar StereoPhoto Maker Pro (64bit) Version 6.25a ücretsiz lisanslı programı kullanılarak anaglif hale getirilmiş ve böylece okuyucunun kırmızı-mavi gözlüklerle değerlendirmesine hazır hale getirilmiştir. Çalışma İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Mikroendonevriyoloji Laboratuvarı'nda Prof. Dr. Necmettin TANRIÖVER gözetiminde yapılmıştır.

## 4. BULGULAR

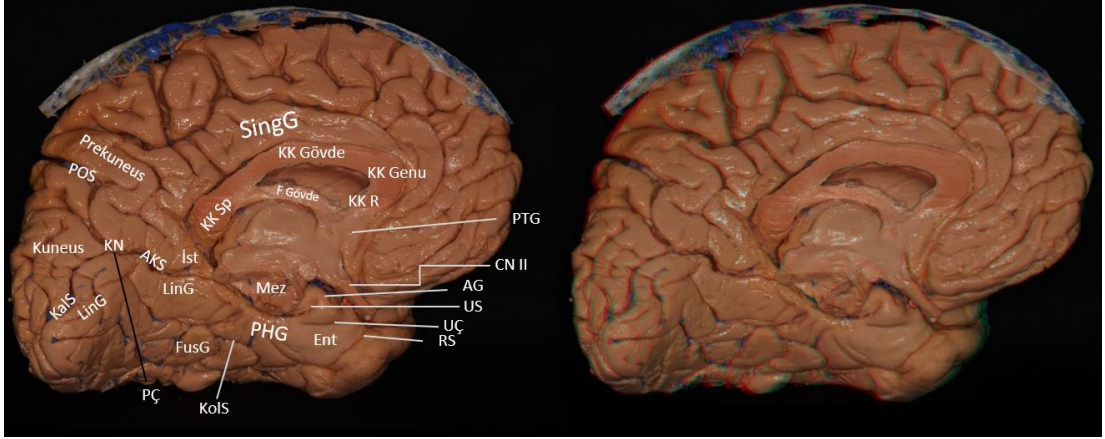
### 4.1 TOPOGRAFİK ANATOMİ



**Resim 1:** Sağ hemisfer lateral yüzey korteksi. Sağdaki anaglif resimleri kırmızı-mavi gözlükle değerlendiriniz.

(AG, angular girus. ITG, inferior temporal girus. OFG, orta frontal girus. OL, oksipital lob. OTG, orta temporal girus. SFG, superior frontal girus. SPL, superior paryetal lobul. PÇ, preoksipital çentik. Pop, pars operkularis. Por, pars orbitalis. POS, parieto-oksipital sulkus. PostsG, postsantral girus. PresG, presantral girus. PTr, pars triangularis. SF, silvian fissür. SmG, supramarginal girus. STG, superior temporal girus. STS, superior temporal sulkus. SS, santral sulkus. TP, temporal pol.)

Formalinle fikse hemisferin dura materi kaldırıldı, araknoid ve pia zarları ve vasküler yapılar mikro penset ve mikro makas kullanılarak mikroskop altında eksize edildi, lateral korteks yüzeyi ortaya kondu (resim 1). Sylvian Fissür lateral yüzeyde ilk göze çarpan yapılardandır, kesiksiz seyir gösterir. Parieto-oksipital sulkus üst ucundan preoksipital çentiğe çekilen hayali çizgi, temporal lobun ve paryetal lobun oksipital lobla sınırını, Sylvian Fissür arka kenarından bu çizgiye indirilen hayali dik çizgi ise, Sylvian Fissür'le beraber temporal lobun üst sınırını oluşturur (29). Dolayısıyla lateral yüzeyde temporal lob sınırı belirlendi. Sylvian Fissür'ün arkada yukarı dönüş yaparak içine girdiği yer supramarginal girus olarak tanındı. Superior temporal sulkus silvian fissüre paraleldi ve kesiksiz seyir gösteriyordu. Arkada bifurkasyon göstererek angüler girusu çevreliyordu. Temporal lobun lateraldeki diğer sulkusu, inferior temporal sulkus ise kesikli seyir gösteriyordu. Superior, orta ve inferior temporal giruslar anteriorda temporal polde birleşiyordu.



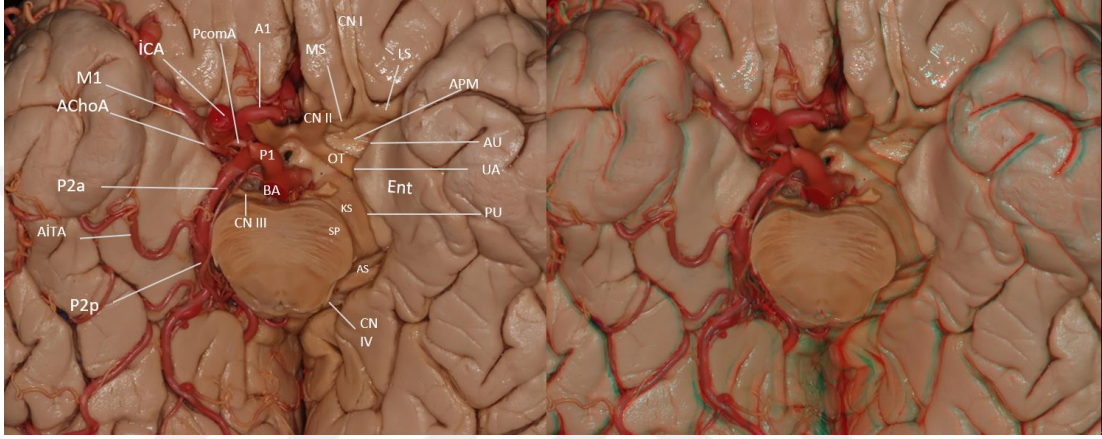
**Resim 2:** Sol hemisfer medial ve inferior yüzey korteksi.

(AG, ambient girus. AKS, anterior kalkarin sulkus. CN II, optik sinir. Ent, entorinal alan. F GÖvde, forniks gövdesi. FusG, fusiform girus. İst, istmus. Kals, kalkarin sulkus. KK Genu, korpus kallozum genu. KK GÖvde, korpus kallozum gövde. KK R, korpus kallozum rostrumu. KK Sp, korpus kallozum spleniumu. KN, kalkarin nokta. Kals, kalkarin sulkus. KolS, kollateral sulkus. LinG, lingual girus. Mez, mezensefalon. PÇ, preokspital çentik. PHG, parahipokampal girus. POS, parieto-okspital sulkus. PTG, paraterminal girus. RS, rinal sulkus. UÇ, unkal çentik. US, Unkal Sulkus)

Sol hemisfer frontoparietookspital medial yüzeyi ve temporal lob bazal yüzeyi, kısmen medial yüzeyi incelendi (resim 2). Beyin sapı mezensefalon düzeyinde kesilmişti. Korpus kallozumun üst komşuluğunda boydan boya singulat girus görüldü. Singulat girus, korpus kallozum spleniumu arkasında daralarak istmusunu oluşturuyor ve istmus da PHG ile bitişiyordu. Korpus kallozum rostrumu altında ise paraterminal girus yer alıyordu.

Bazal yüzeyde parieto-okspital sulkusun aşağıdaki ucundan preokspital çentiğe çekilen hayali çizgi, temporal lobu okspital lobdan ayırdı (32). Derin parieto-okspital sulkus ise pariteal lob prekuneusuyla okspital lob kuneusunu ayırıyordu. Lingual girus kalkarin sulkus ve anterior kalkarin sulkus altında yer alıyordu ve önde PHG ile devam ediyordu. Kalkarin nokta parieto-okspital sulkusla kalkarin sulkusun birleştiği noktadır; mezial temporal bölge rinal sulkus ile kalkarin nokta arasında tespit edildi (35). PHG burada en büyük oluşumdur. PHG'nin öndeki sınırı rinal sulkus, lateral sınırı çoğu zaman bu sulkusla devam edebilen kollateral sulkus, arkadaki sınırı ise morfolojik olarak anterior kalkarin sulkusun ön bitişi kabul edilir (20). Mezensefalon lateral yüzeyi, talamusla beraber PHG medial yüzeyinin komşuluğunu

yapıyor, aralarındaki boşluk inferior koroidal noktanın arkasında ve posterolateralde ambient sisterni, koroidal noktanın önünde ve anterolateralde krural sisterni oluşturuyordu. Kollateral sulkus, PHG ile fusiform girusu ayırıyordu, kollateral sulkusun devamı rinal sulkus, PHG'nin ön tarafını temporal polden ayırıyordu. PHG arkadan öne hacmi artarak kendi üzerine doğru unkal sulkusu oluşturarak kıvrılıyordu. PHG anterior kısmı olan piriform lobun inferior yüzeyi entorinal alan/korteksi, yukarı kısmı unkusu oluşturuyordu.



**Resim 3:** Serebrum inferior yüzey ve arterler.

(AchoA, anterior koroidal arter. APM, anterior perforan madde. AİTA, anterior inferior temporal arter. AS, ambient sistern. AU, anterior unkus. BA, baziller arter. İCA, internal karotid arter. KS, krural sistern. LS, lateral stria. MS, medial stria. OT, optik trakt. PcomA, posterior kominükan arter. PU, posterior unkus. SP, serebral pedinkül. UA, unkal apeks.)

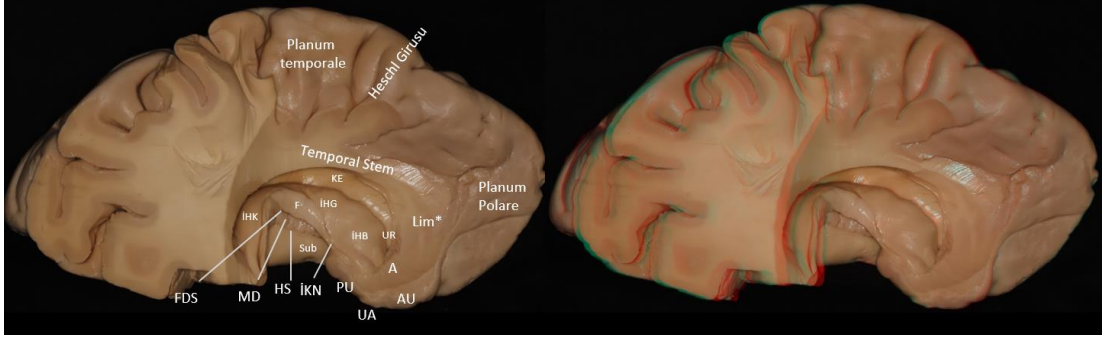
Başka bir serebrum piyesinde kırmızı lateks enjekte edilmiş arterler sağ hemisferde korunarak araknoid ve pia mater eksize edildi (resim 3). Unkusun en medial noktası unkal apeks sınır kabul edilerek anterior, posterior unkus ve komşulukları tanımlandı (32). Anterior unkus, proksimal Sylvian ve karotis sisternalarıyla komşuydu. İnternal karotis arter, orta serebral arter proksimali (M1) ve hipokampusa yönelen anterior koroidal arter önemli arter komşularıydı. Yukarıda medialinde anterior perforan madde, anterior perforan madde medial sınırında LGC'ye yönelen optik trakt, anterior perforan madde ön sınırında ise olfaktör traktın medial ve lateral striaları ile komşuydu.

Hipokampusun işgal ettiği posterior unkus medial yüzeyi ise serebral pedünkülle karşı karşıya duruyordu, krural sistern aralarındaki subaraknoid boşluğu oluşturuyordu. Baziller arterden çıkan posterior serebral arter (P1), posterior

komünikan arterle birleştikten sonra P2a olarak burada unkal sulkusu kapatarak posteriora yöneliyordu. P2a, krural susternden ambient sisterne devam ederek P2p'yi oluşturuyordu. Dolayısıyla anterior koroidal arter, P2a ve P2p hipokampusun medialde yakın komşuluğunu oluşturuyordu. Okulomotor sinir (CN III) interpediküler fossadan anterolaterale yönelirken unkal apekse yakın komşuluk gösteriyordu.

Yakından değerlendirdince entorinal korteks yüzeyinde pürüzlü görünüm “verrucae gyri hippocampi” görüldü (resim 6). Unkal sulkus unkus ve entorinal alanı ayırıyordu. Unkal sulkusun lateralinde entorinal alanda tentoriumun medial kenarının yaptığı iz, unkal çentik görüldü. Medialdeki ambient girus burdan inferiora sarkıyordu. Ambient ve semilunar girus unkusun anterior kısmını oluşturuyordu. İki girus arasındaki semianuler sulkus histolojik olarak entorinal alanın medial sınırı kabul edilir (76). Semilunar girus (periamigdaloid korteks) amigdalayı örtüyordu, endorinal sulkusla yukarıdaki anterior perforan maddeden ayrılıyordu. Unkusun posterior kısmı ise hipokampus ve unkal subikulumu barındırıyordu (28).

Bir sol hemisfer, hipokampus topografik anatomisini incelemek için Sylvian Fissür'e paralel aksiyel düzlemde kesildi. İnsula ile temporal operkulum arasında yer alan inferior limitan sulkusa yapılan oblik kesiyle santral koron lateral ventrikül ile bağlantısı “temporal stem” üzerinden kesildi ve temporal boynuz açıldı. Limen insulaya yapılan kesiyle, bazal frontal lob bağlantısı kesildi. Unkus superiorunda yapılan aksiyel kesiyle de amigdala-globus pallidus bağlantısı kesildi. Amigdala, intraventriküler yüzeyi ile ventrikül içindeki hipokampus başının önüne yapıştıyordu, amigdalanın bu kısmı rezeke edilerek ekspoje artırıldı. Koroid pleksus tela koroideası fimbriaya yapışan tenyası kesilerek kaldırıldı (resim 4,5). Amigdala ile hipokampus arasında doğrudan bir bağlantı yoktu, bu yapışma bitişik durmaktan kaynaklı gözüküyordu, nitekim diğer hemisferlerde yapışıklık gözlemlenmedi.



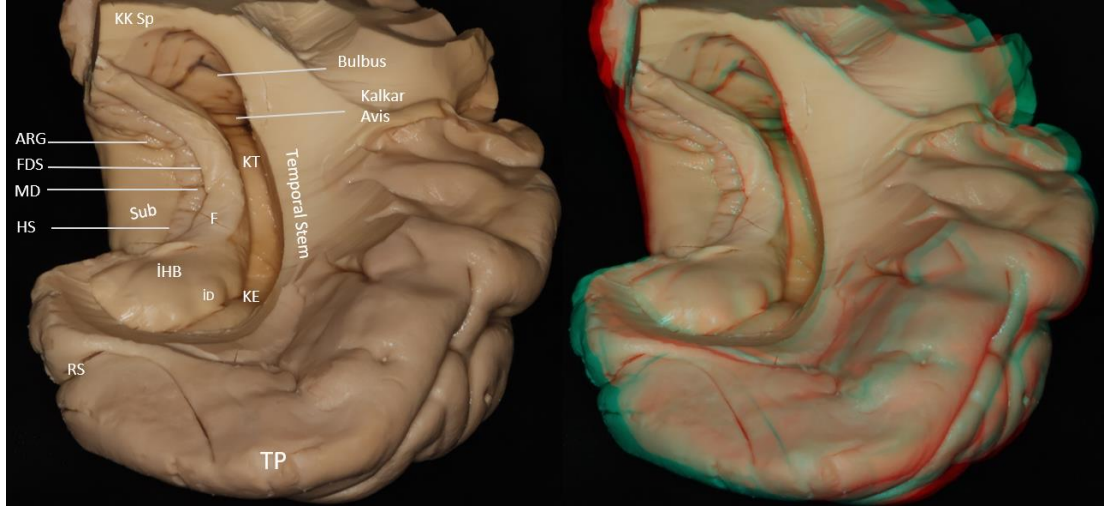
**Resim 4:** Sol temporal lob ve oksipital lob, hipokampus.

(A, amigdala. AU, anterior unkus. F, fimbria. FDS, fimbriodentat sulkus. HS, (superfisyal) hipokampal sulkus. İHB, intraventriküler hipokampal baş. İHG, intraventriküler hipokampal gövde. İHK, intraventriküler hipokampal kuyruk. İKN, inferior koroidal nokta. KE, kollateral eminens. Lim\*, limen insula civarı (kesilmiş). MD, margo dentikulatus. PU, posterior unkus. Sub, subikulum. UA, unkal apeks. UR, unkal reses.)

Hipokampus mezial temporal bölgede, PHG üzerinde yukarıdan C şeklinde gözükiyordu, baş kısmına doğru hacmi artıyordu. İntraventriküler gövde ve baş kısmıyla temporal boynuzun medial ve inferiorunu işgal ediyordu. İntraventriküler kuyruk kısmı ise atrium medial ve inferiorunu işgal ediyordu.

Hipokampus baş, gövde ve kuyruk kısmıyla büyük oranda ventrikül içinde yerleşiyordu, ventrikül dışındaki kısımlar hacimce daha azdı.

Horizontal düzlemde, hipokampus gövdesi sagittale, baş ve kuyruk kısmı mediale oryanteydi. Baş kısmı unkus posterioruna dahil oluyordu, kuyruk kısmı yukarı eğim kazanarak yükseliyordu. Hipokampusu literatüre uygun olarak intraventriküler ve ektraventriküler olarak ayrıca baş, gövde kuyruk kısımlarıyla inceledik (28,37).



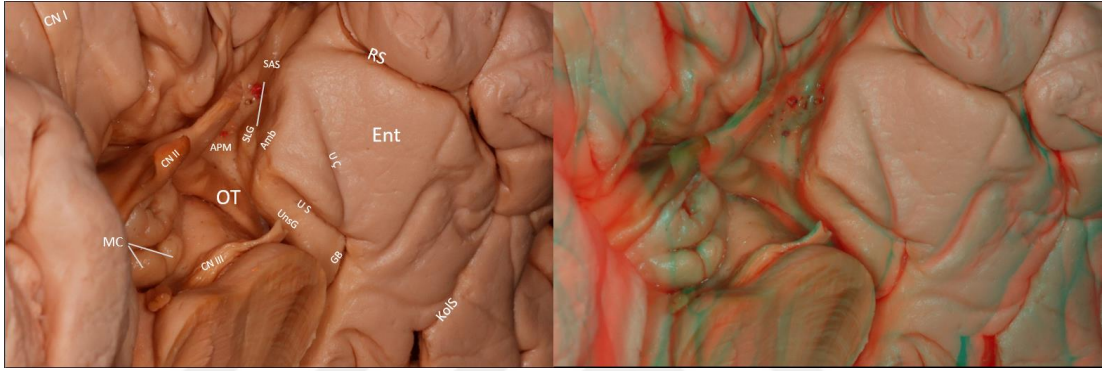
**Resim 5:** Sol temporal lob ve hipokampus, önden görünüm.

(ARG, Andreas Retzius Girusu. F, fimbria. FDS, fimbriodentat sulkus. HS, (superfisyal) hipokampal sulkus. İD, internal dijitalasyon. İHB, intraventriküler hipokampal baş. KE, kollateral eminens. KK sp, korpus kallozum spleniumu. MD, margo dentikulatus. RS, rinal sulkus. Sub, subikulum. TP, temporal pol.)

*Intraventriküler hipokampal baş:* Fimbrianın bittiği son nokta ve koroidal fissürün başladığı nokta inferior koroidal nokta olarak adlandırılır, burası önemli bir cerrahi nirengi noktası olmasının yanı sıra önde hipokampal baş, arkasında gövdeyi birbirinden ayırıyordu (resim 4). Anterior koroidal arter ve inferior ventriküler ven buradan ventriküle giriyordu. Intraventriküler hipokampal başın hacmi diğer kısımlara nazaran en belirgindi. Burada yer alan parmaklı uzantıların (dijitalasyonların) hepsi birden pes hippocampi olarak adlandırılır. Lateralde kollateral eminens, başı çevreleyerek mediale dönüyordu ve unkal resesle sonlanıyordu. Unkal reses, unkal apeksin izdüşümüne denk geliyordu. Amigdalanın intraventriküler yüzeyi hipokampus başının hem üzerinde hem karşısında lateral ventrikül temporal boynuzu ön duvarında yerleşiyordu.

*Intraventriküler hipokampal gövde:* Silindirik yapısı baştan kuyruğa doğru inceliyordu (resim 4). Medialde ve superiorda fimbria, lateralde kollateral eminens ile sınırlıydı. Kollateral eminens bazal yüzeydeki kollateral sulkusa denk geliyordu. Koroid pleksus telasından çıkan tenyalarıyla medial ve inferiorda fimbria lateraline, superior ve medialde talamusun inferioruna yapışarak uzanıyordu. Inferior koroidal noktanın gerisinde fimbria ile talamusun medialinde yer alan koroidal fissür açıldığında ambient sisternaya ulaşıldı. Koroid pleksus, fimbriaya paralel olarak baş hariç intraventriküler hipokampusu örtüyordu.

*İntraventriküler hipokampal kuyruk:* İncelmeye devam eden gövde mediale dönüşünden itibaren kuyruk olarak tanımlandı (resim 4). Burada resimde rezekte edilmiş olan koroid pleksus, glomusunu oluşturarak atriumu dolduruyordu. Kollateral eminens, kuyruk lateralinde kollateral trigona katılıyordu, bu trigon kuyruğun lateral sınırını, fimbria ise medial sınırını oluşturuyordu. Kuyruğun arkasında geriye sivrilerek uzanan silindirik yapı, kalkar avis görüldü. Kalkar avisin izdüşümü medial hemisferdeki kalkarin sulkusa denk geliyordu.



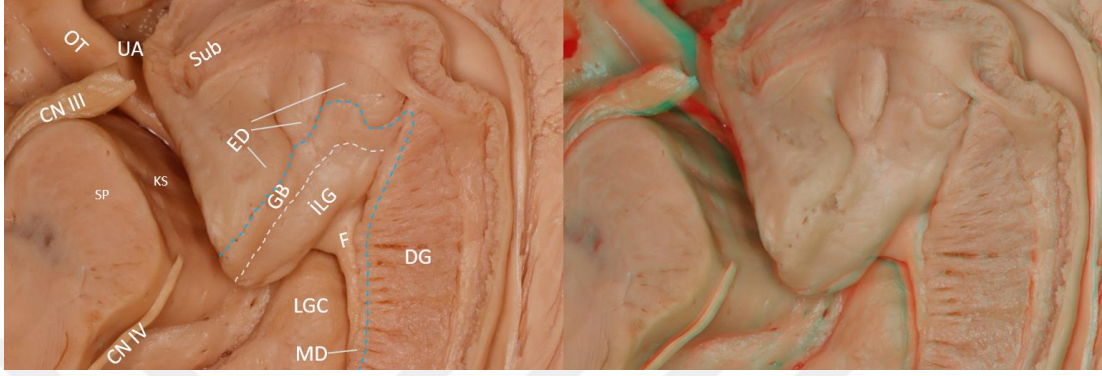
**Resim 6:** Sol parahipokampal girus anterioru; ektraventriküler hipokampal baş medial yüzeyi.

(Amb, ambient girus. APM, anterior perforan madde. Ent, entorinal alan. GB, Giacomini Bandı. KolS, kollateral sulkus. MC, mamiller cisim. OT, optik trakt. RS, rinal sulkus. SAS, semianuler sulkus. SLG, semilunar girus. UÇ, unkal çentik. UnsG, unsinat girus. US, unkal sulkus.)

*Ektraventriküler hipokampal baş:* Posterior unkusun medial ve inferior yüzeyi vardır. Serebral pedünkül anterolateral komşuluğunda, posterior unkus medial yüzeyi görüldü (resim 6). Bu yüzeyin major oluşumu unsinat girus, ambient girusun arkasında görüldü. Unsinat girusun arka sınırını inferior yüzeyden mediale yükselerek sonlanan ince bir şerit, Giacomini Bandı oluşturuyordu, bu bandın arkasında ise fimbrianın tutunduğu intralimbik girus gözüktüyordu.

İnferior diseksiyonda PHG inferioru ve kısmi hipokampus rezeksiyonu sonrasında posterior unkusa ait saklı kısım, inferior yüzey görüldü (resim 7). Posterior unkusun inferior yüzeyinde margo dentikulatusun devamı Giacomini Bandı görüldü. İnférieur yüzeyde Giacomini Bandı'nın önünde eksternal dijitasyonlar, arkasında fimbrianın tutunduğu intralimbik girus görüldü. Fimbrianın medial komşuluğundaki LGC'nin önü entorinal alanın arka sınırındır (2). Margo dentikulatusla subikulum

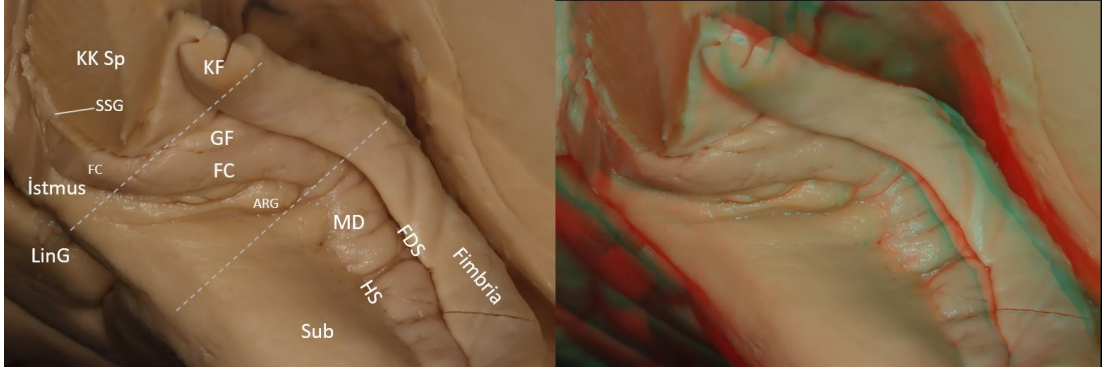
arasındaki (superfisyal) hipokampal sulkus, posterior unkusa doğru inferior yüzeyde Giacomini Bandı ile eksternal dijitasyonlar arasında yerleşiyordu.



**Resim 7:** Sol parahipokampal girus anterioru; entorinal alan ve subikulum rezeksiyonu sonrası ekstraventriküler hipokampal baş inferior yüzeyi. Mavi kesikli çizgi (superfisyal) hipokampal sulkusu, beyaz kesikli çizgi prelibmik sulkusu belirtiyor. Ekstraventriküler hipokampus başını oluşturan posterior unkus, superiorda optik trakt ve optik traktın ulaştığı lateral genikulat cisimle, medialde serebral pedinkülle, inferiorda subikulumla komşuydu.

(DG, dentat girus. ED, eksternal dijitasyon. F, fimbria. GB, Giacomini Bandı. İLG, intralimbik girus. KS, krural sistern. LGC, lateral genikulat cisim. MD, margo dentikulatus. OT, optik trakt. SP, serebral pedinkül. Sub, subikulum. UA, unkal apeks.)

*Ekstraventriküler hipokampal gövde:* (Resim 4, 5) Ambient sistern içinde, subikulumun üzerinde yerleşiyordu. Dentat girusa ait margo dentikulatus burda görüldü. Margo dentikulatusun üzerinde kaudale seyreden fimbria bu kısmın diğer yapısal bileşendir. Margo dentikulatus ile subikulum arasında başa ve kuyruğa uzanan oluk; (superfisyal) hipokampal sulkusu, fimbria ile arasında kuyruğa uzanan ise fimbriodentat sulkusu oluşturunuyordu.



**Resim 8 :** Sol ektraventrüküler hipokampal kuyruk, medial ve anteriorden baki.

(ARG, Andreas Retzius Girusu. FC, fasciola cinerea. FDS, fimbriodentat sulkus. GF, girus fasciolaris. HS, (superfisyal) hipokampal sulkus. KF, krura fornix. KK Sp, korpus kallozum splenium. LinG, lingual girus. MD, margo dentikulatus. Sub, subikulum.)

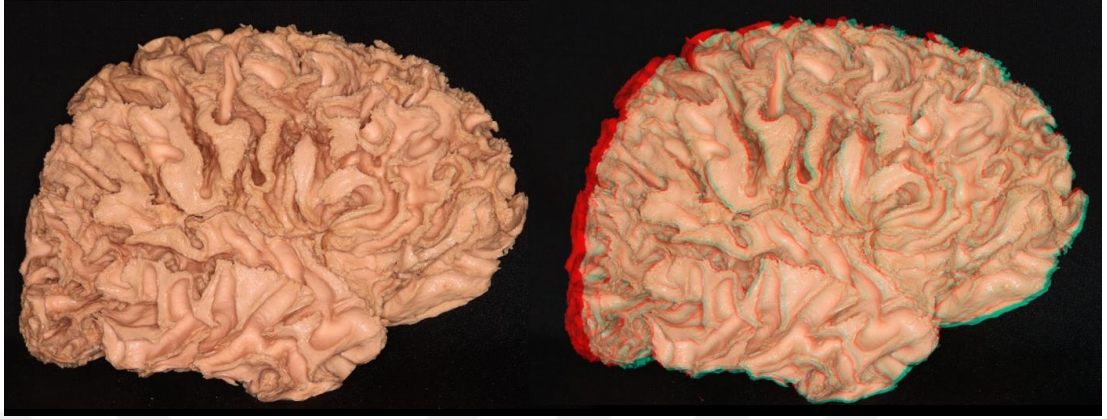
**Ektraventrüküler hipokampal kuyruk:** Fimbria, fimbrianın devamı krus fornix, girus fasciolaris, girus fasciolarisin devamı subsplenial girus, margo dentikulatus, margo dentikulatusun devamı fasciola cinerea ve Andreas Retzius Girusu'ndan oluşur (resim 8). Klasik bilgiye uygun olarak başlangıç, orta ve son kısım olmak üzere üç alt kısımda değerlendirildi (28).

Başlangıç kısmı gövdeyle benzerdi, ancak margo dentikulatusun dişleri küçülmeye başladı.

Orta kısımda margo dentikulatus dişli yapısının bittiği, fasciola cinereanın başladığı görüldü. Fasciola cinerea inferior komşuluğundaki tümsek, Andreas Retzius Girusu görüldü. Fimbria, fasciola cinereadan uzaklaşarak ve yükselerek krus forniksi oluşturuyordu. Krus fornixin altından ise girus fasciolaris çıkıyordu. Bu gri madde Cornu Ammonis'in dentat girus oluşuna yakın proksimal kısmının devamıydı. Andreas Retzius Girusu, CA1 tarafından, girus fasciolaris alveusla kaplı CA3 tarafından oluşturulur (28).

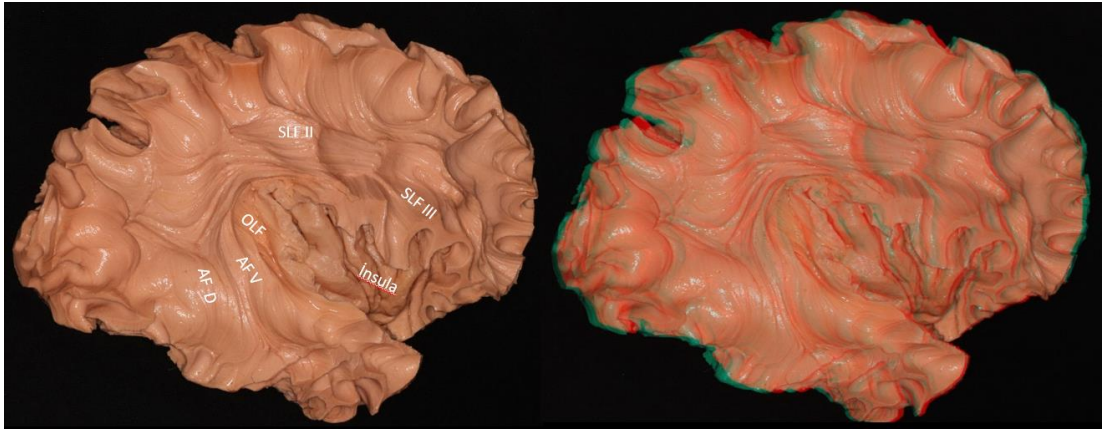
Son kısımda, Cornu Ammonis'in devamı girus fasciolaris splenium inferior yüzeyinde subsplenial girusla devam ediyordu. Dentat girusun devamı fasciola cinerea ise hipokampal kuyruğun terminal kısmında sonlandı.

## 4.2 LATERALDEN MEDİALE KADEMELİ DİSEKSİYON



**Resim 9:** Kortikal gri cevher kaldırılınca sağ hemisfer U lifleri, lateralden bakış

Sağ ve sol hemisferlere buzdan çözündürme işlemi yapıldı ve korteks Rhoton disektörleri ile dekortike edildi. Dolayısıyla ilk ak madde liflerine ulaşıldı: Komşu giruslar arasında uzanan ve kısa asosiasyon liflerini oluşturan ve U şekline sahip U lifleri (resim 9). Dekortikasyon sonrası, temporal lob özelinde superior temporal sulkusun inferior temporal sulkusa göre bariz derin olduğu fark edildi.

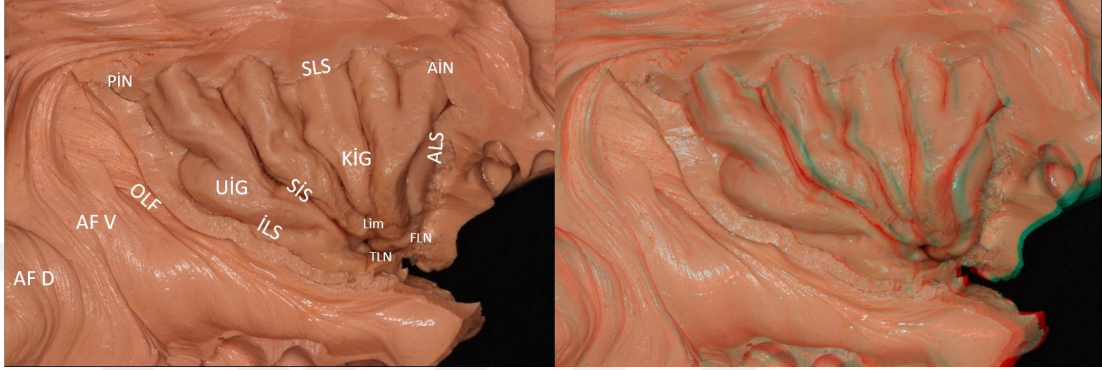


**Resim 10:** U lifleri sonrası sağ hemisfer asosiasyon lifleri, lateralden bakış.

(AF D, dorsal arkuat fasikül. AF V, ventral arkuat fasikül. OLF, orta longitudinal fasikül. SLF, superior longitudinal fasikül.)

Kısa U lifleri kaldırıldıktan sonra uzun asosiasyon lifleri karşımıza çıktı (resim 10). SLF-2 angüler girus ile orta frontal girus ortası arasında uzanıyordu. Lateralinde SLF-3 supramarginal girus ile inferior frontal girus pars triangularis, operkularis arasında uzanıyordu.

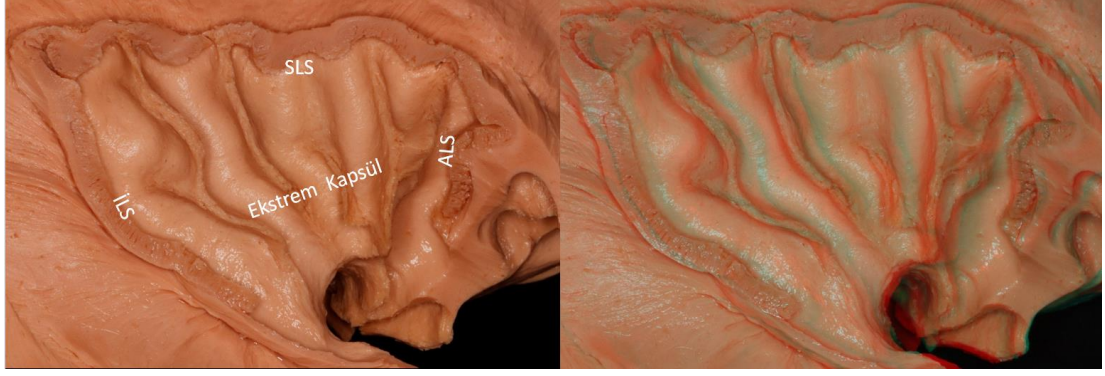
Arkuat fasikül (AF), frontoparietalde SLF II ve SLF III arasında ve derininde seyrediyordu. AF'nin dorsalde kalan kısmı angüler girusta dönüş yaparak orta frontal girus ile orta ve inferior temporal girusların posterioru arasında uzanıyordu. Ventral kısmının lifleri ise supramarginal girusta dönüş yaparak pars triangularis ile superior ve orta temporal girus orta kısımları arasında uzanıyordu. OLF temporal pol ile angüler girus arasında uzanıyordu (resim 10, 11).



**Resim 11:** Sağ insula korteksi, lateralden bakış.

(AF D, dorsal arkuat fasikül. AF V, ventral arkuat fasikül. AİN, anterior insular nokta. ALS, anterior limitan sulkus. FLN, frontal limen noktası. İLS, inferior limitan sulkus. KİG, kısa insular girus. Lim, limen insulae. OLF, orta longitudinal fasikül. PİN, posterior insular nokta. SİS, santral insular sulkus. SLS, superior limitan sulkus. SLS, superior limitan sulkus. TLN, temporal limen noktası. UİG, uzun insular girus.)

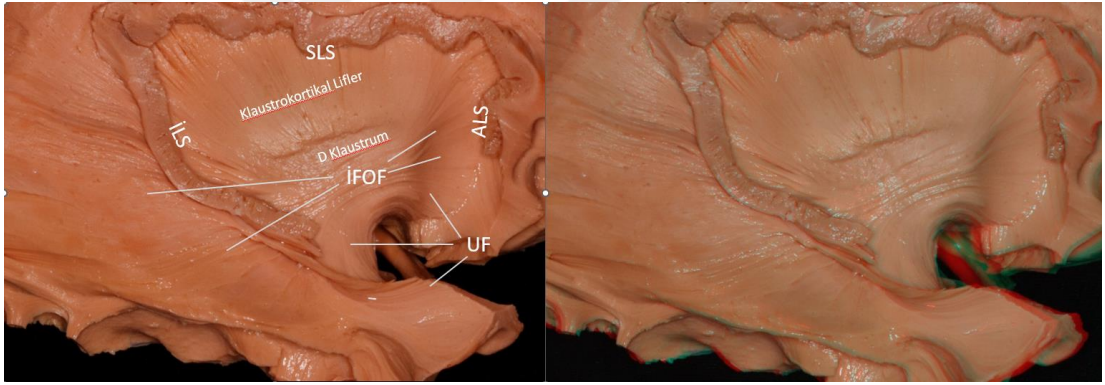
Frontoparietal operkulum bistüri ile kesildi ve insula ortaya kondu (resim 11). İnsulanın, limen insula haricinde çevre korteks tarafından sınırlandırıldığı görüldü. Superiorda frontal ve paryetal korteksle arasında superior limitan sulkus, anteriorda frontal korteksle arasında anterior limitan sulkus ve posteroinferiorda temporal lob superior yüzeyi korteksi ile arasında inferior limitan sulkus (İLS) tanımlandı. Inferior ve superior limitan sulkusun kesişme noktası posterior insular nokta, superior ve anterior limitan sulkusun kesişme noktası anterior insular nokta olarak adlandırılır. Limen insulanın İLS ile kesişim noktası temporal limen noktası, anterior limitan sulkus ile kesişim noktası frontal limen noktası tanındı.



**Resim 12:** Sağ insula dekortikasyonu sonrası ekstrem kapsül; lateralden bakış.

(ALS, anterior limitan sulkus. İLS, inferior limitan sulkus. SLS, superior limitan sulkus.)

SLF II, III, AF, OLF mikro pensetle mikroskop altında dikkatlice kaldırıldı, insula disektörle dekortike edilerek kısa U liflerini oluşturan ve insulanın en dıştaki ak maddesi ekstrem kapsül ortaya çıktı (resim 12).

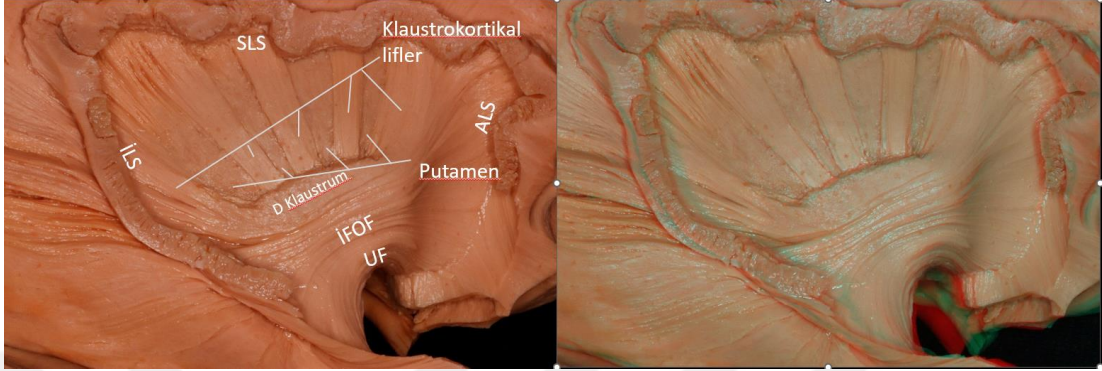


**Resim 13:** Sağ ekstrem kapsül kaldırıldıktan sonra eksternal kapsül bileşenleri; lateralden bakış.

(ALS, anterior limitan sulkus. D Klastrum, dorsal klastrum. İFOF, inferior frontooksipital fasikül. İLS, inferior limitan sulkus. SLS, superior limitan sulkus. UF, uncinat fasikül.)

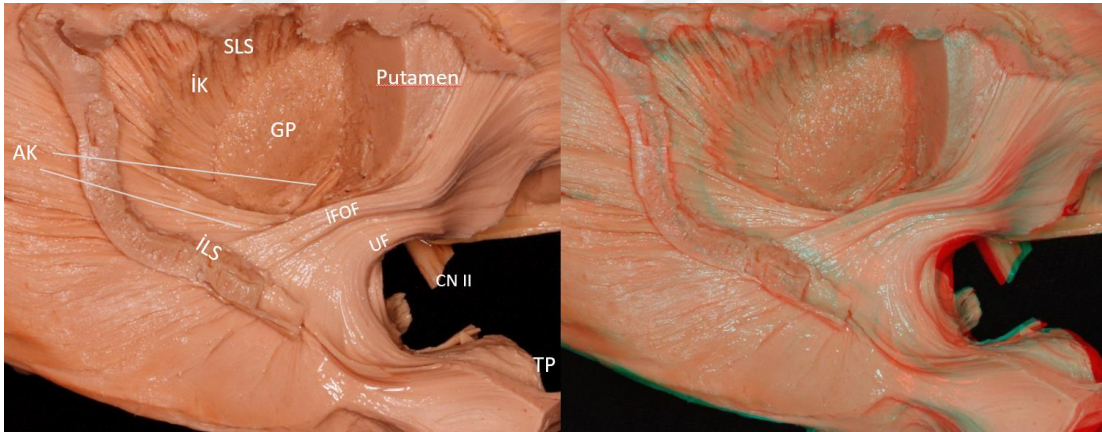
Ekstremler kapsülü oluşturan kısa asosiasyon lifleri kaldırılınca klastrum ve eksternal kapsülle karşılaşıldı (resim 13). Dorsal eksternal kapsülü oluşturan klaustrokortikal lifler dorsal klastrumdan başlayarak superior limitan sulkusa doğru uzanıyordu. Bu alanda derinden gelen internal kapsül lifleri ile karışarak, yukarı doğru korona radiata liflerini oluşturmaktaydı. Eksternal kapsülün ventralinde de yukarıdan aşağıya, İFOF ve UF tanındı. UF, limen insulada daralarak orbitofrontal bölge ile temporal pol ve anterior unkus arasında uzanıyordu. Inferior frontal girus ile ekstraspiat oksipital lob arasında uzanan İFOF ise UF hemen yukarısında daralarak süperior, orta temporal girusların ön kısmı hariç derinini işgal ediyordu.

Lentiform nükleusu oluşturan putamen ve globus pallidusu dışardan saran eksternal kapsülün klaustrokortikal lifleri ızgara şeklinde kaldırılarak gri madde putamen tanımlandı (resim 14).



**Resim 14:** Sağ putamen ve klaustrokortikal lifler, lateralden bakış.

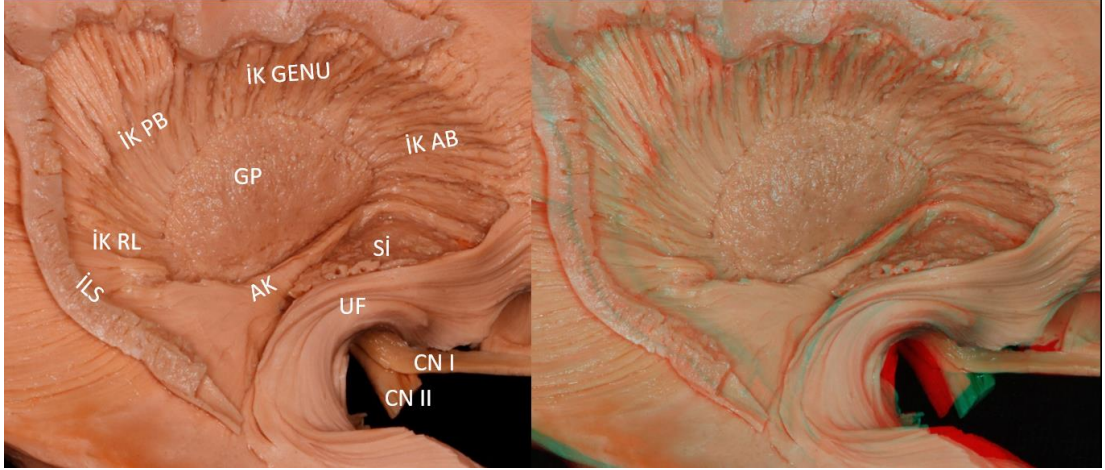
(ALS, anterior limitan sulkus. D Klastrum, dorsal klastrum. İFOF, inferior frontooksipital fasikül. İLS, inferior limitan sulkus. SLS, superior limitan sulkus. UF, uncinat fasikül.)



**Resim 15:** Sağ globus pallidus, putamen, anterior komissür; lateralden bakış. İFOF kısmen bırakılmış.

(AK, anterior komissür. GP, globus pallidus. İFOF, inferior frontooksipital fasikül. İK, internal kapsül. İLS, inferior limitan sulkus. SLS, superior limitan sulkus. TP, temporal pol. UF, uncinat fasikül.)

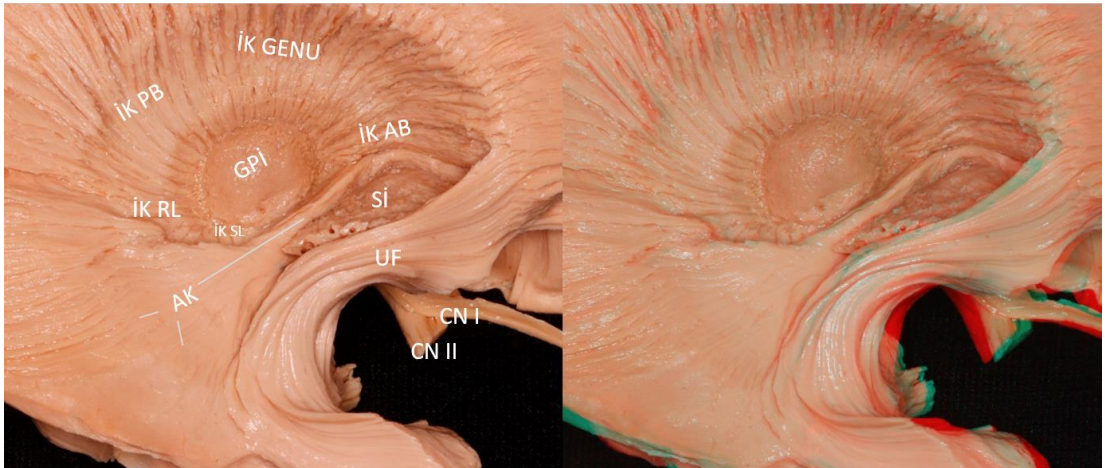
Klastrum ve dorsal eksternal kapsül tamamen kaldırılınca putamen karşımıza çıktı. Putamenin posterior yaklaşık üçte ikisi disektörle rezeke edildi, bu aşamada derinde ve medialde rengi daha soluk ama dokusu daha sert bir gri maddeye ulaşıldı, globus pallidus (resim 15). Ayrıca lentiform nükleusu medialde saran projeksiyon lifi internal kapsülün yukarı uzanan kısmı kendini gösterdi. Globus pallidusun hemen altında ise silindirik anterior komissür posterior bacağı ortaya kondu. Anterior komissürün yelpaze şeklinde açılarak oksipitale ve temporale uzanan lifleri ventral eksternal kapsül altında seyrediyordu (resim 16, 17).



**Resim 16:** Sağ globus pallidus ve internal kapsül; lateralden bakış.

(AK, anterior komissür. ALS, anterior limitan sulkus. GP, globus pallidus. İK AB, internal kapsül anterior bacağı. İK GENU, internal kapsül genu kısmı. İK PB, internal kapsül posterior bacağı. İK RL, internal kapsül retrolentiküler kısmı. İLS, inferior limitan sulkus. Sİ, substantia innominata. UF, unsinat fasikül.)

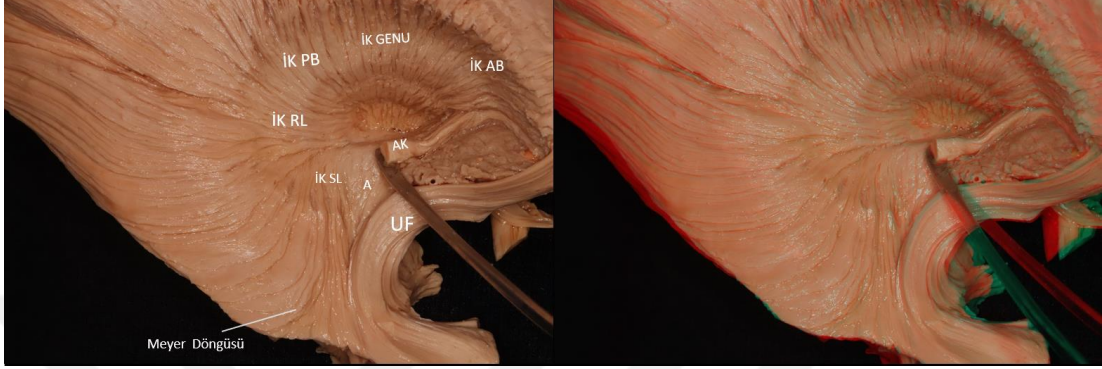
İFOF ve putamen tamamen kaldırılınca globus pallidus (eksterna) ve medialinde internal kapsül, ayrıca anterior komissür (posterior bacağı) önünde substantia innominata ortaya kondu (resim 16). İnternal kapsül anterior bacağı, posterior bacağı, bunların arasında en medialde seyreden foramen monroya komşu genu kısmı ve sagittal olarak arkaya doğru sagittal stratum katılmak için uzanan retrolentiküler kısmı tespit edildi. Substantia innominatanın izdüşümü anterior perforan maddeye denk geliyordu.



**Resim 17:** Sağ globus pallidus interna ve internal kapsül; lateralden bakış.

(AK, anterior komissür. GPI, globus pallidus interna. İK AB, internal kapsül anterior bacağı. İK GENU, internal kapsül genu kısmı. İK PB, internal kapsül posterior bacağı. İK RL, internal kapsül retrolentiküler kısmı. İK SL, internal kapsül sublenticüler kısmı. Sİ, substantia innominata. UF, unsinat fasikül.)

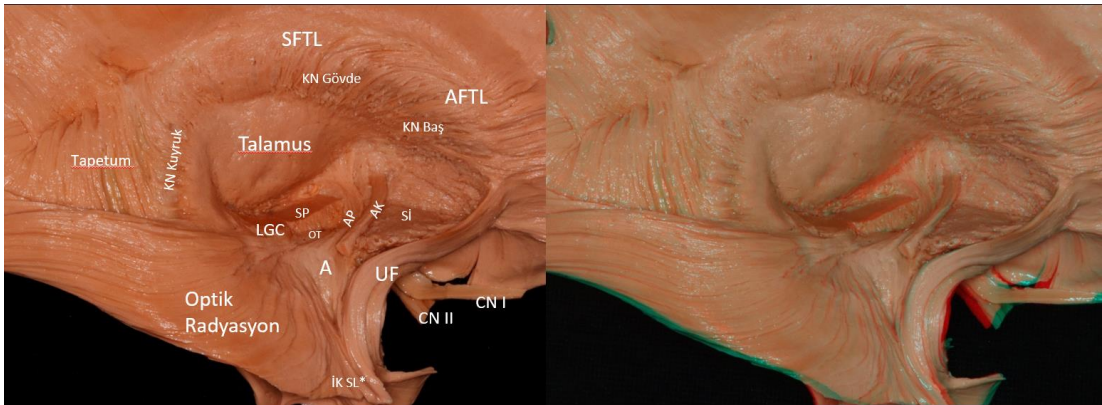
Globus pallidus eksternal kısmı rezeke edilince, inferior ve derinde temporal polden arkaya doğru pulvinara ve LGC hizasında inferiora yönelen sublentiküler internal kapsül lifleri tanındı (resim 17). Anterior komissür, retro- ve sublentiküler kapsül yüzeyinde seyrediyordu.



**Resim 18:** Sağ internal kapsül, amigdala; lateralinden bakış.

(A, amigdala. AK, anterior komissür. İK AB, internal kapsül anterior bacağı. İK GENU, internal kapsül genu kısmı. İK PB, internal kapsül posterior bacağı. İK RL, internal kapsül retrolentiküler kısmı. İK SL, internal kapsül sublentiküler kısmı. Sİ, substantia innominata. UF, unusinatus fasikül.)

Anterior komissür güdük bırakılarak distale uzanan lifleri kaldırılınca anterior komissür lifleri altında, UF posterosuperiorunda amigdala gözükte. Globus pallidus interna da kaldırılınca serebral pedinkülden itibaren yelpaze gibi açılan internal kapsül projeksiyonu ortaya kondu (resim 18). Retrolentiküler internal kapsül hafif bir kavisle parietookipitale uzanıyordu. Sublentiküler internal kapsülün ön kısmı doğrusal olarak temporal pole uzanırken, hemen arkasında LGC çıkışlı optik radyasyon liflerinin temporale uzandıktan sonra oksipitale dönüş yaptığı (Meyer Döngüsü) gözlemlendi.

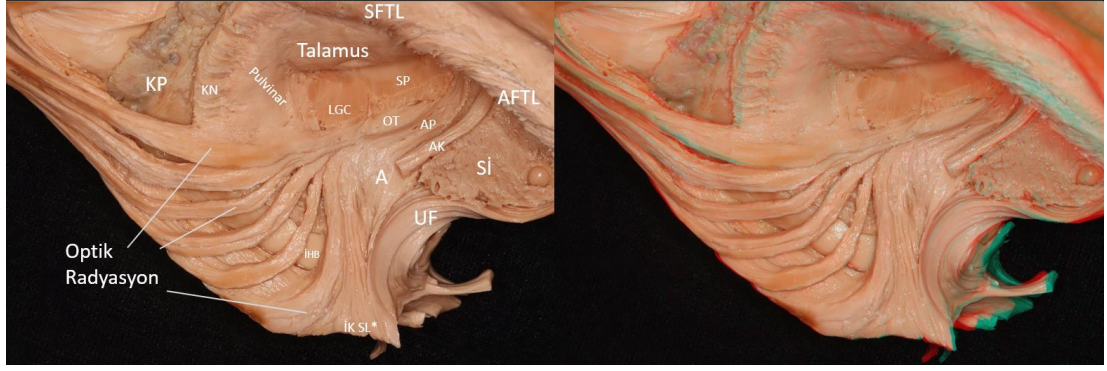


**Resim 19:** Sağ optik radyasyon; lateralinden bakış

(A, amigdala. AFTL, anterior frontal talamik lifler. AK, anterior komissür. AP, ansa pedinkularis. İK SL\*, internal kapsül sublentiküler kısmına ait temporopulvinar lifler (Arnold demeti). KN Baş, kaudat nükleus başı. KN Gövde, kaudat nükleus gövdesi. KN Kuyruk, kaudat nükleus kuyruğu. LGC, lateral genikulat cisim. OT, optik trakt. SFTL, superior frontal talamik lifler. Sİ, substantia innominata. SP, serebral pedinkül. UF, unsinat fasikül.)

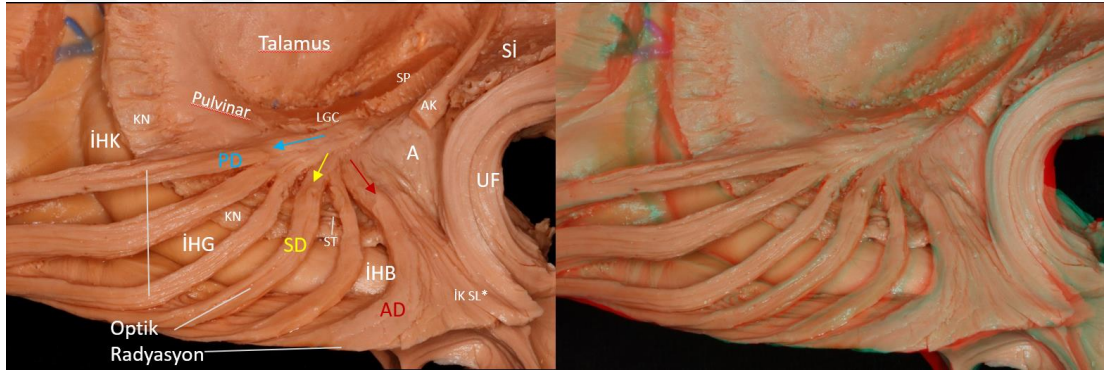
Serebral pedinkülden yükselerek kortekse dağılan internal kapsül lifleri serebral pedinkül düzeyinde güdük bırakılarak kaldırıldı. İnternal kapsülün daha derin (medial) bileşenleri, talamustan projeksiyon yapan talamik lifler ortaya çıktı. Talamik radyasyon lifleri talamustan çıktıktan sonra kaudat nükleus baş, gövde ve kuyruk lateralinde yer alarak kortekse uzanıyordu. Anterior komissür posterior bacağı medialinde sırasıyla amigdaladan projeksiyon yapan ansa pedikularis (ventral amigdalofugal yolak) ve LGC'ye yönelen optik trakt görüldü. Oksipitotalamik projeksiyon, LGC'den kalkıp oksipitale uzanarak optik radyasyonu oluşturuyordu. Anterior temporale kavis yapan lifler Meyer Döngüsü'ne katılarak anterior demeti, laterale kavis yapan lifler santral demeti, doğrudan oksipitale yönelenler posterior demeti oluşturuyordu (resim 19, 20, 21). Oksipitotalamik projeksiyon liflerinin derininde spleniumdan kalkan tapetum lifleri, paryetal ve oksipitale yönelen talamik lifleri çaprazlıyor ve ventriküle en yakın katmanı oluşturuyordu (resim 19, 20, 21, 22).

Optik radyasyona ızgara şeklinde pencere açılarak tapetal lifler, ventrikül ependimiyle eksize edilince temporal boynuz ve atrium, koroid pleksus, kaudat nükleus kuyruğu, stria terminalis ve hipokampus ortaya çıktı. Lateral ventrikül içinde yerleşik koroid pleksus intraventriküler hipokampusun kuyruk ve gövdesini örtüyor, baş sınırına kadar uzanıyordu (resim 20).



**Resim 20** Sağ optik radyasyon, koroid pleksus ve hipokampus ilişkisi; yukarıdan bakış.

(A, amigdala. AFTL, anterior frontal talamik lifler. AK, anterior komissür. AP, ansa pedinkularis. İHB, intraventrüküler hipokampal baş. İK SL\*, internal kapsül sublentiküler kısmına ait temporopulvinar lifler (Arnold demeti). KN, kaudat nükleus (kuyruğu). KP, Koroid pleksus (glomus). LGC, lateral genikulat cisim. OT, optik trakt. SFTL, superior frontal talamik lifler. Sİ, substantia innominata. SP, serebral pedinkül. UF, unsinat fasikül.)

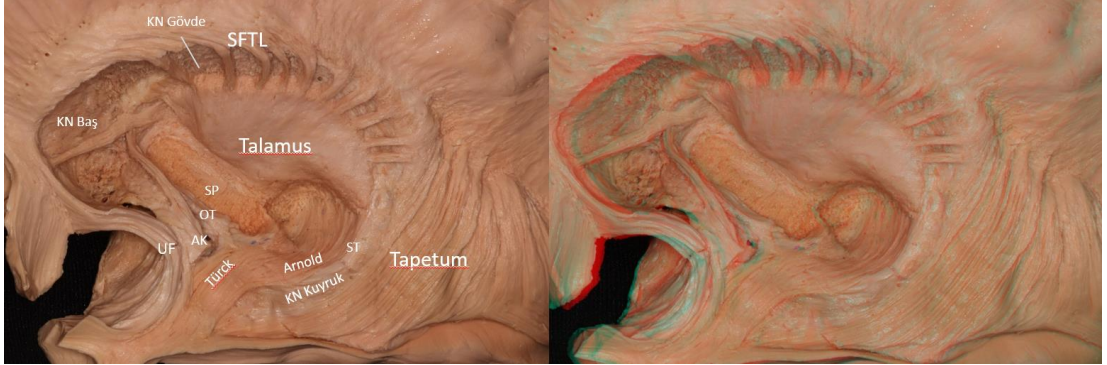


**Resim 21:** Sağ optik radyasyon ve hipokampus ilişkisi, lateralden bakış.

(A, amigdala. AD, anterior demet. AK, anterior komissür. İHB, intraventrüküler hipokampal baş. İHG, intraventrüküler hipokampal gövde. İHK, intraventrüküler hipokampal kuyruk. İK SL\*, internal kapsül sublentiküler kısmına ait temporopulvinar lifler (Arnold Demeti). KN, kaudat nükleus (kuyruğu). LGC, lateral genikulat cisim. PD, posterior demet. SD, santral demet. Sİ, substantia innominata. SP, serebral pedinkül. ST, stria terminalis. UF, unsinat fasikül.)

Koroid pleksus kaldırılınca atrium ve temporal boynuz inferomedialine yerleşen intraventrüküler hipokampus tamamen gözüktü (resim 21). Optik radyasyon trasesi boyunca tüm hipokampusun üzerini örtüyordu. Anteromedialde küçük bir kısmı örtmüyordu. Burayı da sublentiküler kapsülün Arnold Lifleri çaprazlıyordu, ancak daha medialdeki Türck Demeti uzanmıyordu (resim 22). Amigdala çıkışlı stria

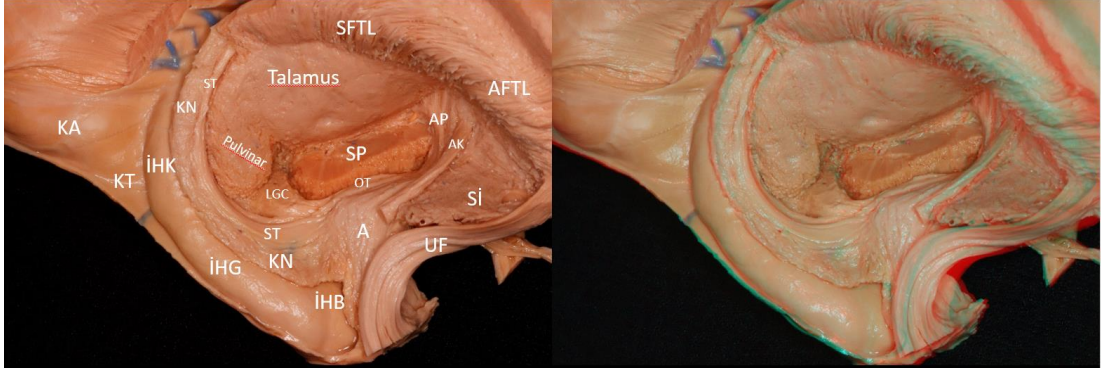
terminalis ve amigdalaya bağlanmak üzere ona doğru uzanan kaudat nükleus kuyruğu optik radyasyon derininde “temporal stem” en derin katmanını oluşturuyordu.



**Resim 22:** Farklı bir diseksiyonda sol hemisfer; temporal boynuz hemen üstünü kaplayan lifler. Optik radyasyon kaldırılmış.

(AK, anterior komissür. Arnold, Arnold demeti; temporopulvinar lifler. KN Baş, kaudat nükleus başı. KN Gövde, kaudat nükleus gövdesi. KN Kuyruk, kaudat nükleus kuyruğu. OT, optik trakt. SP, serebral pedinkül. ST, stria terminalis. Türck, Türck demeti; temporopontin lifler. UF, unsinat fasikül.)

Sublentiküler internal kapsülün temporal pole uzanan ön kısmını Türck ve Arnold Demeti oluşturuyordu (resim 22). Türck Demeti (temporopontin lifler) pons ve serebral pedinkülden çıktıktan sonra LGC üzerinden temporal pole uzanıyordu. Arnold Demeti (temporopulvinar ya da temporotalamik lifler) pulvinar talamiden köken alarak temporal pole uzanırken, Türck Demeti'nin daha lateralinde ve amigdala ile ilişkili tanımlandı. Her iki lif de temporal boynuz anterior çatısına katılıyordu. Stria terminalis ve kaudat nükleus bu liflerin altından temporal boynuz önündeki amigdalaya uzanıyordu. Tapetum, kaudat kuyruğunun lateralinde uzanarak atrium ve temporal boynuz superolateral çatısını oluşturuyordu.

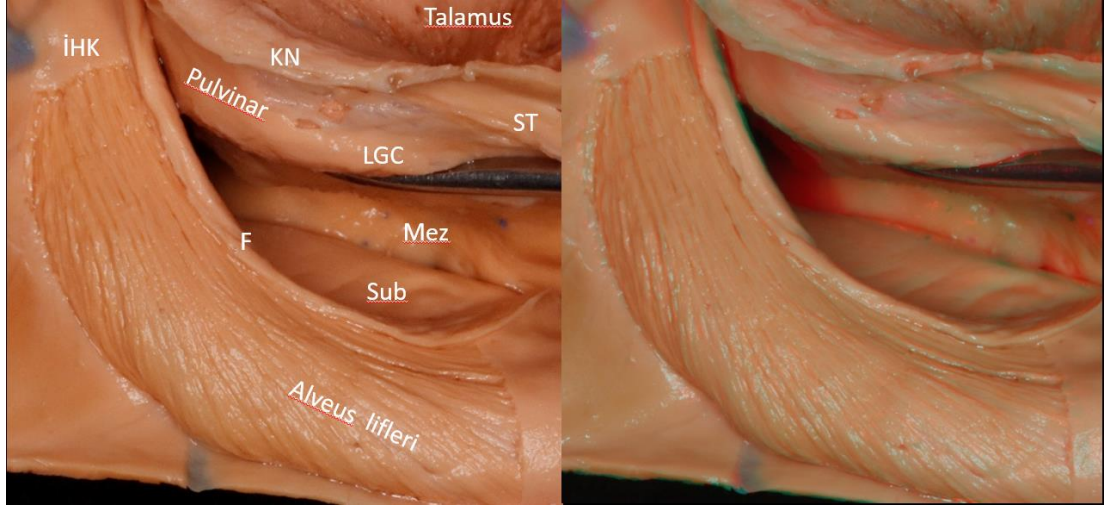


**Resim 23:** Sağ intraventriküler hipokampus, lateral bakı.

(A, amigdala. AD, AFTL, anterior frontal talamik lifler. AK, anterior komissür (posterior uzantısı, güdük). AP, ansa pedinkularis. İHB, intraventriküler hipokampal baş. İHG, intraventriküler hipokampal gövde. İHK, intraventriküler hipokampal kuyruk. KA, kalkar avis. KN, kaudat nükleus (kuyruğu). KT, kollateral trigon. LGC, lateral genikulat cisim. OT, optik trakt. SFTL, superior frontal talamik lifler. Sİ, substantia innominata. SP, serebral pedinkül. ST, stria terminalis. UF, unsinat fasikül.)

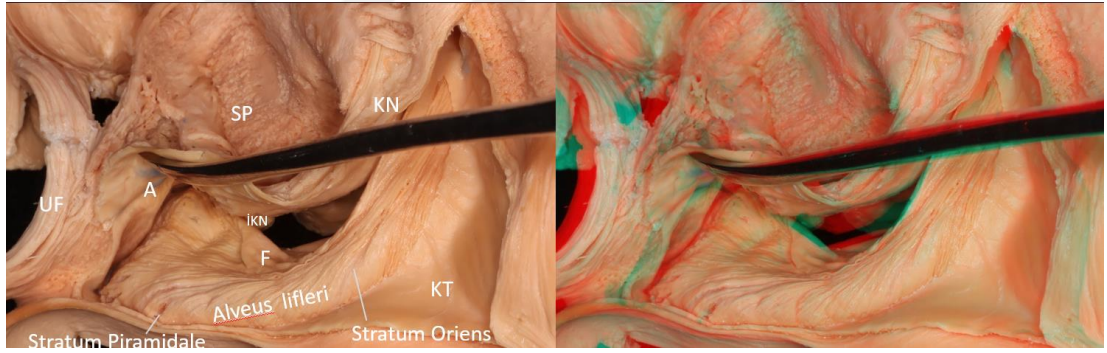
Resim 22'den devam edilerek, optik radyasyon ve Arnold Demeti, Türk Demeti, koroid pleksus (tela koroideadan kesilerek) kaldırıldı. Hipokampusun atrium ve temporal boynuz içerisinde kaudalden rostrale kavis çizen görüntüsü ortaya çıktı (resim 23). Kaudat nükleusun kuyruğu hipokampusun tüm intraventriküler çatısında asılı duruyordu. Kaudat nükleus kuyruğu, medialinde seyreden stria terminalis (dorsal amigdalofugal yolak) ile beraber ventrikül çatısında amigdalaya uzanıyordu. Amigdala, intraventriküler hipokampus başının hem önünde hem de üstünde duruyordu.

Tela koroideanın fimbriya ve stria terminalise tutunduğu teniaları eksize edilerek koroid fissür açıldı ve ambient sisternaya ulaşıldı. Ambient sisternde, tabanda subikulum, medialde mezensefalon posterolateral duvarı, tavanda ise pulvinar ve lateral genikulat cisim gözüktü (resim 24). Ependim ardından intraventriküler alveus lifleri mikropensetle kısmen kaldırıldı.



**Resim 24:** Sağ intraventricüler hipokampus alveus lifleri. Disektör LGC'yi yükseltmiş.

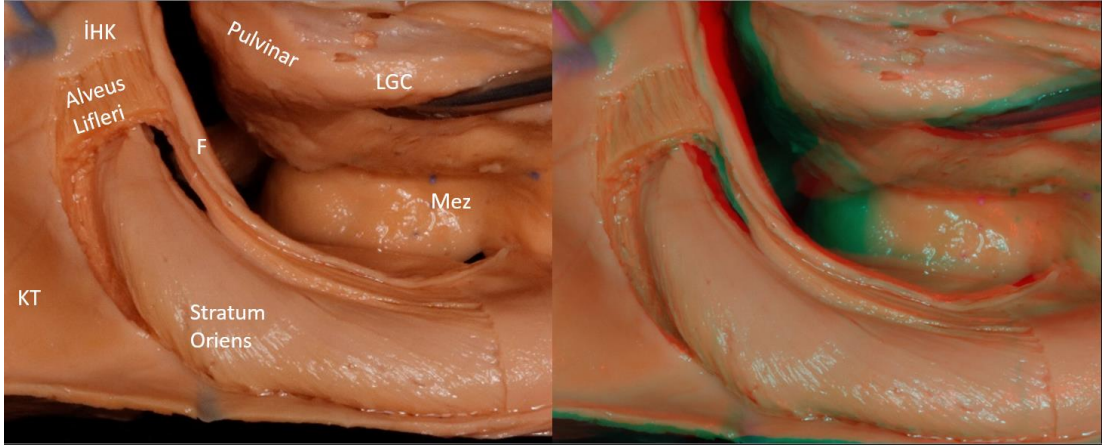
(F, fimbria. İHK; intraventricüler hipokampal kuyruk. KN, kaudat nükleus (kuyruk). LGC, lateral genikulat cisim. Mez, mezensefalon. Sub, subikulum.)



**Resim 25:** Sol intraventricüler hipokampus alveus lifleri. Sol hipokampus alveus lifleri, amigdala ve kaudat nükleus bileşkesi disektörle yükseltilmiş. Amigdala intraventricüler hipokampus önünde ve üstünde bağımsız asılı duruyor. Alveusun altında yer yer stratum oriens seçilebiliyor, stratum oriensin zedelendiği yerlerde ise piramidal hücreler kendini gösteriyor.

(A, amigdala. F, fimbria. İKN, inferior koroidal nokta. KN, kaudat nükleus (kuyruk). KT, kollateral trigon. SP, serebral pedinkül. UF, unsinat fasikül.)

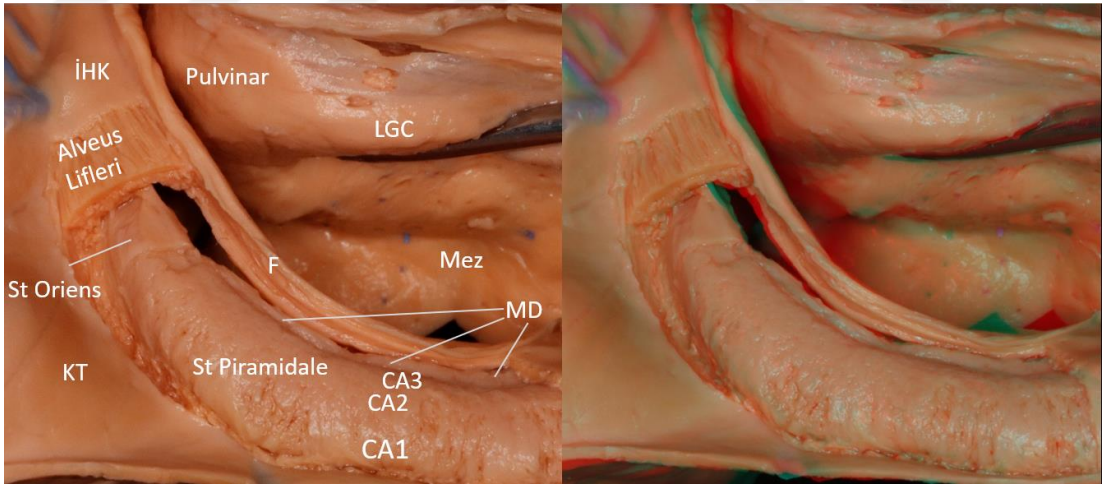
Alveus lifleri intraventricüler hipokampus anteroinferolateralinden posterosuperomediale yükseliyorlardı. Hipokampus baş bölgesinden yükselen liflerin fimbriaya katıldığı, yine gövde ve kuyrukta medialden yükselen liflerin fimbriaya katıldığı, ancak gövde ve kuyruk lateralinde yükselen liflerin mediale yöneldiği ama fimbriaya katılmayarak paralel seyrettiği gözlemlendi (resim 24, 25).



**Resim 26:** Sağ intraventrüküler hipokampus alveusu kaldırılınca stratum oriens katmanı.

(İHK, intraventrüküler hipokampal kuyruk. KT, kollateral trigon. LGC, lateral genikulat cisim. Mez, mezensefalon.)

Fimbria ve alveus, liflerin katılmasıyla kaudale doğru kalınlaşıyordu (resim 26). Alveus katmanından sonra ince, zarımsı stratum oriens katmanına ulaşıldı. Bu ince katman içinde de anteroinferolateralden posterosuperomediale seyreden çok ince lif traseleri fark edildi. Bu liflerin Schaffer Kollateralleri ile uyumlu olduğu düşünüldü (53, 57, 66).

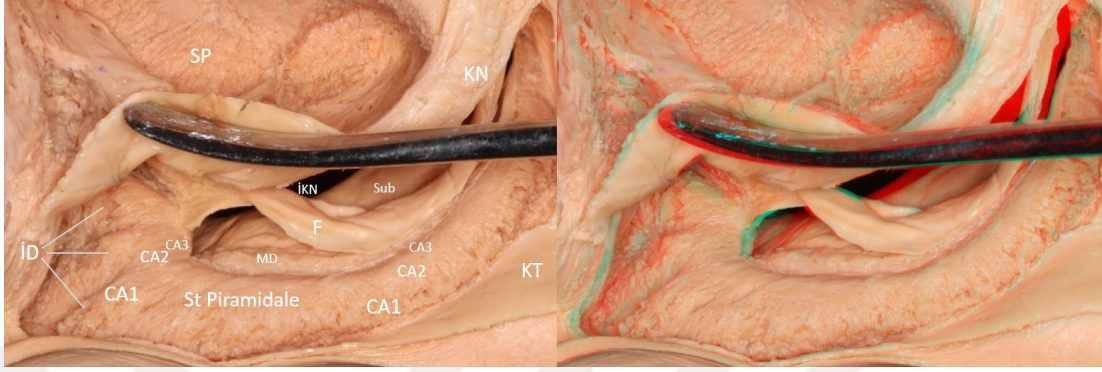


**Resim 27:** Sağ intraventrüküler hipokampus stratum piramidaleye kadar katmanlar, lateralden bakış. Fimbria alveustan serbestleştiği için sisternal kısımdaki margo dentikulatus görülüyor.

(F, fimbria. KT, kollateral trigon. LGC, lateral genikulat cisim. MD, margo dentikulatus.)

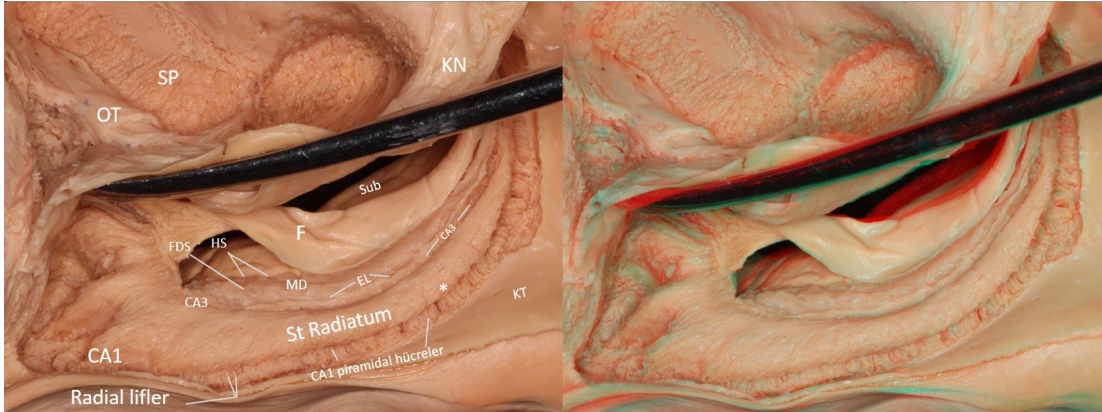
Zarımsı stratum oriens rezeke edilince belirgin kalın stratum piramidale karşımıza çıktı (resim 27, 28). Cornus Ammonis'in en kalın ve esas hücrelerinin bulunduğu katmanı stratum piramidalenin; dentat girusun oluşuna girdiği kısmı CA4,

superiorda kalan kısmı CA3, superolateralde kalan kısmı CA2, lateral ve inferior kısmı ise CA1'dir (28, 61). Dentat girus oluğu proksimal kabul edilirse bu sıralama proksimalden distale şeklindedir.



**Resim 28:** Sol intraventricüler hipokampus stratum pyramidale katmanı, lateralden bakış.

(F, fimbria. İD, internal dijitasyon. İKN, inferior koroidal nokta. KN, kaudat nükleus (kuyruğu). KT, kollateral trigon. MD, margo dentikulatus. Sub, subikulum. SP, serebral pedinkül.)

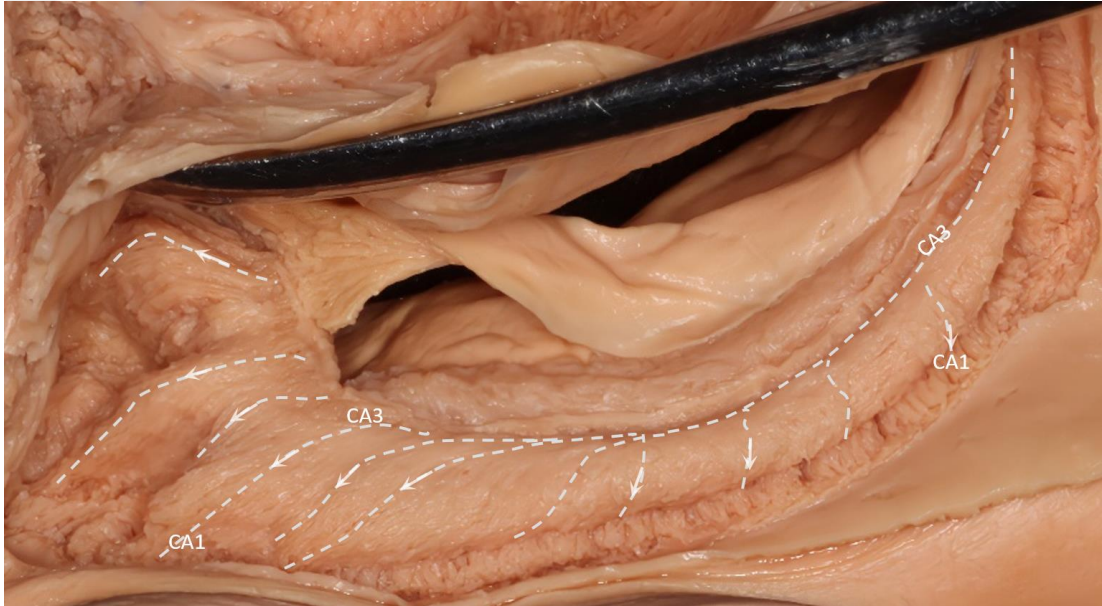


**Resim 29:** Sol intraventricüler hipokampus stratum radiatum katmanı, lateralden bakış. Stratum radiatumda gördüğümüz lifler Schaffer Kollateralleri ile uyumlu.

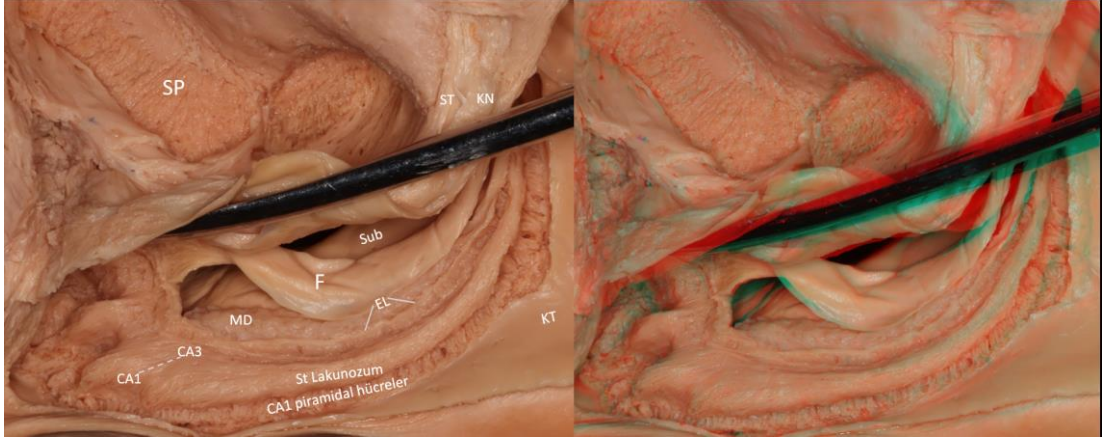
(\* , stratum radiatumun katmanının kalktığı defektif alanda alttaki stratum lakunozum gözüküyor. EL, endfolial lifler. F, fimbria. FDS, fimbriodentat sulkus. HS, (seuperfisyal) hipokampal sulkus. İD, internal dijitasyon. KN, kaudat nükleus (kuyruğu). KT, kollateral trigon. MD, margo dentikulatus. OT, optik trakt. Sub, subikulum. SP, serebral pedinkül.)

Stratum pyramidale süperior yüzeyde rezeke edildi (resim 29, 30). Cornu Ammonis içinde CA2 piramidal hücre katmanının en ince, CA1'inkinin en kalın olduğu fark edildi. CA1, CA2, CA3 katmanlardaki piramidal hücrelerin stratum radiatum üzerinde sütunlar şeklinde paralel dizildiği gözlemlendi. Özellikle CA1 hücre

katmanında bu katmanı koronal düzlemde aşan radial lifler gözlemledik. CA1'deki radial liflerin angüler demetin alvear yolağının terminal lifleri olduğu düşünüldü; alvear yolak CA1 alveusuna ulaşınca koronal ekseninde 90 derece dönüş yaparak piramidal katmanı radyal olarak transit aşır, stratum lakunozum-molekülerde sinaps yapar (50). Piramidal hücreler rezeke edilince ortaya çıkan stratum radiatum farklı rengi, dokusu yanında yoğun ak madde lifleri içeriyordu. CA3 ve CA1 hücreleri arasında posterosuperomedialden anteroinferolaterale uzanan liflerin Schaffer Kollateralleri (CA3 →CA1) olduğu düşünüldü. Hipokampal başta internal dijitalasyonlarında bu lifler internal dijitalasyonlara paralel seyrediyordu. Bununla birlikte, CA3→CA3 arasında longitudinal uzanan liflerin de asosiasyon lifleri ile uyumlu olduğu değerlendirildi.

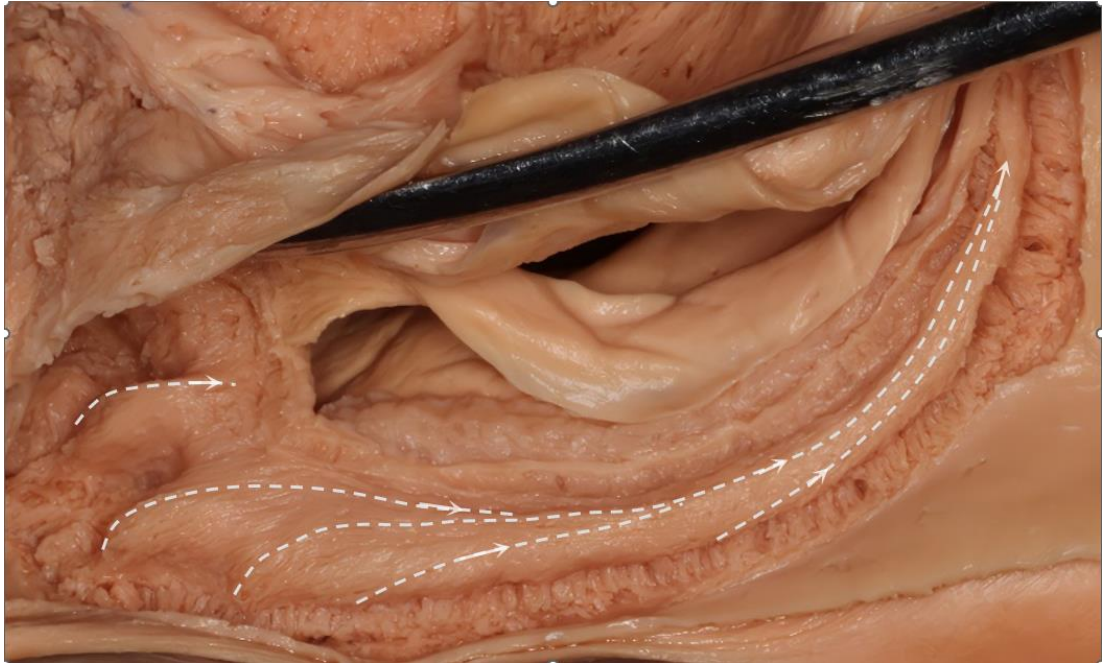


**Resim 30:** Stratum radiatumdaki liflerin seyri kesikli çizgilerle gösteriliyor. CA3 ve CA1 arasında posterosuperomedialden anteroinferolaterale seyreden lifler Schaffer Kollateralleri, CA3- CA3 arasında longitudinal seyreden lifler CA3 asosiasyon lifleriyle uyumlu. Hipokampal baş internal dijitalasyonlarında Schaffer Kollateralleri internal dijitalasyonlara paralel yerleşiyor. Resim 29 ve 30 aynı aşamaya aittir.



**Resim 31:** Sol intraventricüler hipokampus stratum lakunozum katmanı, lateralden bakış. Bu katmanda gördüğümüz lifler perforan liflerin devamıyla uyumludur.

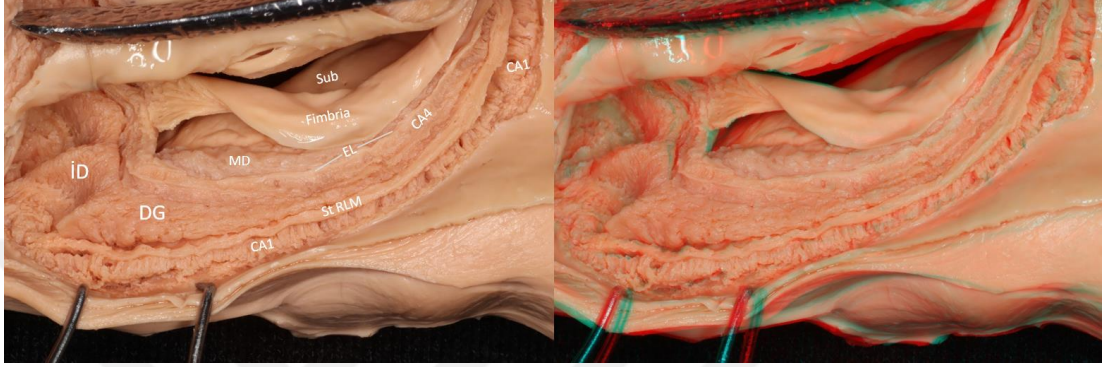
(EL, endfolial lifler. F, fimbria. İD, internal dijitasyon. İKN, inferior koroidal nokta. KN, kaudat nükleus (kuyruğu). KT, kollateral trigon. MD, margo dentikulatus. Sub, subikulum. ST, stria terminalis. SP, serebral pedinkül.)



**Resim 32:** Stratum lakunozum katmanındaki perforan liflerin internal dijitasyonlara paralel yükseldikten sonra gövde ve kuyrukta hipokampus uzun ekseninde longitudinal seyri kesikli çizgilerle gösteriliyor. Resim 31 ve 32 aynı aşamaya aittir.

Stratum radiatum katmanı rezeke edildi, stratum lakunozum katmanı ortaya konuldu (resim 31, 32). Bu katmanda gördüğümüz liflerin perforan liflerin devamıyla uyumlu olduğunu değerlendirdik. Lifler hipokampal baştaki internal dijitasyonlara paralel yükseldikten sonra hipokampal gövde kuyrukta ve hipokampusun uzun ekseninde longitudinal olarak kaudale seyrediyordu.

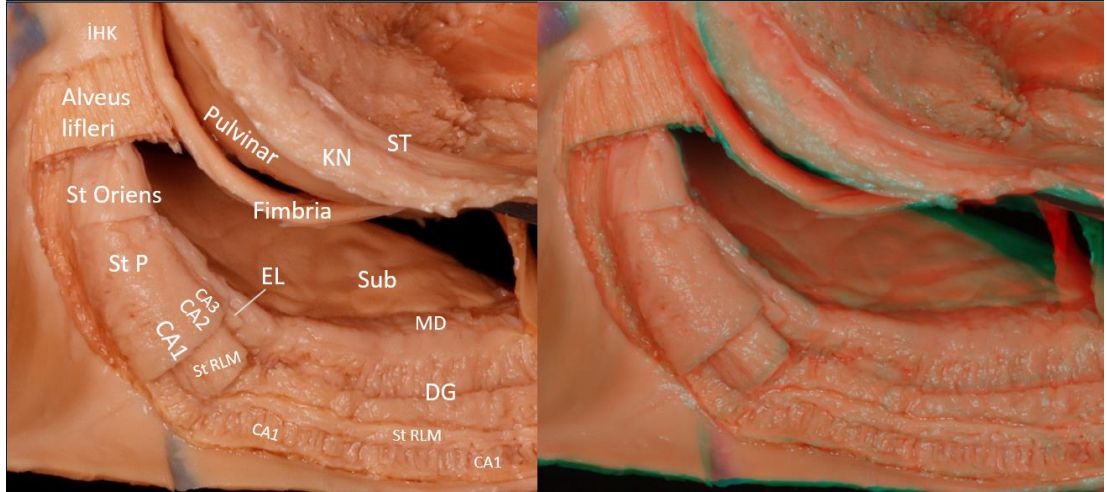
Dentat girus oluşunda, fimbriodentat sulkus derininde CA3 medialine dikey olarak yükselen kısa bir ak madde lif demeti fark edildi. Bu liflerin literatürde CA4 ve CA3 arasında stratum orienste uzandığı belirtilen endfolial liflerle uyumlu olduğu değerlendirildi.



**Resim 33:** Sol intraventriküler hipokampus stratum lakunozum ve molekölare katmanını rezeke edilince dentat girus ortaya çıkmış, lateralden bakış.

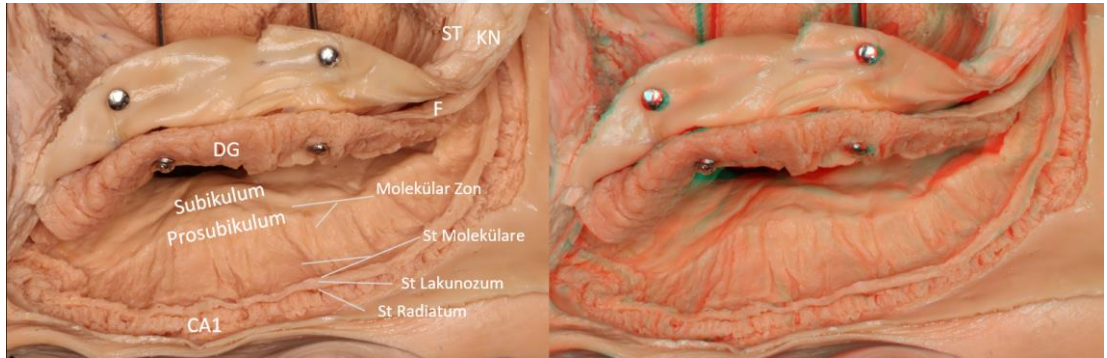
(DG, dentat girus. EL, endfolial lifler. ID, internal dijitalasyon. MD, margo dentikulatus. St RLM, stratum radiatum-lakunozum-molekölare. Sub, subikulum.)

Stratum lakunozum rezeke edilirken yine perforan lifler barındıran stratum molekölare katmanını mikrodiseksiyonla ayırt etmek mümkün olmadı. Sonraki aşamada dentat girus karşımıza çıktı (resim 33, 34). Dentat girusun, rostralde internal dijitalasyonların iskeletini oluşturduğu görüldü. Dentat girus stratum molekölare ile Cornu Ammonis stratum molekölare arasındaki kalıntı hipokampal sulkus, aralarındaki sınırın anlaşılmasını kolaylaştırdı. İntraventriküler hipokampal baştan itibaren dentat girusun enine kalınlığı kuyruğa doğru azalıyordu. Dişli yapısı intraventriküler baştan kuyruğa kadar uzun eksene enine yerleşen formunu koruyordu. Dişler, intraventriküler başta en büyük hacimle internal dijitalasyonların iskeletini oluşturuyordu.



**Resim 34:** Sağ hemisferde lateralden mediale diseksiyonla alveus lifleri, stratum oriens, stratum piramidale, ak maddeden yoğun st RLM ve dentat girusun oluşu.

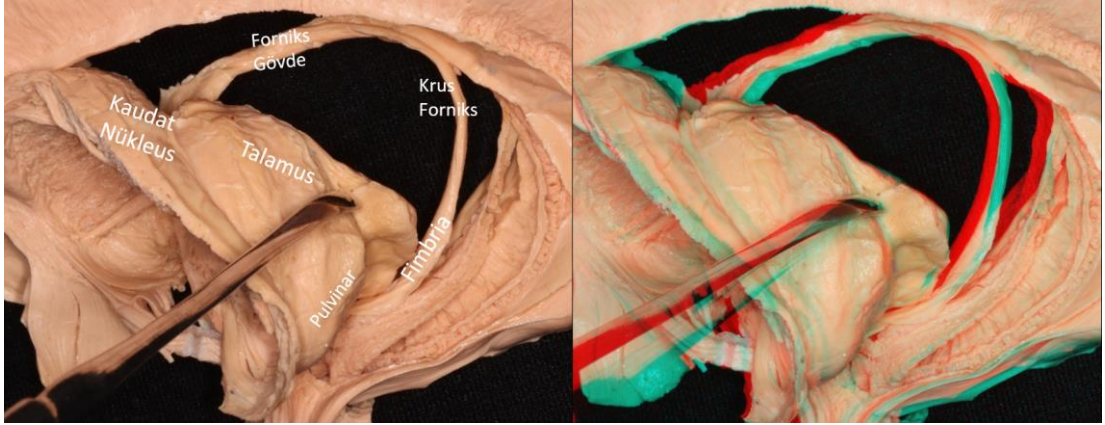
(DG, dentat girus. EL, endfolial lifler. İHK, intraventriküler hipokampal kuyruk (ependim). KN, kaudat nükleus (kuyruğu). KT, kollateral trigon. MD, margo dentikulatus. ST, stria terminalis. St P, stratum piramidale. St RLM, stratum radiatum-lakunozum-molekölare. Sub, subikulum. SP, serebral pedinkül.)



**Resim 35:** Sol dentat girus yükseltilerek retrakte edilince stratum molekölare ve moleküler zon gözüküyor, lateralden bakış.

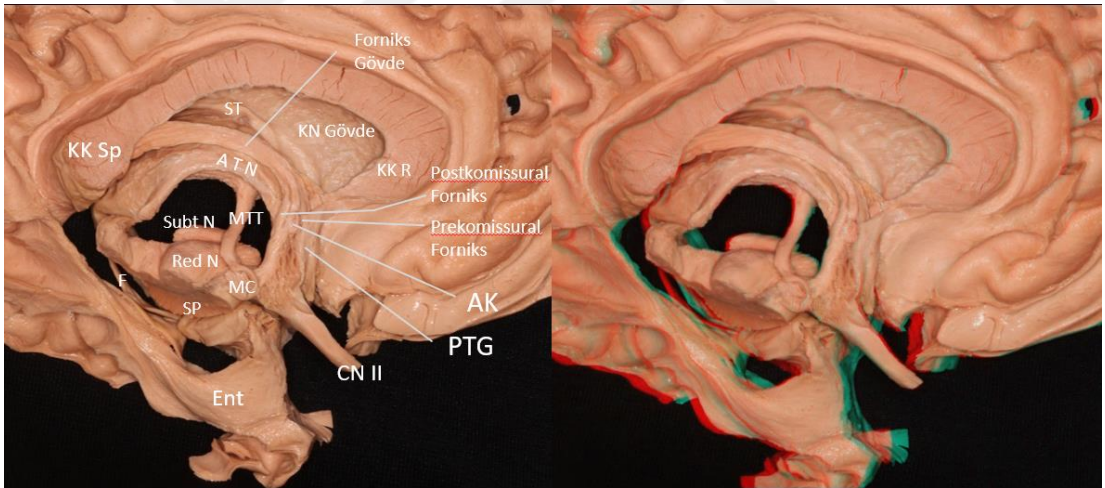
(DG, dentat girus. F, fimbria. KN, kaudat nükleus (kuyruğu). ST, stria terminalis.)

Dentat girus eleve edilerek, altındaki Cornu Ammonis stratum molekölare katmanı ve subikuluma ait moleküler zon görüldü. Subikulum lateralden mediale prosubikulum, (esas) subikulum, presubikulum ve parasubikulumdan oluşmaktaydı. Subikulum katmanlarını perfore ederek medialden laterale yükselen perforan lifler dentat girusa ve Cornu Ammonis'e ulaşmaktaydı. Dentat girus altında, moleküler zondan dentat girusa yükselen lif bağlantıları ve stratum molekölereye transvers ilerleyen lifler gözlemlendi. Bu lifler perforan liflerle uyumluydu.



**Resim 36:** Talamus boyunca dolanan fimbria ve uzantısı forniks.

Bu aşamada kaudat nükleus medial sınırı boyunca serbestleştirilerek disektörle retrakte edildi ve fimbrianın krus fornikse dönüştüğü ve daha sonra forniks gövdesiyle devam ettiği görüldü. Forniks gövdesi foramen monroya kadar takip edildi ve forniks'in kolumnaları tanımlandı. (resim 36).



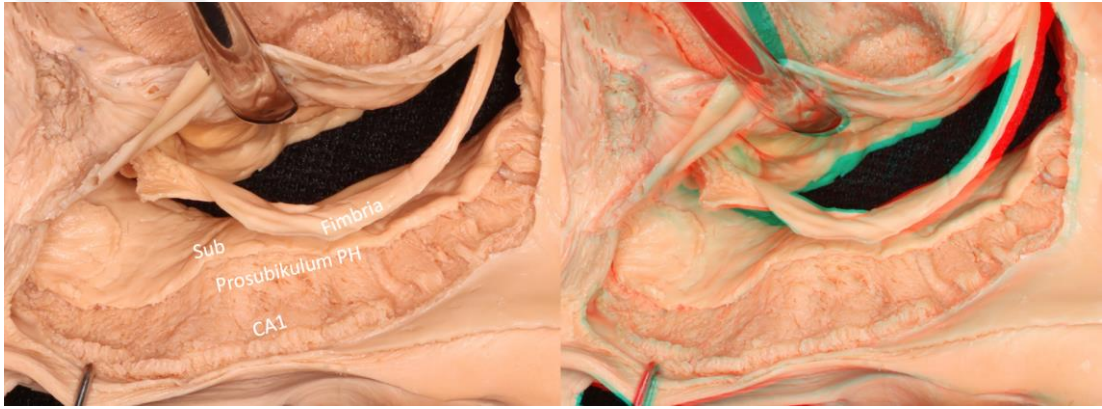
**Resim 37:** Sol forniks gövdesi, medialden bakış.

(AK, anterior komissür. ATN, anterior talamik nükleus. Ent, entorinal alan. F, fimbria. KK R, korpus kallozum rostrum. KK Sp, korpus kallozum spleniumu. KN gövde, kaudat nükleus gövde. MC, mamiller cisim. MTT, mamillotalamik trakt. PTG, paraterminal girus. Red N; red nükleus. SP, serebral pedinkül. ST, stria terminalis. Subt N, subtalamik nükleus.)

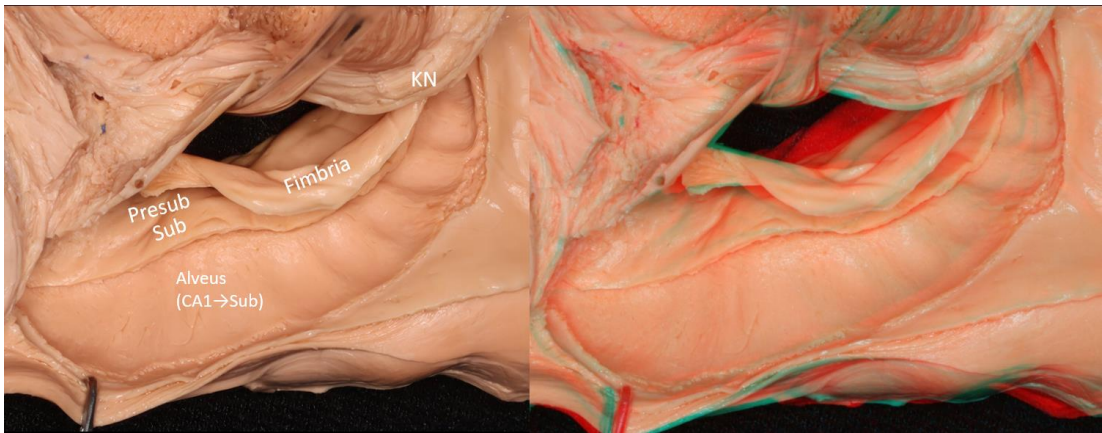
Resim 36'dan devam edilerek medialden yapılan diseksiyonda sol hemisfere ait forniksın anterior komissür düzeyinde ön ve arka dal verdiği görüldü. Öndeki ince prekomissüral forniks septal bölgeye ulaşıyordu. Daha kalın postkomissüral forniks ise mamiller cisme, mamiller cisim ise talamus anterior talamik nükleusuna mamillotalamik traktla bağlantı sağlıyordu (resim 37). Nihayet anterior talamik

nükleus, singulat korteks ve retrosplenial kortekse lifler vererek polisinaptik yolun kortikal çıktısını oluşturacaktır (28).

Resim 36'dan lateral diseksiyonla devam edilerek, dentat girus eksize edildi. CA1 st RLM'si, prosubikulum tabakasının moleküler zonu kaldırılınca CA1 ve prosubikulum piramidal hücreleri gözükte (resim 38). Distal CA1 stratum piramidalesi, proksimal CA1 katmanına göre daha da kalındı ve hücrelerin paralel sütunlar şeklinde dizilimi korunuyordu. Hipokampal gövde ve kuyruk distal CA1 tabakasında hipokampusun uzun eksenine dik dişli yapı (girifikasyonlar) varlığı ve bu formun komşu ak madde katmanlarına ve lif seyirlerine yansıdığı gözlemlendi.



**Resim 38:** Sol hipokampus distal (taban) CA1, lateralden bakış. Hipokampal (superfisyal) sulkus yaklaşık sınır kabul edilerek prosubikulum moleküler zon ve CA1 stratum molekülaresi kaldırılmış. (Prosubikulum PH, prosubikulum piramidal hücreler. Sub, subikulum.)

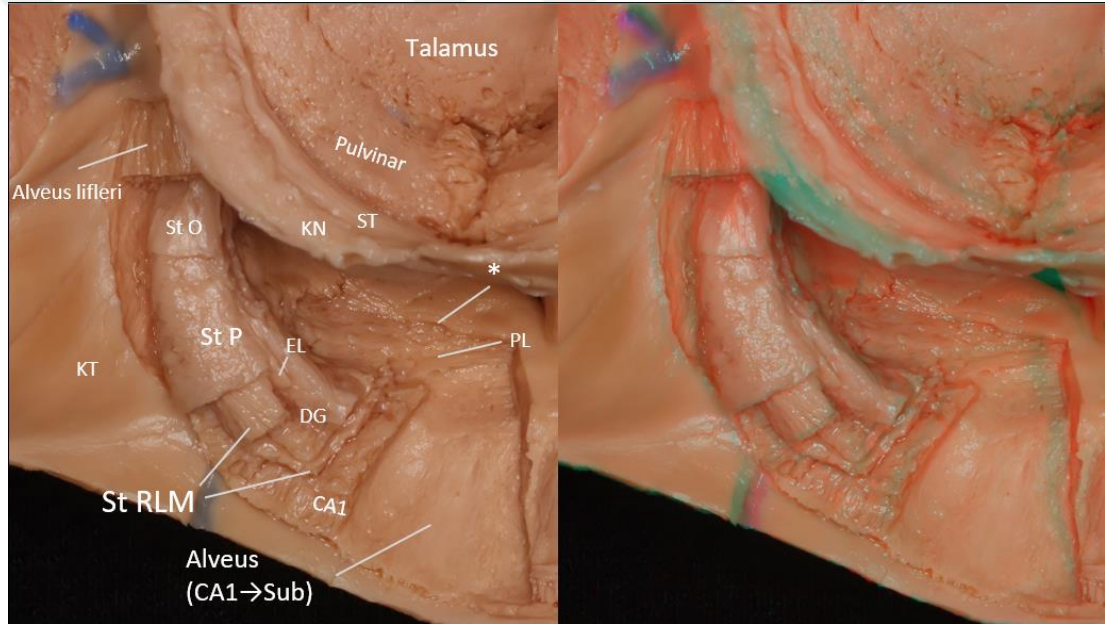


**Resim 39:** Sol hipokampus tabanını döşeyen alveus tabakası; girifikasyonların gövde ve kuyrukta taban alveusunu şekillendirdiği görülüyor. Medialden laterale girifikasyonlara paralel uzanan lifler

seçilebiliyor. Burada gördüğümüz lifler subikulumdan fimbriya uzanan liflerin proksimalini ve CA1'den subikulumu uzanan lifleri içeriyor.

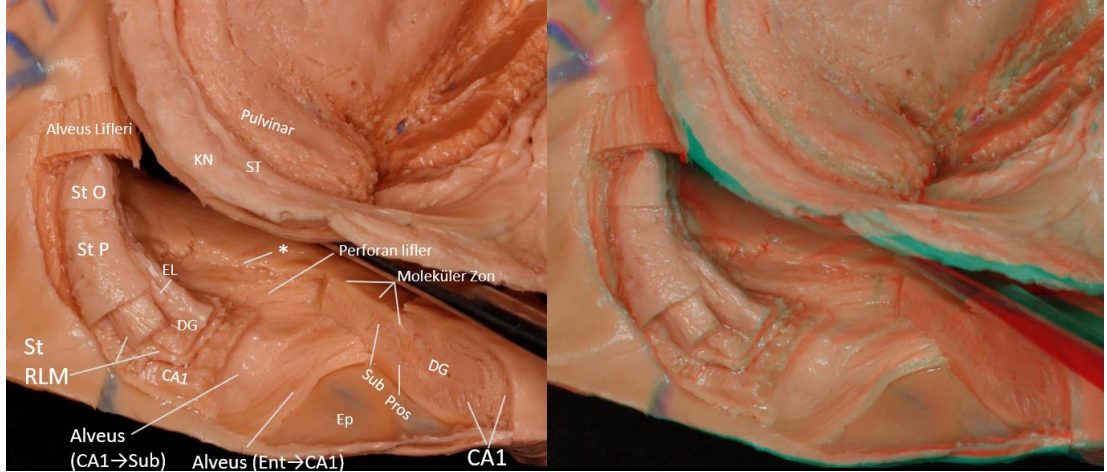
(KN, kaudat nükleus (kuyruğu). Presub, presubikulum. Sub, subikulum.)

CA1 ve prosubikulum, katmanlarındaki piramidal hücreler kaldırıldığında belirgin bir stratum oriens tabakası ile karşılaşmadık. Tabanı döşeyen yüzeyel alveus lifleri karşımıza çıktı. Bu lifler CA1'den subikulumu uzanan alveus lifleri ile ve subikulumdan fimbriya uzanacak alveus lifleriyle uyumludur. Bu liflerin seyri gövde ve kuyruk kısmında uzun eksene göre enine uzanan distal CA1'in şekillendirdiği çukurluklara paraleldi.



**Resim 40:** Sağ hipokampus katmanları; taban alveusuna kadar ardışık diseksiyon, lateralden bakış.

(\* presubikulumda ilerleyen longitudinal lifler. DG, dentat girus. EL, endfolial lifler. KN, kaudat nükleus (kuyruğu). KT, kollateral trigon. PL, perforan lifler. ST, stria terminalis. St O, stratum oriens. St P, stratum pyramidale. St RLM, stratum radiatum-lakunozum-molekölare. SP, serebral pedinkül.)

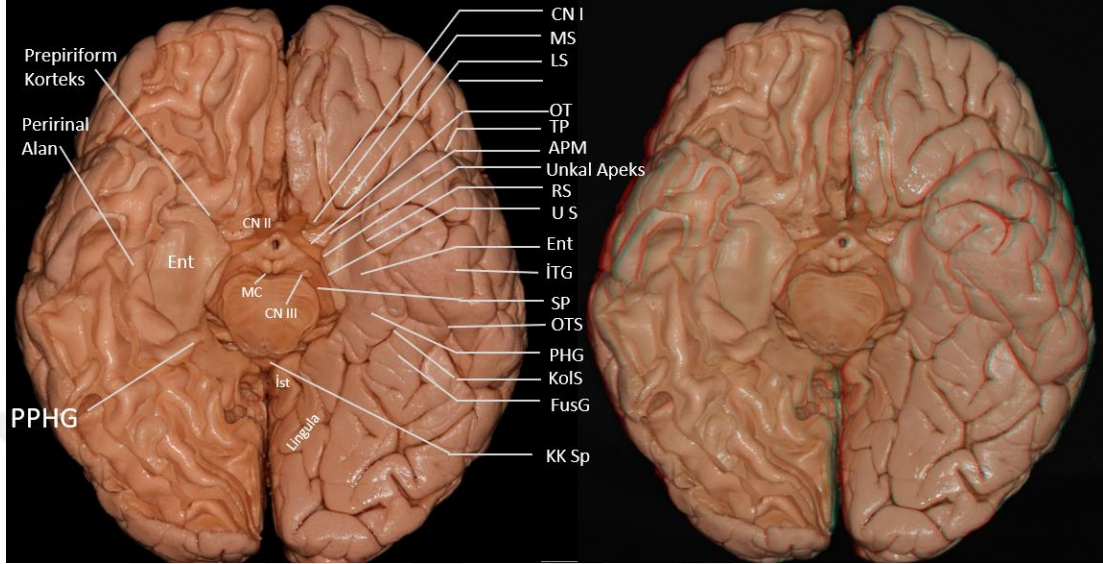


**Resim 41:** Sağ hipokampus katmanları; taban endimine kadar ardışık diseksiyon, lateralden bakış. (\* presubikulumda ilerleyen longitudinal lifler. DG, dentat girus. EL, endfolial lifler. KN, kaudat nükleus (kuyruğu). Pros, prosubikulum. ST, stria terminalis. St O, stratum oriens. St P, stratum pyramidale. St RLM, stratum radiatum-lakunozum-molekölare. Sub, subikulum.)

Sağ hemisferde yapılan diseksiyonda hipokampus altındaki endime kadar ulaşıldı (resim 41, 42). Taban alveusunun superiorunda, horizontal CA1→subikulum lifleri ve subikulundan fimbriaya ilerleyen alveus lifleri mevcutken, inferiorda anteromedialden posterolaterale ilerleyen alveus lifleri ile karşılaştık. Bu lifler entorinal alan ve CA1 arasında uzanıyordu; dolayısıyla angüler demet alvear yolakla uyumludur (56,57,66). Presubikulumdaki piramidal katman, entorinal alandan prosubikuluma ilerlerken transit geçen perforan lif ak maddesinden zengindir. Nitekim diseksiyonda presubikulum piramidal zonunda anteromedialden posterolaterale ilerleyen perforan lifler izlendi. Pre- ve parasubikulum korteksi üzerinde ise sagittal longitudinal lifler görüldü. Bu liflerin, angüler demet superfisyal lifleri ve singulumla ilişkili olabileceği değerlendirildi (42,56,57).



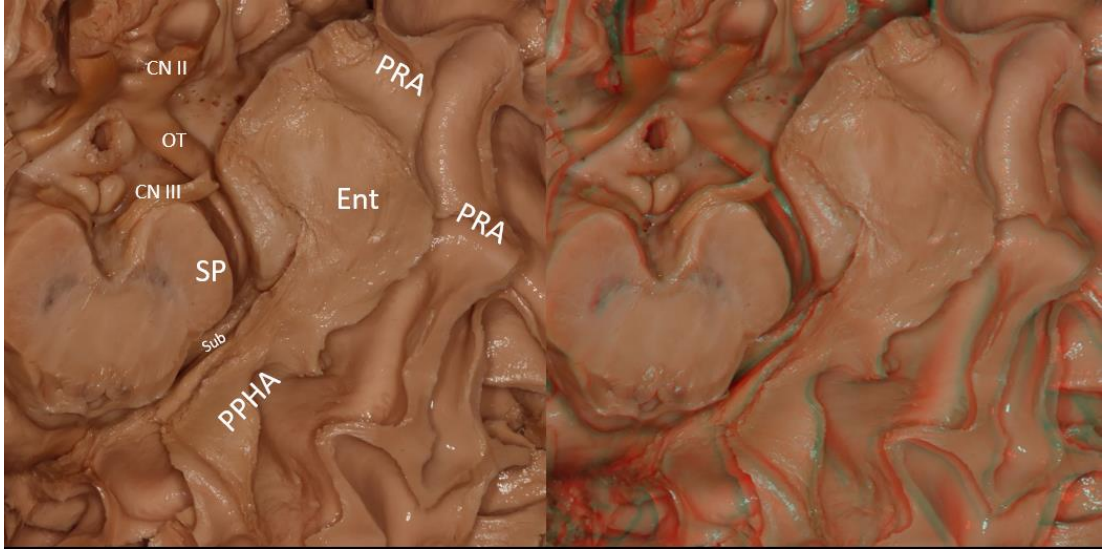
#### 4.3 İNFERİORDAN SUPERİORA KADEMELİ DİSEKSİYON



**Resim 43:** Serebrum inferior yüzey; sağ hemisfer kısa asosiasyon lifleri, sol hemisfer korteks, inferiordan bakış.

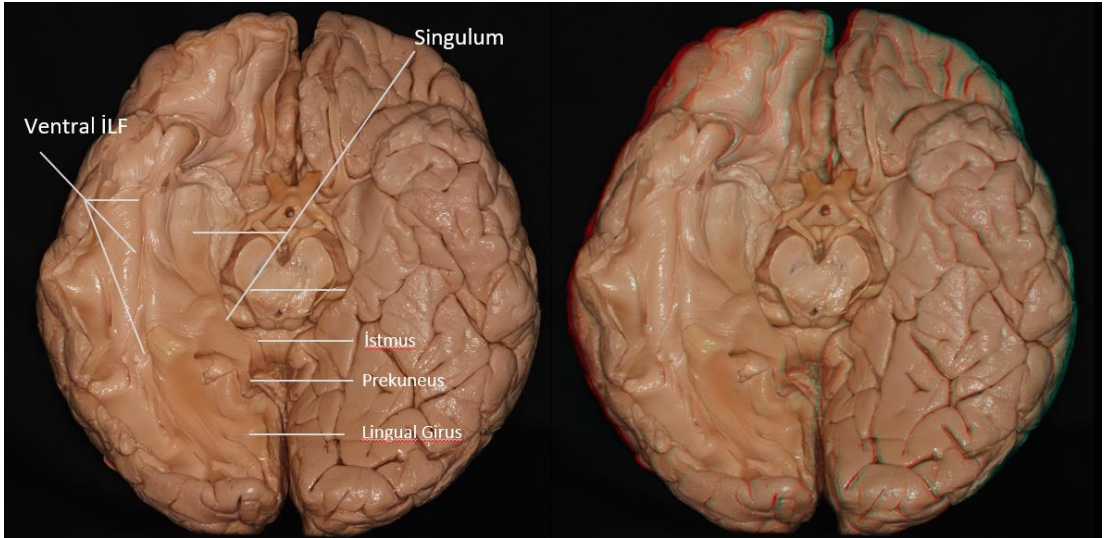
(APM, anterior perforan madde. Ent, Entorinal alan. FusG, fusiform girus. İst, istmus. İTG, inferior temporal girus. KK Sp, korpus kallozum spleniumu. KolS, kollateral sulkus. LS, lateral stria. MC, mamiller cisim. MS, medial stria. OT, optik trakt. OTS, oksipitotemporal sulkus. PHG, parahipokampal girus. RS, rinal sulkus. SP, serebral pedinkül. TP, temporal pol. US, Unkal sulkus.)

Resim 43 ve 44’te dekortikasyon sonrası ortaya çıkan yüzeyel kısa asosiasyon lifleri görülüyor. Peririnal alan ve entorinal alan arasında kısa U lifleri, posterior parahipokampal alan ile entorinal alan arasında ise U şeklinde olmayan kurvilineer daha uzun lifler saptadık. Ayrıca subikulum medialinden entorinal kortekse uzanan lifler dekortikasyon sonrası gözüküyor.



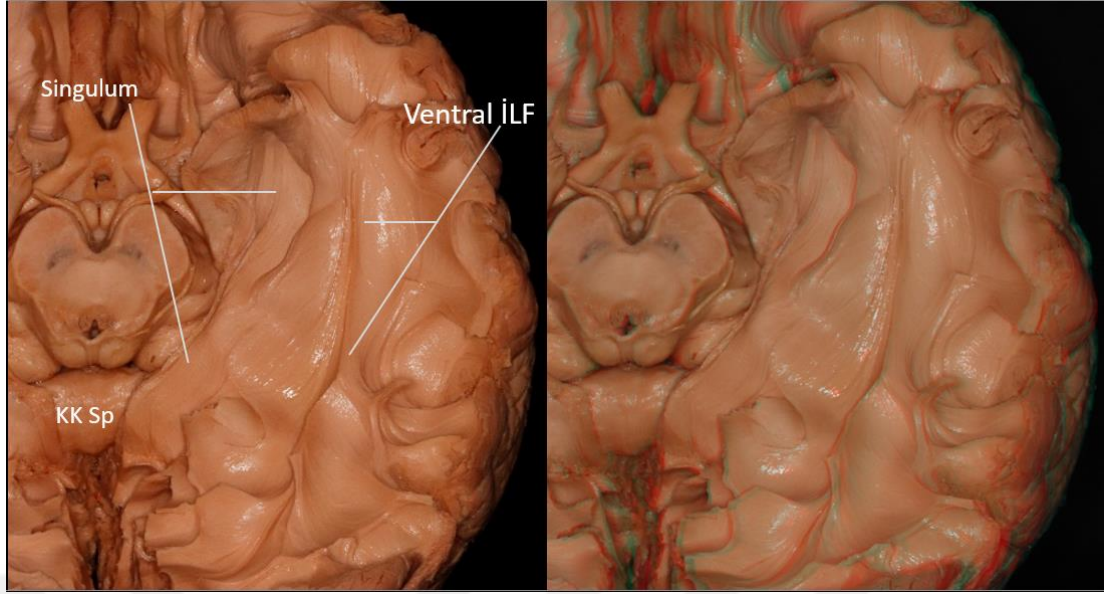
**Resim 44:** Sol hemisferde hemen dekortikasyon sonrasında gözüken lifler, inferomedial bakış. Peririnal alan ve entorinal alan arasında uzanan U lifleri direk yolağın girdi ve çıktılarını sağlar. Posterior parahippokampal alandan, entorinal alana uzanan kurvilineer lifler; polisinaptik yolun girdisini sağlar. Subikulum medialinden entorinal alana longitudinal uzanan lifler direk yolağın son sinapsını yapacak olan liflerdir.

(Ent, entorinal alan. OT, optik trakt. PPHA, posterior parahippokampal alan. PRA, peririnal alan. SP, serebral pedinkül. Sub, subikulum.)



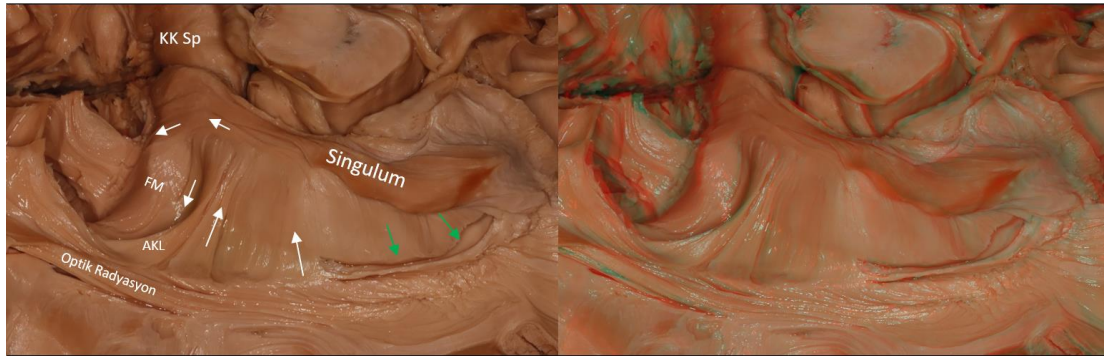
**Resim 45:** Sağ hemisfer inferior yüzey uzun asosiasyon lifleri, inferiordan bakış.

(ILF, inferior longitudinal fasikül)



**Resim 46:** Sol hemisfer uzun asosiasyon lifleri, inferiordan bakış.  
(KK Sp, korpus kallozum spleniumu. İLF, inferior longitudinal fasikül)

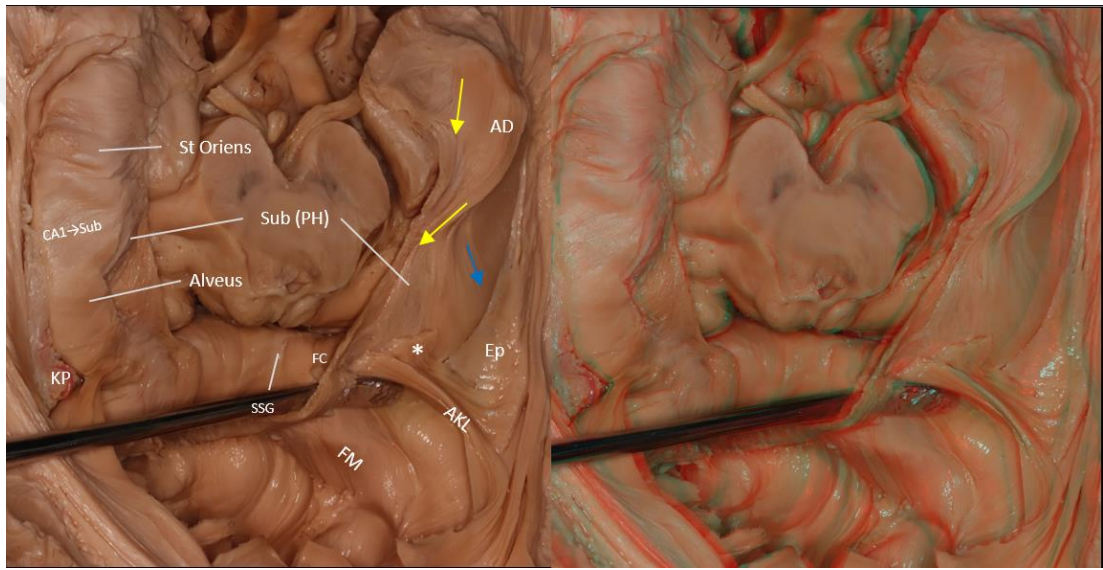
Kısa liflerinin kaldırılmasından sonra uzun asosiasyon lifleri karşımıza çıktı (resim 45, 46). İnferior diseksiyon nedeniyle istmustan itibaren takip ettiğimiz singulum lifleri presubikulum, parasubikulum ve entorinal alana uzanıyordu. Ventral İLF anterior temporal bölgeden lingual girusa ve fuziform girusa uzanıyordu; sağ hemisferde prekuneusa ve PHG'ye kadar uzandığını gözlemledik (resim 45). Ventral İLF singulumla yakın komşuluk içerisindeydi.



**Resim 47:** Ventral İLF kaldırıldıktan sonra sol temporal boynuz tabanı, inferiordan bakış. Beyaz oklar inferolateralden ventrikül tabanına uzanan anterior kommissür, internal kapsül ve splenium ile ilişkili olabilecek liflerin seyrini gösteriyor. Yeşil oklar subikulumdan fornixe uzanacak alveus liflerini gösteriyor.

(AKL, aksesuar kallozal lif. KK Sp, korpus kallozum spleniumu. FM, forseps major.)

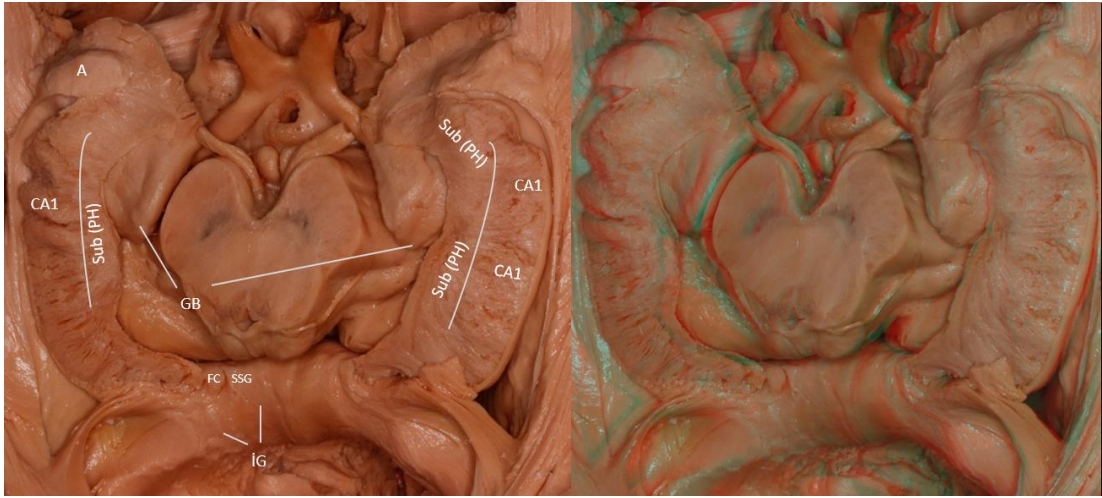
Sol hemisferde ventral İLF kaldırıldı. Bu aşamada ventrikül endimini transvers örten anterior kommissür, internal kapsül ve splenium ile ilişkili olabilecek lifler ince bir ak madde demeti halinde, aksesuar kallozal lif (AKL) ile ortaya çıktı (resim 47). Bu lifler U şekli çizerek forseps majore uzanıyordu. AKL, spleniumdan lingual girusa uzanıyordu. Splenium ilişkili lifler temporal boynuz ön kısmında endimle kaldırıldığında alveus lifleri gözüktü. Buradaki alveus lifleri medialden laterale, uzanıyordu. Bu liflerin subikulumdan fimbriaya uzanan lifler (polisinaptik yolun çıktısı) olabileceği değerlendirildi.



**Resim 48:** Bilateral singulumun PHG ventraline verdiği lifler, ayrıca İLF lifleri kaldırılmış. Bilateral hipokampus, inferiordan çapraz bakış. Sol hipokampus tabanında entorinal alandan hipokampusa uzanan angüler demet gözüktüyor. Yukardaki sarı ok entorinal alan medialinden hipokampus rostraline uzanan perforan (internal) lifleri gösteriyor. Aşağıdaki sarı ok lateral entorinal alandan kaudal hipokampusa uzanan daha uzun perforan (internal) liflerin seyrini gösteriyor. Perforan lifler presubikulum piramidal katmanına longitudinal uzandıktan sonra laterale yöneliyordu. Mavi ok, entorinal alandan CA1'e, anteromedialden posterolaterale, oblik uzanan alvear (eksternal) yolağın seyrini gösteriyor. Sağ tarafta angüler demet kaldırıldıktan sonra horizontal, girifikasyonların uzun eksenine paralel CA1→subikulum lifleri alveus ve stratum orienste gözüktüyor. Disektör solda, presubikulum yüzeyine uzanan singulum liflerini retrakte ediyor. Retraksiyon nedeniyle fasciola cinerea, medialinde yerleşen subsplenial girustan uzaklaşmış.

(\*, entorinal alandan kalkan lifler AKL'ye katıldıkları noktada güdük bırakılmış. AD, angüler demet. AKL, aksesuar kallozal lif. CA1→Sub, CA1'den subikuluma stratum oriens ve alveusta uzanan, direk yolağın ikinci sinapsını yapan horizontal lifler. Ep, endim. FC, fasciola cinerea. FM, forseps major. KP, koroid pleksus. SSP, subsplenial girus. Sub(PH), subikuler kompleks piramidal hücreleri.)

PHG ventraline uzanan singulum lifleri ve lateralindeki transvers lifler tamamen kaldırılınca AKL'nin, entorinal alandan alveus yoluyla uzanan lifler aldığını gözlemledik. Resim 48'de AKL'ye, entorinal alandan longitudinal olarak gelen lifler AKL'ye dahil olduğu noktada güdük bırakılmış. Entorinal alandan alveus yoluyla AKL'ye uzanan lifler kaldırılınca entorinal alandan hipokampusu uzanan angüler demetle karşılaştık. Angüler demetten kalkan perforan lifler presubikulum piramidal katmanını perfore ederek mediale ve superiora (esas subikulum ve prosubikuluma) yöneliyordu. Medial entorinal alandan kalkanlar rostral hipokampusu, lateralden kalkanlar kaudal hipokampusu yöneliyordu. Angüler demetin kaudale doğru kalınlığı artan alvear yolağı da anteromedialden posterolaterale oblik uzanarak CA1'e ilerliyordu. Subikulumdan fimbriaya, alveusta uzanan lifler ile angüler demet arasında karışma ve çaprazlaşma söz konusuydu.



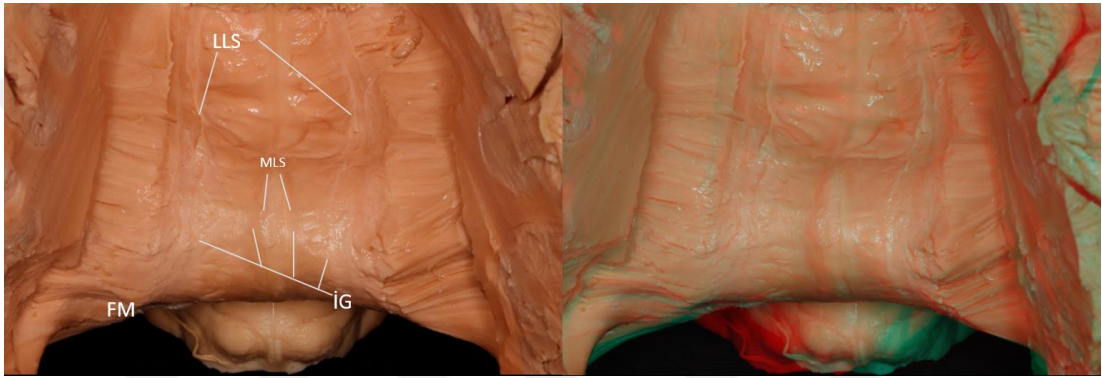
**Resim 49:** Bilateral hipokampus, inferiordan çapraz bakış. Angüler demet kaldırıldıktan sonra subikulum ve (distal) CA1'e ait piramidal hücre katmanları gözüküyor. Sağ hipokampusta CA1'e ait belirgin dişli yapı (girifikasyon) subikulumla sınırı yaklaşık olarak ayırt etmemizi sağlıyor.

(FC, fasciola cinerea. İG, indusium griseum. GB, Giacomini Bandı. SSG, subsplenial girus. Sub(PH) subikulum piramidal hücreleri.)

Subikulum ve CA1'e ait piramidal hücreleri yani piramidal katmanları ortaya koymak için diseksiyona devam edildi ve perforan lifler, alveus lifleri ve stratum oriens gri madde seçilene kadar kaldırıldı. Medialde subikulum, lateralde CA1 katmanına ait piramidal hücreler görüldü (resim 49). Distal CA1 piramidal katmanın

dişli girifikasyon yapısı sağ hemisferde belirgindi ve subikulumla sınırı ayırt etmemize yardımcı oldu.

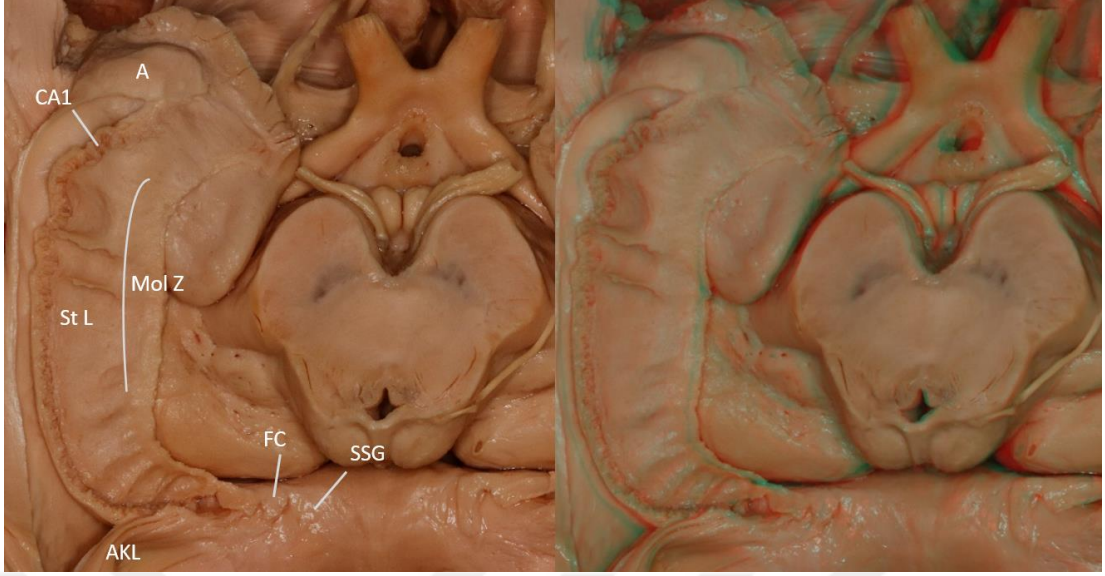
Dentat girusa ait fasciola cinereanın, splenium altında sonlandığı görüldü. Proksimal Cornu Ammonis'in devamı girus fasciolarisin uzantısı subsplenia girus ise fasciola cinerea medialinde indusium griseumla kaynaşıyordu. Fasciola cinerea lateralinde distal CA1 piramidal hücreleri de indusium griseum lateraliyle kaynaşıyordu (resim 49, 50, 51). Medial longitudinal stria, subsplenia girus medialinde (splenium kaudalinde) başlıyordu, ancak lateral longitudinal stria splenium rostralinde başlıyordu.



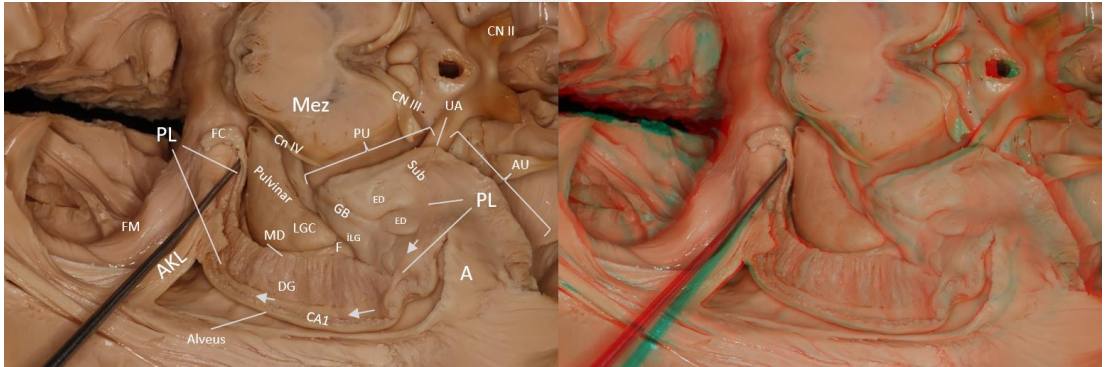
**Resim 50:** İndusium griseum (suprakomissüral hipokampus), posterosuperiordan görünüm.

(İG, indusium griseum. FM, forceps major. LLS, lateral longitudinal stria. MLS, medial longitudinal stria)





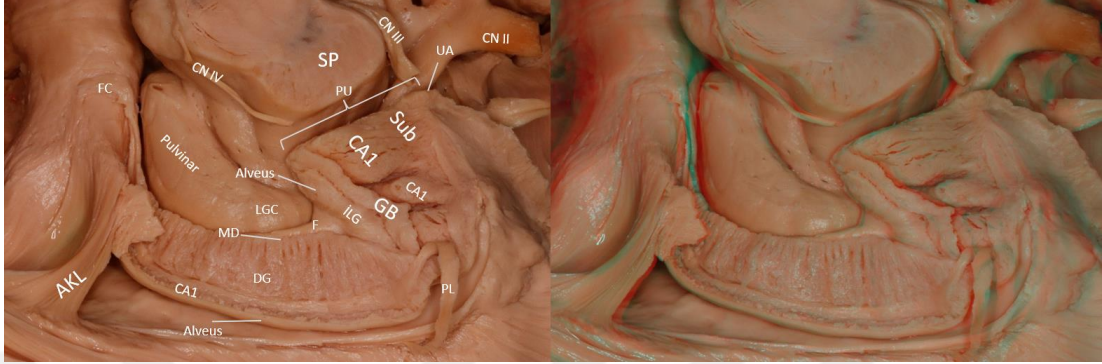
**Resim 52:** Sağ hipokampus diseksiyonu, inferiordan görünüm. Stratum lakunozum ve moleküler zona kadar perforan lifler kaldırılmış. Distal CA1'e ait dişli yapı halen subikulumla sınırı gösteriyor. Dolayısıyla lateralde Stratum lakunozum medialde moleküler zon gözüktüyor.  
(A, amigdala. AKL, aksesuar kallozal lifler. FC, fasciola cinerea. Mol Z, moleküler zon (subikulum). St LM, stratum lakunozum.)



**Resim 53:** Sol hipokampus diseksiyonu, Stratum lakunozum-molekölare ve moleküler zon kaldırıldıktan sonra dentat girus rostralden kaudale gözüktüyor. Posterior unkus inferior yüzeyde unkal subikulum, Giacomini Bandı, eksternal dijitalasyonlar, fimbria ve tutunduğu intralimbik girus gözüktüyor. Beyaz oklar perforan liflerin devamının seyrini gösteriyor.  
(A, amigdala. AKL, aksesuar kallozal lifler. AU, anterior unkus. İLG, intralimbik girus. F, fimbria. FC, fasciola cinerea. FM, forceps major. GB; Giacomini Bandı. LGC, lateral genikulat cisim. MD, margo dentikulatus. Mez, mezensefalon. Mol Z, moleküler zon (subikulum). PL, perforan lifler. PU, posterior unkus. SK, Schaffer kollateralleri. Sub, subikulum (unkal) St R, stratum radiatum. UA, unkal apeks.)

Subikulum moleküler zon ve Stratum lakunozum-molekölare inferior yüzeyde kaldırıldıktan sonra posterior unkusun inferior yüzeyi, dentat girus ve perforan liflerin

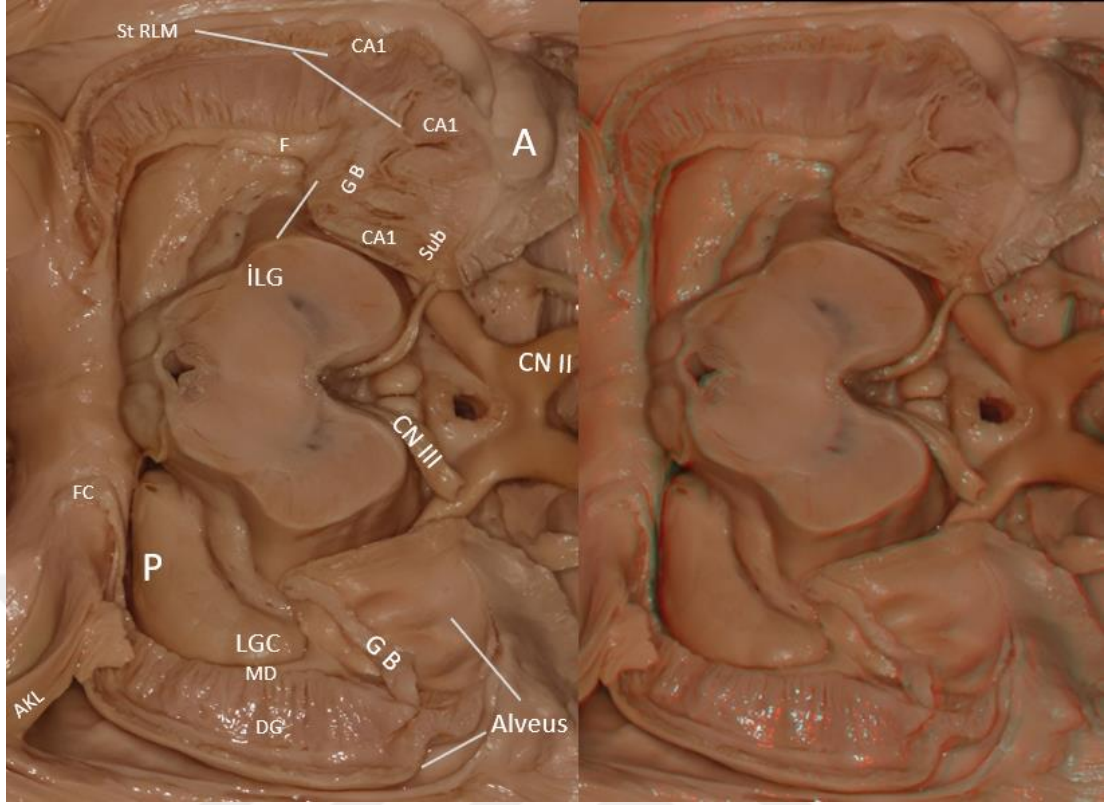
kalan kısmı gözükte (resim 53). Perforan liflerin, distal CA1 girifikasyonları aştıktan sonra kaudale doğru hipokampusun uzun ekseninde longitudinal seyrettiği ve fasciola cinerea kadar uzandığı izlendi.



**Resim 54:** Sol hipokampus diseksiyonu, eksternal dijitalasyonların (CA1) ince korteksi kaldırılmış ve Giacomini Bandı'yla CA1 arasındaki stratum RLM eksize edilmiştir. Entorinal alandan gelen rostral subikulumdan geçen perforan lifler laterale yatırılmış.

(AKL, aksesuar kallozal lifler. ILG, intralimbik girus. F, fimbria. FC, fasciola cinerea. GB; Giacomini Bandı. LGC, lateral genikulat cisim. MD, margo dentikulatus. PL, perforan lifler. PU, posterior unkus. SP, serebral pedinkül. Sub, subikulum (rostral, unkal). UA, unkal apeks.)

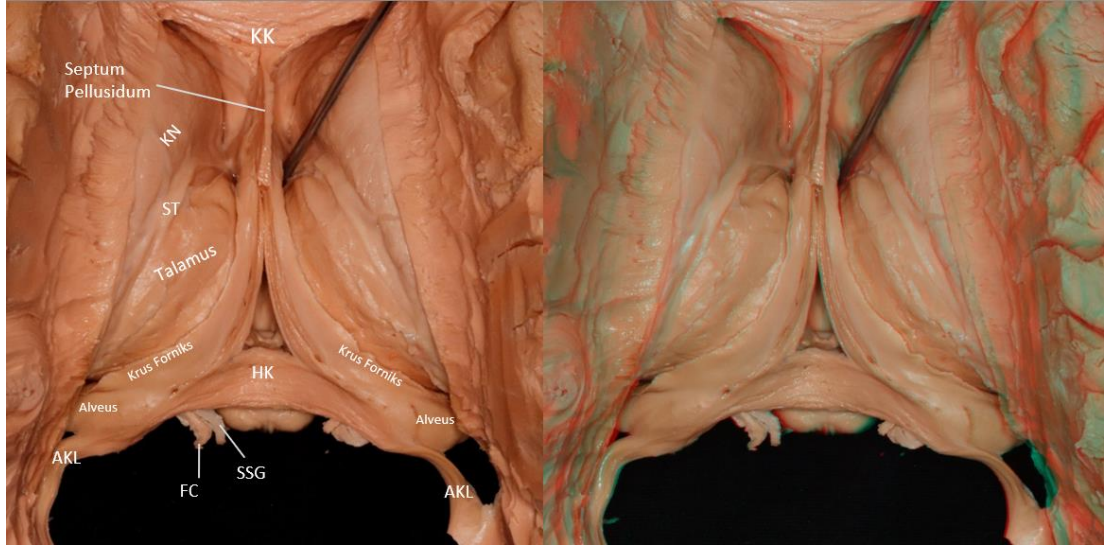
Posterior unkus inferior yüzeyinde ince bir katman eksize edilince eksternal dijitalasyonlarda piramidal hücre tabakası ve anteriorunda unkal subikulum piramidal hücre tabakası ortaya çıktı. Eksternal dijitalasyonlar ve internal dijitalasyonlar koronal ekseninde birbirini şekillendiriyordu. Aynı oluşumun ventrikül içinde ve dışındaki görüntüsünü oluşturuyorlardı. İntralimbik girusun alveusla kaplı proksimal Cornu Ammonis hücreleri içerdiği ve fimbriya tutunduğu görüldü. Dentat girusun enine dişli yapısını fasciola cinerea ve Giacomini Bandı hariç koruduğu görüldü (resim 54, 55).



**Resim 55:** Bilateral dentat girus, rostralden kaudale. Sol hipokampusta unkal subikulum ve proksimalindeki eksternal dijitalasyonlar (CA1), intralimbik girusun alveusla kaplı CA3-4 piramidal hücre içeriği eksize edilirken, sağda sadece alveusu eksize edilmiş.

(A, amigdala. AKL, aksesuar kallozal lifler. İG, indusium griseum. İLG, intralimbik girus. F, fimbria. FC, fasciola cinerea. FM, forceps major. GB; Giacomini Bandı. LGC, lateral genikulat cisim. MD, margo dentikulatus. P, pulvinar. PL, perforan lifler. PU, posterior unkus. Sub, subikulum (rostral, unkal). St RLM, stratum radiatum-lakunozum-molekölare. UA, unkal apeks.)

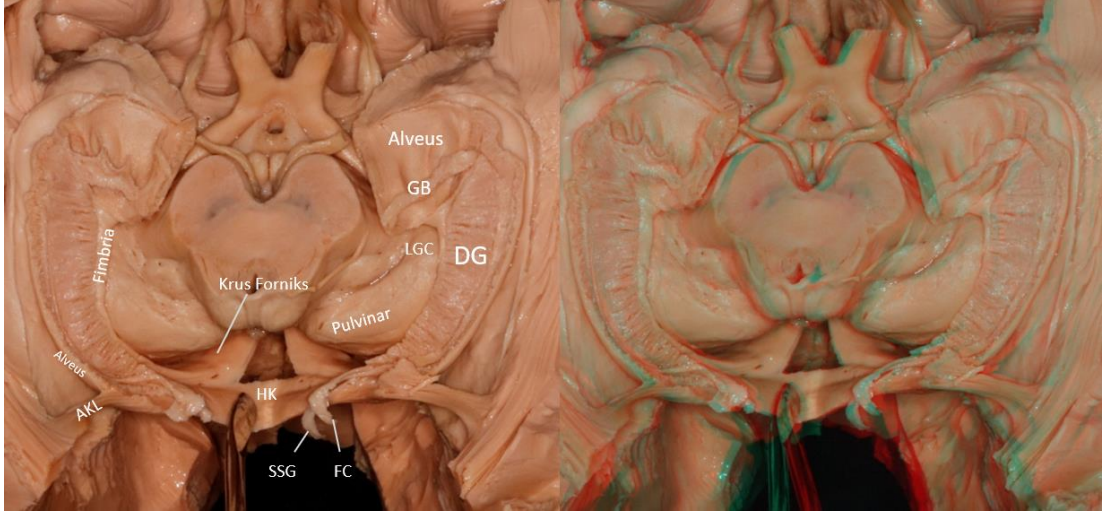
Sol hipokampusta, posterior unkustaki Cornu Ammonis'e ait piramidal hücreler ve subikuluma ait piramidal hücreler, st RLM ve stratum oriens eksize edildi. İntraventriküler hipokampus başına ait internal dijitalasyonların alveusu karşımıza çıktı (resim 55). Sağ hipokampusta intralimbik girusun alveusu kaldırılarak intralimbik girus içeriğindeki proksimal piramidal hücre katmanı ortaya çıkmış. Giacomini Bandı'nın intraventriküler hipokampus dentat girusunun ektraventriküler bileşeni olduğu ve intraventriküler dentat girusun kaudale bakan oluşuna intralimbik girus içerisindeki Cornu Ammonis'in yerleştiği görüldü.



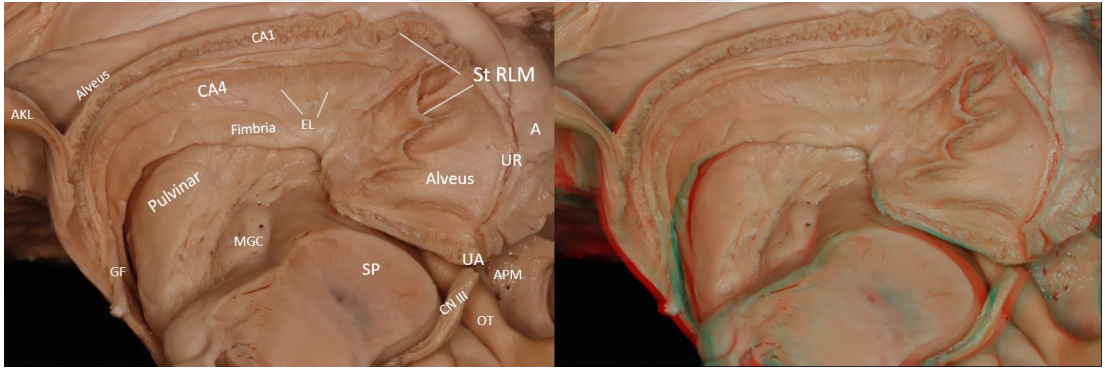
**Resim 56:** Korpus kallozum kaudalden genu kısmına kadar kaldırıldıktan sonra hipokampal komissür ve bileşenleri. Disektör foramen monroeda yerleşik.

(AKL, aksesuar kallozal lifler. FC, fasciola cinerea. HK, hipokampal komissür. KK, korpus kallozum (genu). KN, kaudat nükleus (gövde). SSG, subsplenial girus. ST, stria terminalis.)

Korpus kallozum önde genu/forceps minora kadar rezeke edildi, korpus kallozum spleniumu hipokampal komissüre lif alışverişi olmaksızın bitişikti; diseke edildi (resim 56, 57). Korpus kallozum altında, orta hatta septum pellucidum ve altında üçüncü ventrikül ortaya kondu. Lateral ventriküllerdeki vasküler yapılar ve koroid pleksus koroidal fissür boyunca tutunduğu tenyalarıyla kaldırıldı. Talamus arkasında atrium ve krus forniks, intraventriküler hipokampus kuyruğuna ait alveus, talamus dorsalinde lateral ventrikül gövdesi ve forniks gövdeleri, talamus önünde forniks gövdesinin foramen monro önünde üçüncü ventriküle yönelişi ortaya kondu. Kaudat nükleus gövdesi ortaya kondu; talamusla aralarında stria terminalis uzanıyordu. İntraventriküler kuyruk alveusu, krus forniksle ve AKL ile birleşikti. Hipokampal komissürün yapısına krus forniks haricinde; AKL ve intraventriküler kuyruğun alveusu katılıyordu. Kabul edilmiş literatürün aksine, diseksiyonlarımızda krus fornikslerin hipokampal komissüre dominant olarak lif vermediği, ancak hipokampal komissürün alveustan lifler almaya devam ederek rostrale yöneldiği gözlemlendi (resim 63, 64). Alveus lifleri hipokampal alveus aracılığıyla karşı alveusa uzanıyordu aynı zamanda hipokampal komissürde karşı AKL'ye lifler veriyordu.

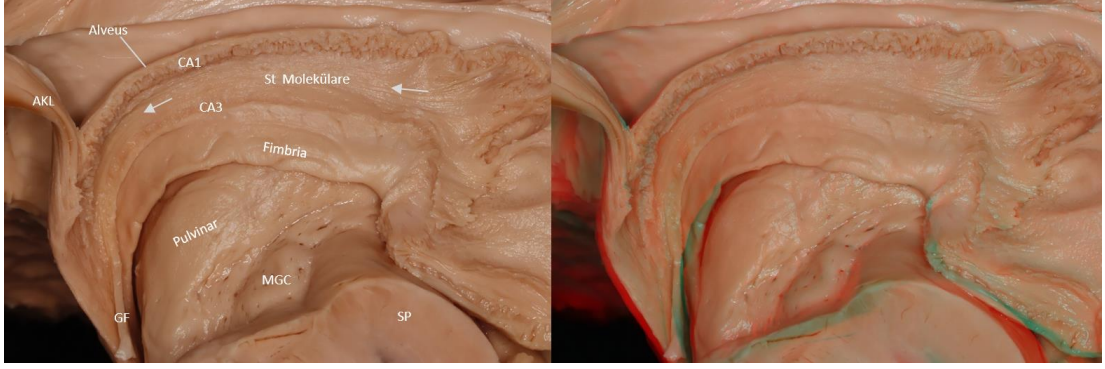


**Resim 57:** Korpus kallozum rezeksiyonu sonrası hipokampal komissür, inferiordan görünüm.  
(AKL, aksesuar kallozal lifler. FC, fasciola cinerea. GB, Giacomini Bandı. HK, hipokampal komissür. LGC, lateral genikulat cisim. SSG, subsplenial girus.)



**Resim 58:** Sağ dentat girus kaldırılınca CA4 ve medialinden vertikal yükselen endfolial lifler gözüktüyor, inferiordan görünüm. Unkal resesin, unkal apekse ulaştığı gözüktüyor.  
(A, amigdala. AKL, aksesuar kallozal lifler. APM, anterior perforan madde. EL, endfolial lifler. GF, girus fasciolaris. MGC, medial genikulat cisim. OT, optik trakt. SP, serebral pedinkül. St RLM, stratum radiatum-lakunozum-molekölare. UA, unkal apeks. UR, unkal reses.)

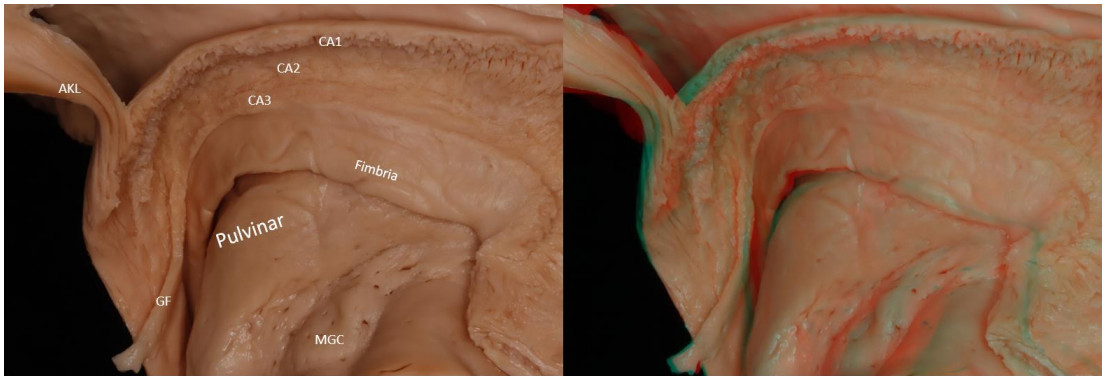
Diseksiyona dentat girus tüm bileşenleri kaldırılarak devam edildi (resim 58). Dentat girusun oluğunda yerleşen CA4 ortaya kondu. CA4 medialinde vertikal yükselen kısa lifler farkedildi. Bu lifler endfolial liflerle uyumluydu.



**Resim 59:** Sağ CA4 rezeke edildi ve stratum molekulare gözüktü. İnferiordan görünüm. Stratum molekularede hipokampal gövde ve kuyrukta hipokampus uzun ekseninde longitudinal ilerleyen perforan liflerin devamı gözüktüyor. Beyaz ok bu liflerin seyrini temsil ediyor.

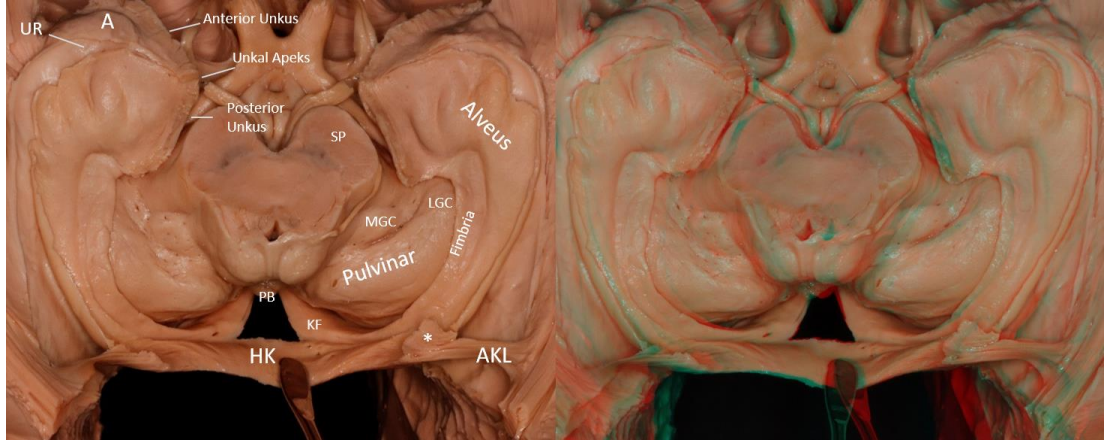
(AKL, aksesuar kallozal lifler. GF, girus fasciolaris. MGC, medial genikulat cisim. SP, serebral pedinkül.)

Dentat girusun ardından CA4 kaldırılınca stratum molekulare gözüktü (resim 59). Stratum molekularede perforan liflerin devamı gözüktü. Hipokampal başta dijitalasyonlara paralel ilerleyen bu lifler, hipokampal gövde ve kuyrukta hipokampus uzun ekseninde longitudinal olarak kaudale ilerliyordu. Stratum molekulare, stratum lakunozum ve radiatum eksize edilerek proksimal CA1, CA2, CA3 ortaya kondu. CA1 en kalın, CA2 en ince katmandı. CA3 ise girus fasciolarisi oluşturuyordu.



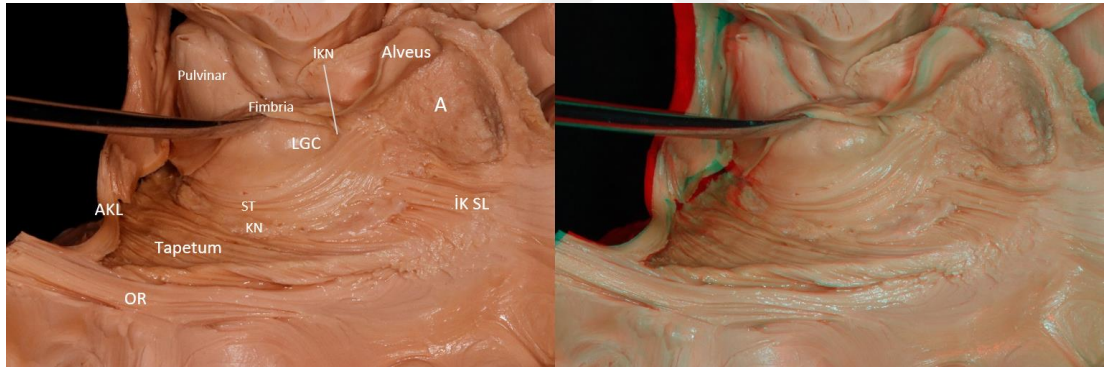
**Resim 60:** Stratum molekulare, stratum lakunozum ve radiatumla beraber kaldırıldı. CA3, CA2 ve proksimal CA1 ve Cornu Ammonisin uzantısı girus fasciolaris gözüktüyor.

(AKL, aksesuar kallozal lifler. GF, girus fasciolaris. MGC, medial genikulat cisim.)



**Resim 61:** Bilateral intraventriküler hipokampal alveus ve uzantıları. Piramidal hücreler ve stratum oriensleri kaldırılmış. Hipokampal komissürün her iki hipokampusu alveusunu birleştirdiği gözüküyor.

(\* entorinal alandan AKL'ye katılan güdük bırakılmış lifler. A, amigdala. AKL, aksesuar kallozal lifler. HK, hipokampal komissür. KF, krural forniks. LGC, lateral genikulat cisim. MGC, medial genikulat cisim. PB, pineal bez. SP, serebral pedinkül. UR, unkal reses.)

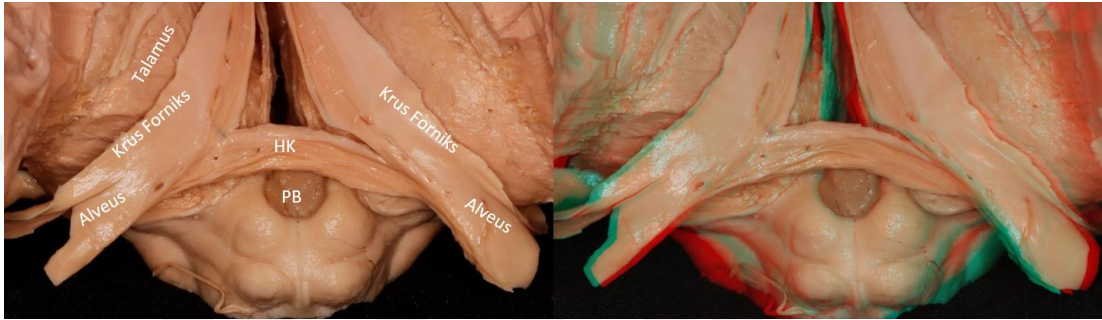


**Resim 62:** Sol temporal boynuz ependimi kaldırılınca çatıyı oluşturan lifler. İnferiordan görünüm. Disektör fimbriayı mediale rekrakte etmiş.

(A, amigdala. AKL, aksesuar kallozal lifler. İK SL, internal kapsül sublentiküler kısım. İKN, inferior koroidal nokta. KN, kaudat nükleus (kuyruğu). LGC, lateral genikulat cisim. OR, optik radyasyon. ST, stria terminalis.)

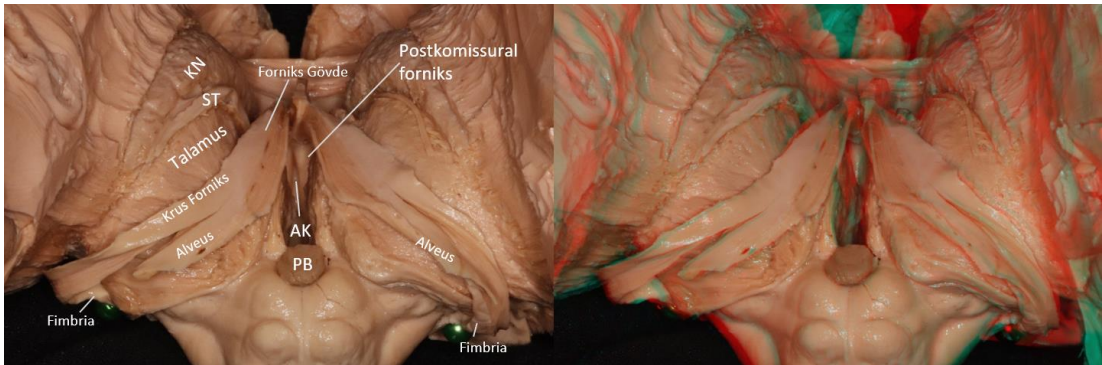
İntraventriküler hipokampusun alveusu büyük oranda kaldırıldı (resim 62). Ventrikül çatı ependimi kaldırılınca, medialden laterale stria terminalis, amigdalaya uzanan kaudat nükleus kuyruğu ve spleniumdan temporal boynuz çatısına ve lateral duvarına uzanan tapetum lifleri görüldü. Türk ve Arnold liflerinden oluşan internal kapsülün sublentiküler komponenti temporal pole doğru bir araya gelmekteydi (resim

62). İntraventriküler hipokampus başının çatısında amigdala görüldü. Stria terminalis, kaudat nükleus kuyruğu, tapetum ve temporopulvinar lifler kaldırıldığında optik radyasyon gözüktü. Optik radyasyon, LGC ve pulvinardan projeksiyon yaparak temporal tipe kadar uzanıyordu, temporal boynuz ve atriumu örtüyordu (resim 65).



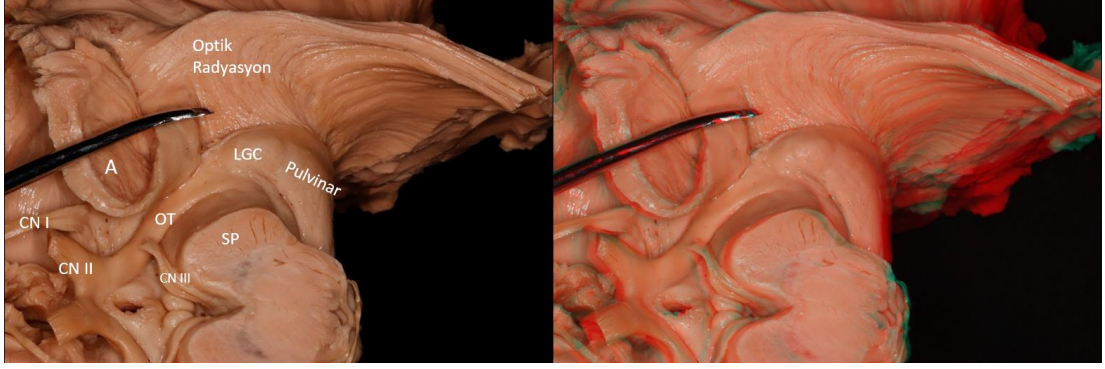
**Resim 63:** Bilateral AKL eksize edildikten sonra geriye kalan hipokampal komissür. Posterosuperiordan görünüm. AKL bileşkesi, hipokampal komissür dorsal ve posteriorunda yerleşiyordu. AKL kaldırılırken alveustan lifler aldığı gözlemlendi. İpsilateral alveus lifleri kontralateral AKL'ye lif veriyordu. Krus fornixin, intraventriküler kuyruk alveusundan lifler aldığı ama hipokampal komissüre minimal düzeyde katıldığı gözüküyor.

(HK, hipokampal komissür. KN kaudat nükleus (kuyruğu). PB, pineal bez. ST, stria terminalis.)



**Resim 64.** Hipokampal komissür, kendisine katılan alveus lifleriyle uzaklaştırılınca krura fornixin alveustan lif aldığı görülüyor. Posteriordan bakış.

(AK, anterior komissür. KN, kaudat nükleus (gövde). PB, pineal bez. ST, stria terminalis.)



**Resim 65:** Optik radyasyonun LGC ve pulvinardan çıkışı, inferiordan görünüm. Stria terminalis, kaudat nükleus kuyruğu, tapetum ve sublentiküler internal kapsül lifleri uzaklaştırıldıktan sonra optik radyasyonun temporal boynuz ve atriumu örttüğü görülüyor.

(A, amigdala. LGC, lateral genikulat cisim. OT, optik trakt. SP, serebral pedinkül.)

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışma hipokampus iç yapısını, nöronal bağlantılarını ve komşu nöral yapılar ile ilişkilerini anlamak için yapılan ilk üç boyutlu lif mikrodiseksiyonu çalışmasıdır. Nöroşirurji bakış açısı ile amacımız cerrahi açıdan morbiditenin azalmasını sağlayarak daha güvenli ve efektif cerrahi girişimlere zemin hazırlamaktır. Çalışmada hipokampus iç yapısı, nöronal bağlantıları, katmanları ve komşu nöral yapılar ile olan konneksiyonel anatomisi detaylı olarak gösterilmiş ve bulgular güncel literatür eşliğinde tartışılmıştır. Tartışma bölümünün başında özetlediğimiz, çalışmamızdan elde edilen yeni veriler ile başka çalışmalara zemin hazırladığımızı düşünüyoruz.

### 5.1. YENİ BULGULAR: (TABLO 1-3)

Literatürde ilk kez Cornu Ammonis'i oluşturan altı katman Klingler lif mikrodiseksiyon yöntemi kullanarak gösterilmiştir; alveus, stratum oriens, stratum pyramidale, stratum radiatum, stratum lakunozum, stratum molekölare. Çalışmamızda sadece stratum lakunozum ve molekölare içerdikleri yoğun perforan lifleri nedeni ile mikrodiseksiyonlar yardımı ile ayırt edilememiştir. Stratum oriens içindeki Schaffer Kollateralleri ve endfolial lifler üç boyutlu olarak ilk kez gösterilmiştir. Stratum radiatum katmanında yer alan Schaffer Kollateralleri, stratum lakunozum-molekölarede yer alan perforan lifler ve stratum oriens, alveusta yer alan CA1 ile subikulum arasındaki lifler diseksiyonlar ile tanımlanmıştır.

Hipokampusun intrinsik bağlantılarından; perforan (internal) yolak, alvear (eksternal) yolak, Schaffer Kollateralleri, CA1'den subikuluma uzanan, subikulumdan entorinal alana uzanan lifler üç boyutlu olarak ilk kez ortaya konulmuştur. Ayrıca fimbriodentat sulkus derininde CA4 medialinden CA3'e yükselen endfolial lifler ortaya konulmuştur. Hipokampusun ekstrinsik bağlantılardan peririnal-entorinal alan arası ve posterior parahipokampus-entorinal alan arası kısa asosiasyonel lifler, fimbriaya uzanan alveus lifleri ayrıca hipokampal komissüre uzanan alveus lifleri, entorinal alandan AKL'ye uzanan alveus lifleri mikrodiseksiyonlar ile gösterilmiştir.

Çalışmamızda insan hipokampusunda ak madde liflerinin girifikasyonlara paralel şekilde uzandığı lif mikrodiseksiyonları ile tespit edilmiş, hipokampus içi dijitasyon/girifikasyonlar ayrıca CA1'in subikulumla sınırını belirlemek için de kullanılmıştır. Bu bağlamda CA1 subikulum lifleri, subikulumdan fimbriaya uzanan lifler, Schaffer Kollateralleri, ve perforan liflerin CA1 girifikasyonları komşuluğunda girifikasyonlara paralel seyrettiğini gösterdik. Girifikasyonlar haricinde perforan yolak lifleri Cornu Ammonis üzerinde uzun ekseninde longitudinal, subikulumdan fimbriya uzanan lifler ve Schaffer Kollateralleri anteroinferoateral ve posterosuperomedial arasında seyrediyorlardı.

Angüler demetin perforan ve alvear yolaklarının devamlılığı insan beyninde ilk kez mikrodiseksiyonlar ile gösterilmiştir. Bu çalışmanın yeni bulgularından biri; entorinal alandan kalkan perforan liflerin subikulumun piramidal hücrelerini perfora ederek subikulum moleküler zonuna ulaşırken belli bir patern içinde seyrettiğinin mikrodiseksiyonla ortaya konmasıdır. Entorinal alan kaynaklı lifler ne kadar medialden köken alırsa o kadar hipokampus rostraline, buna karşın ne kadar lateralden köken alırsa hipokampusun o kadar kaudaline uzanmaktadır.

| <i>CA katmanları (dıştan-içe doğru)</i> | <i>Morfolojisi</i>                                                                                                                                                                                                                                                         | <i>Mevcut lifler</i>                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Alveus</b>                           | Hipokampus etrafını saran aksonlardan oluşan ak madde. Superiorda ventriküle komşuyken, inferiorda singuluma komşudur.                                                                                                                                                     | Subikulumdan fimbriaya uzanan lifler, CA3, CA1'den fimbriaya uzanan lifler, CA1'den subikulumla uzanan lifler, entorinal alandan AKL'ye uzanan lifler, entorinal alandan CA1'e uzanan eksternal yolak (alvear yolak) lifleri. Komissüral lifler |
| <b>St Oriens</b>                        | Basket hücrelerini barındıran zarımsı ince katman Piramidal hücre aksonu ve bazal dentritleri burdadır.                                                                                                                                                                    | CA4'ten CA3'e uzanan endfolial yolak, CA3'ten CA1'e uzanan Schaffer Kollateralleri, CA asosiasyon lifleri CA1'den subikulumla uzanan lifler                                                                                                     |
| <b>St Piramidale</b>                    | CA'nın esas yapıtaşı piramidal hücreleri; gri maddeyi barındırır, en kalın katmandır. CA1 en kalın CA2 en ince katmandır. CA1'deki belirgin dişli yapı girifikasyonu oluşturur. Dentat girusun oluşuna giren kısım CA4'tür, dentat girusun polimorf tabakasına bitişiktir. | CA3'ten CA1'e uzanan Schaffer Kollateralleri, transit geçen alvear yolak (CA1), yosunsu lifler (CA4, CA3) CA asosiasyon lifleri                                                                                                                 |
| <b>St Radiatum</b>                      | Piramidal hücrelerin apikal dentritlerince oluşturulur.                                                                                                                                                                                                                    | CA3'ten CA1'e uzanan Schaffer Kollateralleri. CA asosiasyon lifleri                                                                                                                                                                             |
| <b>St Lakunozum</b>                     | Piramidal hücre apikal dentritleri uzantıları                                                                                                                                                                                                                              | Perforan yolak                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>St Molekölare</b>                    | Piramidal hücre apikal dentritleri burda biter. Dentat girus stratum molekölareline bitişiktir. Aralarında kalıntı hipokampal sulkus yer yer seçilebilir.                                                                                                                  | Perforan yolak                                                                                                                                                                                                                                  |

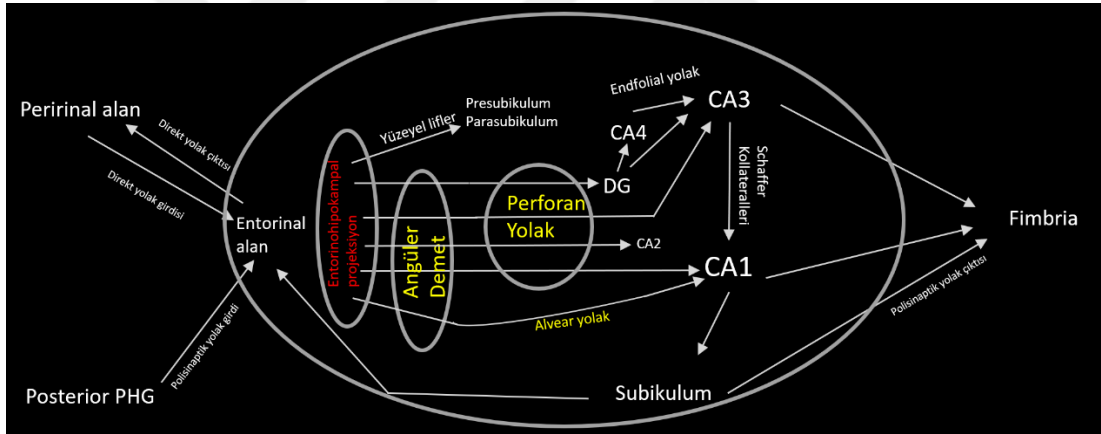
**Tablo 1:** Cornu Ammonis (CA) stratımları (St) ve ilişkili lifler.

| <b><i>İntrinsik lifler</i></b>          | <b><i>Uzanımları</i></b>                                                                                                                               | <b><i>Traseleri</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Perforan yolak</b>                   | Entorinal alandan tüm Cornu Ammonis ve dentat girusa uzanır                                                                                            | Entorinal alandan köken alan aksonlar; medialden başlayanlar hipokampus rostrale, lateralden başlayanlar kaudal hipokampus longitudinal seyrecek şekilde presubikulum piramidal hücreleri perforer ederler.<br>- anteromedialden posterolaterale yönelenerek subikuler kompleks moleküler katmana ulaşırlar.<br>- kalıntı hipokampal sulkusu çaprazlayanlar dentat girus stratum molekularesinde sinaps yaparlar.<br>- sulkusu çaprazlamayıp CA1 stratum lakunozum ve molekülerde devam edenler CA1 girifikasyonlarına paralel ilerledikten sonra seyirlerine hipokampal uzun eksen longitudinal olarak kaudale doğru devam ederler. |
| <b>Alvear yolak</b>                     | Entorinal alandan CA1'e uzanır.                                                                                                                        | Entorinal alandan köken alan aksonlar alveus yoluyla anteromedialden posterolaterale oblik olarak olarak CA1'e uzanır.<br>- CA1'e ulaştıklarında 90 derece dönüş yaparak stratum oriens, piramidale katmanlarını transit aşarlar ve stratum lakunozum-molekülerde sinaps yaparlar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Superfisyal entorinal lifler</b>     | Entorino-hipokampal projeksiyonun minor bileşenidir. Entorinal alan en yüzeysel laminasından parasubikulum ve presubikulum moleküler katmanına uzanır. | Presubikulum ve parasubikulum yüzeyinde sagittal eksen longitudinal uzanır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Yosunsu Lifler</b>                   | Dentat girusun granüler hücre aksonları, CA4 ve CA3 dentritleriyle sinaps yaparlar.                                                                    | Miyelin içermeyen bu lifleri mikrodiseksiyonla göstermek mümkün olmamıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Endfolial lifler</b>                 | CA4'ten CA3'e uzanır                                                                                                                                   | CA4 piramidal hücrelerinden çıkan aksonlar stratum oriens yoluyla vertikal yükselerek CA3'e uzanır.<br>Schaffer Kollateralleriyle ilişkilidir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Schaffer Kollateralleri</b>          | CA3'ten CA1'e uzanır                                                                                                                                   | CA3 piramidal hücre aksonları stratum oriens, piramidale ve radiatum aracılığıyla CA1'e ulaşarak sinaps yapar.<br>- CA3'ten CA1'e posterosuperomedialden anteroinferolaterale seyir gösterir ve CA1 girifikasyonlarında girifikasyonlara paralel seyir gösterirler.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>CA1-Subikulum lifleri</b>            | CA1'den subikuluma uzanır                                                                                                                              | CA1 piramidal hücre bazalinden köken alan aksonlar girifikasyonlara paralel seyir göstererek stratum oriens ve alveus yoluyla subikuluma ulaşarak sinaps yaparlar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Subikulum-entorinal alan lifleri</b> | Subikulumdan entorinal alana uzanır.                                                                                                                   | Subikulum piramidal hücrelerinden çıkan aksonlar angüler demetin medial ve inferiorunda kalarak longitudinal olarak entorinal alana ulaşır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

**Tablo 2:** Hipokampus içindeki intrinsik lif demetleri yukarıdaki tabloda 8 alt başlıkta özetlenmiş ve her bir lif grubunun başlangıç ve bitiş lokalizasyonları, traseleri ile birlikte özetlenmiştir.

| <b>Ekstrinsik lifler</b>        | <b>Traseleri</b>                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Polisinaptik yol girdisi</b> | Posterior parahippokampal alana ulaşan bilgi korteks altındaki yüzeyel kurvilineer liflerle entorinal alana ulaşır.                                                                                                   |
| <b>Polisinaptik yol çıkışı</b>  | Subikulum kaynaklı alveus lifleri hipokampus altında girifikasyonlara paralel olarak ilerler, daha sonra hipokampus superiorunda anteroinferolateralden posterosuperomediale seyrederek fimbriaya (fornikse) katılır. |
| <b>Direkt yolun girdisi</b>     | Peririnal alana ulaşan bilgi subkortikal yüzeyel U lifleri aracılığıyla entorinal alana ulaşır.                                                                                                                       |
| <b>Direkt yolun çıkışı</b>      | Entorinal alana ulaşan bilgi subkortikal yüzeyel U lifleri aracılığıyla peririnal alana ulaşır.                                                                                                                       |

**Tablo 3:** Hipokampus ekstrinsik yolları ve ilişkili lif demetlerinin seyri ve özellikleri özetlenmiştir.



**Şekil 9:** Hipokampus intrinsik ve ekstrinsik yollarının lif demetleri temelli ilişkileri.

## 5.2. HİPOKAMPUSUN İÇ YAPISI VE BAĞLANTILARI

Hipokampusun tamamı PHG üzerinde ve mezensefalon etrafında kıvrılarak yerleşmektedir. Büyük kısmı intraventriküler olup, başa doğru hacmi artmaktadır. Birbirine dürülmüş iki laminadan, dentat girus ve Cornu Ammonis'ten oluşan iç yapısını baş, gövde ve kuyruk bölgeleri boyunca korur ve önde her iki lamina da posterior unkusta sonlanır.

Dentat girus posteriorda, fasciola cinereayı oluşturduktan sonra hipokampal kuyruğun en arka kısmı ile sonlanır. Geçmişten bugüne bazı yazarlar fasciola cinereanın kuyrukla bittiğini ifade etmiştir (25,77,78). Giacomini ise korpus kallozum dorsalinde devam ettiğini ifade etmiştir (79).

Cornu Ammonis'in ise subsplenial girus ve CA1 aracılığıyla indusium griseum ile devam ettiğini gözlemledik. İlk olarak Klingler, subsplenial girusun korpus kallozum dorsalinde indusium griseum oluşturduğunu söylemiştir (Klingler 1948). İnsausti ve Amaral ise indusium griseumun CA1 ve subikulumdan oluştuğunu belirtir (2). Öte yandan Tubbs ve arkadaşları yaptıkları histolojik çalışmada indusium griseumun nöron içermediğini göstermişlerdir (81). Medial longitudinal strianın, subsplenial girus medialinden itibaren başladığını gözlemledik. Lateral longitudinal stria ise splenium rostralinde başlıyordu. Medial ve longitudinal striaların fimbriadan ayrılan forniksin aberran lifleri olabileceği, ve korpus kallozumu aştıktan sonra tekrar fornikle kavuştukları düşünülmüştür (22). Girus fasciolarisin alveusla kaplı olduğunu kabul edersek medial stria için bu varsayım doğru gözükmemektedir. Medial strianın fasciola cinerea, lateral strianın girus fasciolaristen kaynaklı olabileceği düşünülmüştür (68,82). Macchi bu ilişkiyi reddeder (78). Bizim gözlemimiz medial strianın girus fasciolaris ile ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Dentat girus intraventriküler hipokampusta Cornu Ammonis'le sarılı ve saklıyken, ektraventriküler kısımda çıplak gözle görülecek şekilde hipokampal başta Giacomini Bandı, gövdede margo dentikulatus, kuyrukta fasciola cinereayı oluşturmaktadır. Cornu Ammonis de ektraventriküler kısımda; hipokampal başta unsinat girus (subikulumla beraber), eksternal dijitalasyonlar (dentat girusla beraber) ve intralimbik girusu oluştururken, kuyrukta sırasıyla girus fasciolaris ve subsplenial

girusu, ayrıca subikulumda yüzeyelleşerek Andreas Retzius Girusları'nı oluşturmaktadır.

İkisi sol olmak üzere üç hemisferde hipokampal gövde ve kuyrukta distal CA1'de girifikasyonlar gözlemledik. Yine CA1 tarafından oluşturulan internal ve eksternal dijitalasyonları tüm hemisferlerde gözlemledik. Hipokampusun uzun eksenine dik yerleşen ve korteks kıvrımlarına benzeyen girifikasyonlar, CA1'de en belirgin olmak üzere, CA4 ve dentat girusta da anteroposterior katlanmalar sonucu oluşur; intraventriküler hipokampal başta pes hipokampiyi oluşturan bu yapıların varlığı gövde de devam eder, kuyruk boyunca azalır (61,83). Dijitalasyon, dentasyon (dişli olma), girifikasyon kavramları literatürde bu oluşumlar için eş anlamlı olarak kullanılır; varlıkları asimetrik ya da varyasyonel olduğu gibi sağlıklı yaşlanma ve hafızayla ilişkilendirilmiştir (84,85). Ak madde lifleri girifikasyonlara paralel şekil alıyordu. Stratum radiatumta yer alan Schaffer Kollateralleri, stratum lakunozum-molekülerde yer alan perforan lifler ve stratum oriens, alveusta yer alan CA1-subikulum lifleri, subikulumdan fimbriya uzanan alveus lifleri CA1 dijitalasyon/girifikasyonlarına paralel yerleşirken, girifikasyonlar haricinde perforan yolak lifleri Cornu Ammonis üzerinde uzun ekseninde longitudinal, subikulumdan fimbriya uzanan lifler ve Schaffer Kollateralleri anteroinferoateral ve posterosuperomedial arasında seyrediyorlardı. Yasutaka da çalışmasında liflerin bu tipik seyrine dikkat çekmiştir (86). Dijitalasyon/girifikasyonlar ayrıca CA1'in subikulumla sınırını belirlememizde yardımcı oldu. Ayrıca CA1'in en kalın CA2'in en ince katman olması, CA4'ün dentat girus oluşunda yerleşiyor olması diseksiyon sırasında bu katmanları ayırt etmemizi sağladı.

### **5.3. TEMPORAL LOB KADEMELİ LİF DİSEKSİYONU; LİTERATÜR İŞİĞİNDA BULGULARIMIZ**

Lateralden mediale kademeli diseksiyonda, temporal lob korteksinden intraventriküler hipokampusu ilerlerken karşımıza öncelikle U lifleri çıktı. U lifleri kaldırıldıktan sonra sırasıyla AF ve OLF, ventral eksternal kapsül bileşenleri İFOF ve UF, anterior komissür, retrolentiküler ve sublentiküler internal kapsül projeksiyon lifleri (okspitotemporo pontin ve okspitotemporo talamik lifler), tapetum lifleri ile karşılaştık. Tapetum lifleri temporal boynuz superolaterali örterken, kaudat nükleus kuyruğu ve stria terminalis intraventriküler hipokampus superomedial tavanını

oluşturuyordu. Temporal boynuz tavanının en ön kısmında tapetum lifleri yoktu, burada sublentiküler internal kapsül lifleri vardı. Kaudat nükleus kuyruğunun ve stria terminalisin birleştiği amigdala ise hipokampus başının önünde ve yukarısında, UF'nin arkasında, sublentiküler internal kapsül liflerinin önünde ve derininde yerleşikti.

AF inen bacağı temporal lobda superior ve orta temporal girus ortasına, inferior temporal girus posterioruna uzanıyordu. Anterior temporal lobektomi sırasında rezeksiyon sınırı aşılsa AF'nin ventral segmentinin inen bacağı hasarlanarak, fonolojik parafazi ya da tekrarlama rahatsızlıkları gibi dille ilgili komplikasyonlara neden olabilir (47,87).

OLF, AF altında AF'yi çaprazlayarak, angüler girus ile temporal pol arasında uzanıyordu. OLF'nin superior paryetal lobül ve parietookspital bölgeye kadar uzanabildiği ve ses hafızası ile ilişkili olduğu bildirilmiştir, anterior kısmının rezeksiyonunda defisit bildirilmemiştir (88,89).

UF, frontal lob bazali ile temporal pol ve anterior unkus arasında uzanırken kanca formu çiziyordu ve limen insula düzeyinde daralma göstererek inferior limitan sulkus (İLS) hemen proksimalinden geçiyordu. Temporal boynuzun önünde yerleşiyordu. UF, ventral limbik yolla ve hasarı durumunda davranış rahatsızlıklarıyla ilişkilendirilmiştir (47).

İFOF, frontal lob ve oksipital lob arasında uzanırken temporal lobun lateral yüzeyinin büyük bir kısmını anterior temporal hariç örtüyordu. UF ile aynı planda superiorda daralma gösteriyordu ve İLS'yi çaprazlıyordu. Sol temporal lobektomi sırasında semantik parafazi gibi iletişim defisitlerinden kaçınmak için İFOF'un posterior sınır olması gerektiği belirtilmiştir (90). İFOF'un korunması optik radyasyonun da dolaylı olarak korunmasını sağlar (39).

Anterior komissür, ventral eksternal kapsül altında temporal lobun ve oksipital lobun lateral yüzeyini örtüyordu. Anterior komissürün görme süreçlerinde tamamlayıcı etkisi olduğu ve epileptik aktivitenin yayılmasında payı olabileceği belirtilmiştir; dolayısıyla dirençli epilepside kesilmesi hemisferotominin aşamalarındandır. Rezeksiyonunda defisit bildirilmemiştir (39).

Oksipitotalamik lifler (optik radyasyon) LGC ve pulvinardan anterolaterale projeksiyon yaparak, temporal boynuz ucuna kadar ulaşır. Burada Meyer Döngüsü'nü

oluşturarak keskin bir dönüş yaparak kalkarın fissüre doğru uzanırken, temporal boynuz ve atrium'un yan duvar ve çatısını örter. Optik radyasyon lifleri diseksiyonlarımızda temporal boynuz çatısında – amigdala komşuluğunda – sadece anteromedialde küçük bir alanı örtmüyordu. Burayı pulvinardan temporal pole uzanan temporopulvinar lifler ve temporopulvinar liflerin medialinde uzanan temporopontin lifler dolduruyordu. Bu liflerin bir kısmı aynı zamanda Meyer Döngüsü'nde optik radyasyonu ve birbirlerini çaprazlıyordu. Temporal boynuzun çatısının anteromedial kısmının optik radyasyondan yoksun olduğu literatürle uyumludur (91, 92). Optik radyasyon temporal boynuz çatısının cerrahi önemi en yüksek ak maddesidir (93). Meyer Döngüsü'nün temporal boynuzla ilişkisi hep tartışma konusu olmuştur. Goga ve Türe optik radyasyonun Meyer Döngüsü'nün komponentlerinden biri olduğunu, lif mikrodiseksiyonuyla kesin sınırlarının ortaya konamayacağını ifade etmektedir. Bununla beraber en ön sınırında amigdala ya da unkal resese kadar ulaşmadığını ifade ederler (91). Farklı çalışmalarda ise temporal boynuzun ucuna kadar ulaştığını belirtilmiştir. Rubino ve arkadaşları 2005'te 20 hemisferde yaptıkları mikrodiseksiyonda Meyer Döngüsü'nün ortalama olarak temporal boynuzun ucunu 2 mm aştığını ve temporal tipten 2,5 cm geride olduğunu bildirmişlerdir (94). Parraga ve arkadaşları 2012'de 40 hemisferde yaptıkları benzer çalışmada bu değerleri sırasıyla 4,5 mm ve 28,4 mm olarak bulmuşlardır ve optik radyasyonun inferior temporal sulkus seviyesinin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir (95). Bizim de gösterdiğimiz üzere optik radyasyonun hem pulvinar hem LGC'den köken aldığı literatürde görece yeni bir bilgidir (22,39,91,95). Optik radyasyonun anterior demetinin oluşturduğu Meyer Döngüsü, temporal boynuz ya da medial temporal bölge cerrahilerinde en çok hasarlanan kısımdır. Hasarında kontralateral superior homonim kuadran anopsi gelişir (95).

Tapetum, spleniumdan uzanıyordu, kaudat nükleus kuyruğunun lateralinde kalarak temporal boynuz büyük kısmını ve atrium superolateral çatısını örtüyordu. İntraventriküler hipokampus başının superolateral büyük kısmı tapetumdan yoksundu; tapetum yerine, superolateralde ependimin altında temporopulvinar lifler mevcuttu. Temporal boynuz ve atrium tabanına doğru yönelen splenium kaynaklı liflerin bir kısmının tapetum ile alakalı olabileceğini düşünüyoruz.

Temporal boynuz tavanının en alt katmanını oluşturan ve ön duvarda yer alan amigdala ile ilişkili kaudat nükleus kuyruğu ve stria terminalis intraventriküler hipokampal gövde ve kuyruk boyunca intraventriküler hipokampus superomedial çatısında ona paralel uzanıyordu. İntraventriküler hipokampal baş çatısında her ikisi de amigdalayla birleşiyordu.

Inferiordan superiora kademeli diseksiyonumuzda hipokampusa ilerlerken kısa asosiasyon liflerini aştıktan sonra PHG derininde singulumla ve lateral komşuluğunda bazal temporal ve bazal oksipital bölge boyunca uzanan ventral İLF ile karşılaştık. Ventral İLF altında temporal boynuz ve atrium tabanını döşeyen splenium ile ilişkili olabilecek horizontal liflerle karşılaştık. Bu lifler medialindeki singulum ile beraber kaldırılınca, entorinal alandan AKL'ye uzanan liflerle karşılaştık. Bu liflerin altında ise entorinal alan ve hipokampus arasında uzanan angüler demetle karşılaştık.

Serebrumun inferior yüzeyin dekortikasyonu sonrası öncelikle kısa asosiasyon lifleriyle karşılaştık. Kollateral sulkus medialinde PHG'de kısa asosiasyon lifleri U şeklinde değildi, kısa ama kurvilineer liflerden oluşuyorlardı. Bu durum, PHG'nin allokorteks ve periallokorteksten oluşmasıyla ilişkili olabilir. Peririnal korteks ile entorinal alan arasındaki bilgi alışverişi kısa U lifleri ile olurken, posterior PHG ile entorinal alan arasındaki bilgi alışverişini görece daha uzun yüzeyel lifler yapar (66). Entorinal alan ve peririnal alan arasındaki iletişim direkt yolağın korteksle arasındaki girdi ve çıktılara aracılık ederken, entorinal alan ve posterior PHG arasındaki iletişim polisinaptik yolun girdisine aracılık eder (28). Ayrıca medial subikulumdan entorinal kortekse gelen liflerin (direkt yolak, 3. sinaps) dekortikasyon sonrası gözüküğünü, bunun literatürle uyumlu olduğunu düşünüyoruz (57,72).

Kısa asosiasyon liflerinin altında singulum ve ventral İLF ile karşılaştık. Inferior diseksiyonda singulum ventral kısmının singulat girus istmusunda daralarak entorinal alan ve presubikuluma uzandığını gözlemledik. Lateralinde ventral İLF ile yakın komşuluk içerisindeydi. Singulum lifleri dorsal limbik yolakla ve hasarında davranışsal bozukluklarla ilişkilendirilmiştir (47). Hipokampustan kalkan lifler sırasıyla forniks, postkomissüral forniks, mamiller cisim, mamillotalamik trakt, anterior talamik nükleus, singulum yoluyla tekrar hipokampusa gelirler ve Papez Devresi tamamlanmış olur. Papez bunun duygu oluşumda önemli rolü olabileceğini

öne sürmüştü, ancak günümüzde bu döngüdeki çoğu yapıların hafızada rol oynadığı kabul edilmektedir (21,22,96).

Catani ve arkadaşları, İLF'nin optik radyasyon ve temporal boynuzun altında ve lateralinde seyrettiğini söyler (97). Latini ve arkadaşları ise güncel ve kapsamlı bir çalışmada ventral ve dorsal İLF olarak iki kısımda değerlendirmiştir. Optik radyasyonun dorsal İLF'ye göre medialde, ventral İLF'ye göre medial ve kraniyalde seyrettiğini ifade ederler (40). Arkuat fasikülün altında temporal polden dorsolateral oksipital korteks ve kuneusa uzandığı belirtilen dorsal İLF'yi gösteremedik. İnferior diseksiyonda karşılaştığımız ventral İLF, anterior temporal bölgeden lingual girus ve fusiform girusa uzanıyordu. DTI çalışmalarında PHG ve prekuneusa da uzandığı belirtilmiştir (98)(99). Diseksiyonlarımızda ventral İLF, PHG derininde seyreden singulum lifleriyle yakın komşuluk gösteriyordu. Ayrıca sağ hemisferde prekuneusa uzandığını gösterdik. İLF, yüzleri ve nesneleri tanıma, duygusal, leksikal ve semantik süreçler, görsel hafıza ve okuma fonksiyonlarıyla ilişkilendirilmiştir (41). Özellikle arka yarısının korunması gerektiği bildirilmiştir (87).

Ventral İLF kaldırılınca temporal boynuz ve atrium tabanında splenium kaynaklı olabilecek horizontal liflerle karşılaştık. Singulum liflerini ve bu lifleri de kaldırınca entorinal alandan AKL'ye uzanan liflerle karşılaştık. Bu lifleri de kaldırınca entorinal alandan hipokampusa uzanan angüler demetle karşılaştık.

#### **5.4. HİPOKAMPUSA YÖNELİK CERRAHİ**

Hipokampusun da dahil olduğu mezial temporal lob olarak ifade edilen bölgenin kompleks fokal nöbetlerin ortaya çıkmasında etkili olduğu bilinmektedir (8). Nöbetlerin amigdala, hipokampus ve bitişik yapılardan kaynakladığı mezial temporal lob epilepsisi ilaca dirençli epilepsinin en sık nedenidir (9). Yapılan cerrahi serilerde ilaca dirençli epilepsi hastalarının %70'inde hipokampal skleroz olduğu ortaya konmuştur (10). Hipokampal sklerozun eşlik ettiği mezial temporal lob epilepsili hastalar epilepsi cerrahisi için çok uygun hastalardır. Cerrahi tedavide iki ana form vardır: anterior temporal lobektomi (ATL) ya da selektif amigdalohipokampektomi (SAH) (11).

Anterior temporal lobektomi (ATL) anterior temporal lob neokorteksinin yanında amidgala, hipokampus ve PHG büyük kısmının rezeksiyonunu kapsar ve yüzde 62 ile 83 arasında nöbeti engelleyerek en yaygın kullanılan cerrahi seçenek olmuştur (100). SAH ise temporal neokorteksi değişen oranlarda koruyan diğer tüm cerrahi yaklaşımları kapsar ve postoperatif komplikasyonları azaltmayı amaçlar. Nöbet kontrolü açısından ATL'nin daha başarılı olabileceği iddia edilse de, iki yöntem arasında bir çok çalışmada anlamlı fark bulunamamıştır (101–103). Öte yandan SAH'ın daha iyi nöropsikolojik sonuçlar sağladığı ve vizüel defisit riskinin daha az olduğunu ifade eden çalışmalar mevcuttur (103–106). SAH ilk olarak 1958'de Niemeyer tarafından, orta temporal giristan transkortikal olarak uygulanmıştır. 1982'de Wieser ve Yaşargil tarafından transsylvian selektif amigdalohipokampektomi (TSAH) tanıtılmış ve popülerize olmuştur. İlerleyen yıllarda bu yaklaşımların modifikasyonlarının yanında subtemporal yaklaşım, paramedian supraserebellar transtentorial yaklaşım gibi alternatif yaklaşımlar da tanımlanmıştır (87,107).

Baran ve arkadaşları, kadavrada ATL ve TSAH'yi karşılaştırdıkları çalışmada, ATL sırasında; UF, İLF, İFOF, anterior komissür, optik radyasyon, tapetum, ve düşük ihtimal AF'nin inen ventral segmentinin zarar göreceğini belirtmişlerdir. Limen insula arkasında İLS'ye 1-2 cm insizyon yapılan TSAH simülasyonunda; UF, muhtemelen anterior komissür ve optik radyasyon anterior demetinin, düşük ihtimal İFOF'un zarar göreceği belirtilmiştir (87).

ATL'nin zarar verdiği, SAH'ın korumayı amaçladığı tüm ak madde lifleri temporal steme dahildir. Temporal stem kavramı literatürde ilk olarak Horel tarafından kullanılmış; koronal beyin görüntüsünde temporal boynuzun çatısındaki daralan kısım kastedilmiştir (108). Ebeling ve Cramon tarafından temporal boynuzun çatısıyla İLS arasındaki ak madde lif demetlerinin oluşturduğu dar geçiş olarak tanımlanmıştır (44). İLS'nin anterior sınırı limen insulada temporal limen noktası, posterior sınırı posterior insular nokta olarak tanımlanmıştır (31). Yaşargil ve arkadaşları, temporal stem kavramına karşı çıkmış, stem ifadesinden hareketle buranın tek bağlantı yeri gibi algılanamayacağını söylemiştir (104). Temporal stem kavramıyla İLS'nin altındaki ak madde olarak kabul edilmesi pratikte faydalı gözüküyor ancak halen Terminologia Anatomica ikinci versiyonda (2019) temporal stemden bahsedilmemiştir.

Ribas ve arkadaşları İLS altından geçen ak madde liflerinin, bu sulkusun başlangıcı temporal limen noktasına olan uzaklığını ölçmüşlerdir. Fonksiyonları nedeniyle önem atfedilen optik radyasyon ve İFOF liflerinin temporal limen noktasına uzaklığını sırasıyla ortalama 10,6 (6-17.7) mm ve 10 (6. 4-14.5) mm saptamışlardır. Bu liflerin korunabilmesi için temporal limen noktasının 6 mm arkasına gidilmemesini önermişlerdir (31). Choi ve arkadaşları da optik radyasyonun ilişkisini incelediği daha eski bir kadaverik çalışmada, İLS proksimal 5 mm'e kadar güvenli insizyon yapılabileceğini belirterek destekleyici bulgular elde etmişlerdir (92).

İLS, TSAH için sıklıkla kullanılagelmiştir. Yeni ve arkadaşları İLS proksimale en fazla 2 cm insizyon yaparak TSAH uyguladıkları epilepsi hastalarında vizüel defisit oranını yüzde 36,6 saptamıştır (13). Abdulrauf ve Yaşargil bu makaleyle yayınlanan ortak yorumlarında, Yaşargil'in 1973'te geliştirdiği TSAH tekniğinin geniş bir kavram olduğunu, 1982'de Wieser ve Yaşargil tarafından yayınlanan makalede Wieser tarafından yanlış tarif edildiğini belirtmişlerdir. Limen insula düzeyinde M1 arteri lateralinde, temporal polar ve anterior temporal arterler arasında, İLS'nin ön noktasından (temporal limen noktası) başlayacak insizyonun 10-15 mm anteriora ilerleyerek amigdala korteksine yapılması gerektiğini, posteriorda yapılırsa yani İLS dahilinde olursa Yaşargil'in önerdiği teknik olmayacağını söylemişlerdir (13, 109). Yaşargil'in kendi yayınladığı serilerde TSAH yapılan 173 hastada vizüel defisit sadece 2 hastada gözükmüş, bu hastalar ise hematoma komplikasyonu yaşamışlardır (104). Yaşargil'in tekniğinin bir benzeri de transsylvian transsisternal yaklaşımdır. Bu teknikte farklı olarak bazal sisternleri takiben ambient sistern açılarak; PHG medialden ortaya konur, amigdalohipokampektomi medialdan laterale en blok olarak gerçekleştirilerek harici temporal lob korunur. Yayınladıkları seride görme defisiti 32 hastadan birinde saptanmıştır (110). Başka bir benzer alternatif kadavrada gösterilmiş transylvian piriform transkortikal transunkal yaklaşımdır. Yaşargil tekniğine göre daha medial ve inferiordan piriform kortekse (anterior unkus superioru) girilerek, UF'nin çoğunun korunabileceği ifade edilmiştir (111).

Türe ve arkadaşları tarafından önerilen ve uygulanan paramedian supraserebellar transtentorial yaklaşım temporal neokortekse ve temporal steme zarar vermeksizin, PHG rezeksiyonu ve amigdalohipokampektomi imkanı sunmaktadır

ancak oturur pozisyonda yapılması ve cerrahi açıdan zor bir teknik olması dezavantajdır (112).

Son yıllarda açık cerrahiye alternatif olarak minimal invazif yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en umut vaat edeni, minimal invazif ve çok daha az komplikasyona neden olan stereotaktik lazer amigdalohipokampotomidir. Bu yöntem ile tedavi edilen hastaların çoğunda nöbetsizlik sağlanabilmiştir ancak halen açık cerrahiye göre postoperatif nöbetler daha fazladır (14–17). Gelecekte bu yöntemin geliştirilerek daha sık kullanılması olasıdır (113).

## 5.5. HİPOKAMPUSA AİT LİFLER

Bu çalışmada literatürde ilk kez ve en detaylı olarak hipokampus katmanları Klingler lif mikrodiseksiyon yöntemi ile superiordan inferiora ve inferiordan superiora doğru gösterilmiştir. Stratum lakunozum ve molekülarenin mikrodiseksiyonda ayırt edilememesinin sebebi iki katmanın da perforan lifleri barındırması olabilir. Hipokampusla ilişkili tüm lifleri literatür ışığında lif mikrodiseksiyonu ile gösterebildik. Gösterdiğimiz liflerin hangi yöne ilerlediğini söyleyebilmek veya tayin etmek – DTI ya da PLI’ye benzer şekilde – mümkün olmamıştır. Bu tip bulguları ancak maymun beyinlerinde antegrad ve retrograd lif işaretleme çalışmaları ışığında yorumlayabiliriz.

Yaptığımız diseksiyonlarda hipokampusun intrinsik bağlantılarından; perforan (internal) yolağı, alvear (eksternal) yolağı, endfolial lifleri, Schaffer Kollateralleri’ni, CA1→Subikulum liflerini, subikulum→entorinal alan liflerini gösterebildik. Ekstrinsik liflerden peririnal–entorinal alan kısa asosiasyon liflerini, posterior parahipokampus-entorinal alan kısa liflerini, fimbriaya uzanan alveus liflerini, hipokampal komissüre uzanan alveus liflerini, entorinal alandan AKL’ye uzanan alveus liflerini gösterebildiğimizi düşünüyoruz. Dentat giristan CA4 ve CA3’e uzanan miyelin içermeyen yosunsu aksonal lifleri göstermek DTI ya da PLI ile göstermek halen mümkün değildir (57). Miyelinli liflere göre çok ince bu lifleri diseksiyonla da gösteremedik.

Literatürde lif diseksiyonuyla hipokampus intrinsik lifleri Yasutaka ve arkadaşlarının çalışmasında gösterilmeye çalışılmıştır. Yasutaka’nın çalışmasında

hipokampusun alveus liflerinin seyirleri ve stratum lakunozumda longitudinal lifler, stratum radiatumda girifikasyonlara paralel lifler gösterilmiştir (86). Yasutaka'nın çalışmasına katkı olarak, daha kapsamlı bir şekilde bu lifleri gösterdiğimizi düşünüyoruz. Özellikle Zeineh ve arkadaşlarının DTI ve PLI çalışmalarının bu lifleri daha spesifik olarak belirlememize yardım ettiğini söyleyebiliriz (57,66).

Bu çalışmada ayrıca literatürde ilk kez angüler demetin perforan yolağı ve alvear yolağı lif diseksiyon tekniği ile insan beyninde gösterilebilmiştir. Entorinal alan medialinden kalkan perforan liflerin dentat girus ve hipokampus rostraline, lateralinden kalkan liflerin kaudaline ulaştığı bildirilmiştir (114). Yaptığımız diseksiyonda entorinal alandan kalkan liflerin, subikulum piramidal hücrelerini perfore ederek subikulum moleküler zona kadar ulaştığını takip edebildik ve gösterdik. Dahası bu liflerin ne kadar entorinal alan medialden köken alırsa o kadar hipokampus rostraline gittiğini, ne kadar lateralinden köken alırsa o kadar kaudale uzandığını gösterebildik. Bu Witter ve arkadaşlarının histolojik lif işaretleme çalışmasıyla uyumludur (114). Subikulum moleküler zona ulaşan perforan lifler kalıntı hipokampal sulkusu aşarak dentat girusa uzanıyordu ya da Cornu Ammonis stratum lakunozum-moleküllere katmanlarına yayılıyordu, bunu diseksiyon sırasında gözlemledik. Fotoğraflarımızın DTI ve PLI çalışmalarıyla uyumlu olduğunu düşünüyoruz (57, 66).

Angüler demetten liflerinin bir kısmının subikulumu perfore etmediğini, hipokampal formasyon altından alveus lifleriyle (alvear/eksternal yolak) CA1 alanına ve intraventriküler alveusa doğru uzandığını gösterdik. Bu projeksiyonun hipokampus kaudaline doğru daha yoğunlaştığını gözlemledik. Bu alveus liflerinin CA1'de sonlanacak lifleri barındırdığını ve alvear/eksternal yolak olduğunu düşünüyoruz. Bulgularımız Deller ve arkadaşlarının çalışmasıyla ve Zeineh ve arkadaşlarının DTI ve PLI görüntüleriyle uyumludur (50,57,66).

Schaffer Kollateralleri'nin girifikasyonlarda girifikasyonlara paralel, girifikasyonlardan sonra hipokampus uzun ekseninde longitudinal seyrettiklerini gösterdik. Bu lifler daha rostraldeki CA1 ile daha kaudaldeki CA3 arasında uzanıyordu. Gösterdiğimiz lifler DTI ve PLI çalışmalarıyla uyumludur (57,66).

Perforan liflerin girifikasyonlardan önce anteromedialden posterolaterale oblik, girifikasyonlardan geçerken girifikasyonlara paralel, girifikasyonlardan sonra

hipokampus uzun eksenine longitudinal seyrettiğini gösterdik. Gösterdiğimiz liflerin seyrine ait patenler DTI ve PLI çalışmalarıyla uyumludur (57,66).

CA1-subikulum arasında stratum oriens ve alveus dahilinde horizontal ilerleyen lifler gösterdik. Bu liflerin lif işaretleme ve görüntüleme çalışmalarıyla uyumlu olduğunu, CA1→subikulum lifleri olduğunu düşünüyoruz (51,57,66).

CA4 piramidal hücreleri medialinden CA3'e yükselen vertikal kısa ince lifler tespit ettik, bunların endfolial yolağa ait olabileceğini düşünüyoruz. Bunların Lim'in lif işaretleme, Zeineh ve arkadaşlarının PLI ile gösterdiği endfolial yolakla uyumlu olduğunu düşünüyoruz (54,57).

Subikulumdan alveus yoluyla fimbriaya katılarak doğrudan veya dolaylı olarak anterior anterior talamik nükleusa uzanan lifler polisinaptik yolun çıktısını sağlarlar (28). Hipokampus intraventriküler yüzeyinde subikulum ve Cornu Ammonis kaynaklı alveus liflerinin anteroinferolateralden posterosuperomediale seyir izleyerek özellikle hipokampal baş veya medialdekilerin fimbriaya katıldığını lateraldeki liflerin ise fimbriaya paralel seyrettiğini, daha kaudalde krura fornikse katıldıklarını veya hipokampal komissüre katıldığını gözlemledik. Bu liflerin fimbriaya katılımları ve seyirleri literatürde lif diseksiyonuyla sadece bir çalışmada gösterilmiştir (86). DTI ve PLI çalışmasıyla bu liflerin subikulum ve Cornu Ammonis'ten kaynaklandığı ve ne şekilde seyrettikleri doğrulanmıştır (57,66). Bizim gözlemlerimizdeki farklılık; özellikle lateraldeki liflerin intraventriküler alveusta devam ederek ve fimbriaya katılmayarak hipokampal komissüre ilerlemesiydi. Ayrıca fimbria ve alveusun kalınlığının rostralden kaudale kalınlaştığını gösterdik bu literatürde bilinen bir bilgidir (28).

Diseksiyonun erken aşamasında subikulum entorinal alan arasında medialde longitudinal uzanan liflerin, subikulumdan entorinal alana bilgiyi ileten direkt yolağın son sinapsını yapan lifler olduğunu düşünüyoruz. Bu liflerin seyri, yerleşimi DTI ve lif işaretleme çalışmalarıyla uyumludur (66,72). Peririnal – entorinal alan arasında gösterdiğimiz kısa U liflerinin entorinal alana ekstrinsik girdi ve çıktısı sağlayan lifler olduğunu ve direk yolağa hizmet eden lifler olduğunu düşünüyoruz (28,99). Posterior PHG ve entorinal alan arasında gösterdiğimiz görece daha uzun liflerin hipokampusun polisinaptik yolak girdisini sağlayan lifler olduğunu düşünüyoruz. Entorinal alan ve

posterior PHG ya da peririnal alan arasında gösterdiğimiz kısa asosiasyon lifleri DTI çalışmasıyla uyumludur (66)

Perforan yolak Alzheimer'da ilk dejenere olan ak madde olduğu düşünülüyor (115). Bu ve diğer hipokampal yolakların daha iyi tanımlanabilmesi Alzheimer ve hafızayı etkileyen diğer hastalıkların erken teşhisini sağlayabilir.

Entorinal alan, angüler demet, CA3-CA1, forniks başta olmak üzere birçok nokta derin beyin stimülasyonu ile uyarılarak hastalarda hafızaya dair olumlu sonuçlar elde edilmiştir (116,117). Sınırlı sayıda epilepsi veya Alzheimer hastada yapılan bu çalışmalar halen kısıtlı olmakla beraber, gelecekte Alzheimer Hastalığı'nın tedavi edilebileceğine dair umut vermektedir. Bu yapılara yapılacak cerrahi girişimlerin başarılı olmasının şartlarından biri de hipokampus ve komşuluklarının üç boyutlu anatomisinin detaylıca anlaşılmasıdır.

#### 5.5.1. Hipokampal Komissür

İnsanda ve maymunda, farelerde mevcut olan ventral hipokampal komissür gösterilememiştir ve köreldiği kabul edilir (52,55). İnsanda fonksiyonel ve belirgin olan dorsal hipokampal komissürün çeşitli yazarlar tarafından bilateral krus forniksler tarafından oluşturulduğu ve korpus kallozumdan glial bir membranla ayrıldığı belirtilmiştir (55).

Hipokampustan geçen liflerin ipsilateral oksipital alana ve kontralateral hipokampus ve oksipital alanlara ulaştığı 2010 yılında DTI ile gösterilerek; iki hipokampus arasındaki bağlantının korpus kallozum spleniumu ve bunun inferiorundaki dorsal hipokampal komissür tarafından gerçekleştiği belirtilmiştir (118). Ayrıca güncel bir DTI çalışmasında hipokampusun, bilateral erken vizüel kortikal alanlarla (V1-V4) dorsal hipokampal komissür aracılığıyla doğrudan bağlantıları olduğu gösterilmiştir (119).

Şahin ve ark.'nın hipokampal komissürü lif diseksiyonu ile incelediği tezinde hipokampal komissüre forniks, alveus ve AKL'nin katıldığı belirtilmektedir (120). Yaptığımız diseksiyonlarda hipokampal komissürün yapısına (krura) forniksin hemen hemen hiç lif vermediğini gözlemledik. Dolayısıyla bu tezdeki gözlemlerimize göre hipokampal komissürü “forniseal komissür” olarak adlandırmak yanlış olacaktır.

Hipokampal komissürün yapısına bilateral intraventriküler hipokampal kuyruğunun alveusu ve AKL katılıyordu. Her iki lif grubu arasında hipokampal komissür düzeyinde lif alışverişi/çaprazlama söz konusu olduğunu gözlemledik. Hipokampal komissür düzeyinde, intraventriküler kuyruk alveusuna ait akson liflerinin bir kısmının karşı hipokampal formasyon ve entorinal alana uzandığını ayrıca bir kısım lifin AKL'ye atlayarak karşı lingual girusa uzandığını gösterdik. Literatürdeki insan hipokampus traktografi çalışmaları dolaylı olarak bu görüşümüzü destekliyor (118,119). Maymun ve farelerde yapılan daha eski lif işaretleme çalışmalarında ise lingual girusla bir iletişimden bahsedilmemiştir; entorinal alandan kalkan liflerin angüler demet yoluyla alveus→fimbria→hipokampal komissür yolunu kullanarak karşı hipokampal formasyon ve entorinal alana geçtiği bildirilmiştir (50,52).

AKL'nin varlığı Şahin ve Yoldaş'ın tezlerinde ilk kez gösterilmiştir (120,121). Şahin'in tezinde ayrıca perihipokampal liflerin AKL'ye katıldığı belirtilmiştir (120). Biz de inferior diseksiyonda entorinal alandan köken alan alveus liflerinin bir kısmının AKL'ye dahil olduğunu gözlemledik. Bu liflerin AKL aracılığıyla aynı taraf lingual girusa ve karşı taraf lingual girusa uzanabildiğini düşünüyoruz.

Özetle; entorinal alan ve hipokampal formasyondan kalkan liflerin intraventriküler hipokampal kuyruğun alveusu yoluyla hipokampal komissürden geçerek karşı entorinal alan ve hipokampal formasyona uzanabileceğini, dorsal hipokampal komissürde çaprazlaşma yaparak karşı AKL yoluyla karşı lingual girusa uzanabileceğini, ayrıca entorinal alandan kalkan liflerin ipsilateral AKL yoluyla ipsilateral lingual girusa uzandığını düşünüyoruz.

Lingual girusa ventral İLF, optik radyasyon lifleri, İFOF ve sledge runner fasikülünün uzandığı bildirilmiştir (36,40,122). Hipokampal komissür, yapısına katılan AKL ile beraber yoğun bir iletişimin kavşağını oluşturuyor olabilir. Bu iletişim aynı odaklar arasında ya da farklı odaklar arasında olabilir. Bu bilgi epilepsinin yayılma paterni açısından faydalı olabilir. Nitekim Gloor ve arkadaşları temporal lob nöbet aktivitesinin dorsal hipokampal komissür yoluyla karşı hemisfere yayılabildiğini göstermiştir (55).

Çalışmamızın eksik yönü hemisfer sayısıdır; hipokampus ve komşuluklarının yapısını ve bu bölgede birbirini çaprazlayan lifleri daha iyi anlayabilmek için daha çok hemisferde çalışma yapılması gerektiğini düşünüyoruz.



## 6. SONUÇLAR

Bu çalışma hipokampusa yönelik yapılmış ilk üç boyutlu diseksiyon çalışmasıdır. Hipokampus, Alzheimer ve epilepsi gibi yaygın hastalıkların patogeneğinde rol oynadığı için iç yapısını ve komşuluklarını anlamak büyük önem taşır. Komşuluklarını anlamak cerrahi açıdan morbiditenin azalmasını sağlayarak daha güvenli cerrahi girişimlere zemin hazırlayacaktır. İç yapısının ve liflerinin anlaşılması ise Alzheimer ve epilepsi hastalıklarının patogeneğini anlamamızı, erken tanı koymamızı sağlayabilir. Çalışmamızda yeni veriler sağladığımızı başka çalışmalara zemin hazırladığımızı düşünüyoruz.

## 7. KAYNAKLAR

1. Schultz C, Engelhardt M. Anatomy of the Hippocampal Formation. *Hippocampus Clin. Neurosci.* 2014;34:6–17.
2. Insausti R, Amaral DG. Hippocampal Formation. İçinde: Mai JK, Paxinos G., ed. *The Human Nervous System: Second Edition*. Elsevier Inc.; 2004:871–914.
3. Gu Y, Janoschka S, Ge S. Neurogenesis and Hippocampal Plasticity in Adult Brain. İçinde: *Current Topics in Behavioral Neurosciences*. Vol 15. Springer Verlag; 2012:31–48.
4. Bremner JD, Narayan M, Anderson ER, Staib LH, Miller HL, Charney DS. Hippocampal Volume Reduction in Major Depression. *Am. J. Psychiatry* 2000;157(1):115–117.
5. Maguire EA, Gadian DG, Johnsrude IS, Good CD, Ashburner J, Frackowiak RSJ, vd. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2000;97(8):4398–4403.
6. Laakso MP, Partanen K, Riekkinen P, Lehtovirta M, Helkala EL, Hallikainen M, vd. Hippocampal volumes in Alzheimer's disease, Parkinson's disease with and without dementia, and in vascular dementia: An MRI study. *Neurology* 1996;46(3):678–681.
7. Nelson MD, Saykin AJ, Flashman LA, Riordan HJ. Hippocampal volume reduction in schizophrenia as assessed by magnetic resonance imaging: a meta-analytic study. *Arch. Gen. Psychiatry* 1998;55(5):433–440.
8. FitzGerald MJT, Gruener G, Mtui E. *Clinical neuroanatomy and neuroscience*. 6. baskı. Edinburgh: Elsevier; 2012.
9. Téllez-Zenteno JF, Hernández-Ronquillo L. A review of the epidemiology of temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Res. Treat.* 2012;2012:1–5.
10. Babb T, Brown W. Pathological findings in epilepsy. İçinde: Engel JJ, ed. *Surgical treatment of epilepsies*. New York: Raven Press; 1987:511–540.
11. Lüders HO, Comair YG. *Epilepsy Surgery*. Lippincott Williams&Wilkins; 2001.
12. Hughes TS, Abou-Khalil B, Lavin PJM, Fakhoury T, Blumenkopf B, Donahue SP. Visual field defects after temporal lobe resection: a prospective quantitative analysis. *Neurology* 1999;53(1):167–172.

13. Yeni SN, Tanrioer N, Uyanik Ö, Ulu MO, Özkara Ç, Karaağaç N, vd. Visual field defects in selective amygdalohippocampectomy for hippocampal sclerosis: The fate of meyers loop during the transsylvian approach to the temporal horn. *Neurosurgery* 2008;63(3):507–513.
14. Willie JT, Laxpati NG, Drane DL, Gowda A, Appin C, Hao C, vd. Real-time magnetic resonance-guided stereotactic laser amygdalohippocampotomy for mesial temporal lobe epilepsy. *Neurosurgery* 2014;74(6):569–584.
15. Drane DL, Loring DW, Voets NL, Price M, Ojemann JG, Willie JT, vd. Better object recognition and naming outcome with MRI-guided stereotactic laser amygdalohippocampotomy for temporal lobe epilepsy. *Epilepsia* 2015;56(1):101–113.
16. Kang JY, Wu C, Tracy J, Lorenzo M, Evans J, Nei M, vd. Laser interstitial thermal therapy for medically intractable mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsia* 2016;57(2):325–334.
17. Jermakowicz WJ, Kanner AM, Sur S, Bermudez C, D’Haese PF, Kolcun JPG, vd. Laser thermal ablation for mesiotemporal epilepsy: Analysis of ablation volumes and trajectories. *Epilepsia* 2017;58(5):801–810.
18. MacLean PD, Kral VA. *A triune concept of the brain and behaviour*. Toronto: University of Toronto Press; 1973.
19. Sarnat HB, Netsky MG. *Evolution of the nervous system*. New York: Oxford University Press; 1981.
20. Ribas GC. *Applied Cranial-Cerebral Anatomy: Brain Architecture and Anatomically Oriented Microneurosurgery*. Cambridge: Cambridge University Press; 2018. doi:10.1017/9781316661567.
21. Kahle W, Frotscher M. *Color Atlas of Human Anatomy Volume 3: Nervous System and Sensory Organs*. 5. baskı. George Thieme Verlag; 2003.
22. Nieuwenhuys R, Voogd J, Van Huijzen C. *The Human Central Nervous System: A Synopsis and Atlas*. 4. baskı. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2008. doi:10.1007/978-3-540-34686-9.
23. Preuss TM, Wise SP. Evolution of prefrontal cortex. *Neuropsychopharmacology* 2022;47(1):3–19.
24. Insausti R, Muñoz-López M, Insausti AM, Artacho-Pérula E. The human periallocortex: Layer pattern in presubiculum, parasubiculum and entorhinal cortex. A review. *Front. Neuroanat.* 2017;11:84.

25. Stephan H (Heinz). *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen Teil 9. Allocortex*. Berlin: Springer; 1975.
26. Standring S, ed. *Gray's anatomy : the anatomical basis of clinical practice*. 39. baskı. Spain: Elsevier Churchill Livingstone; 2005.
27. Humphrey T. The development of the human hippocampal fissure. *J. Anat.* 1967;101(Pt 4):655.
28. Duvernoy HM, Cattin F, Risold PY. *The Human Hippocampus*. 4. baskı. Springer Berlin, Heidelberg; 2013.
29. Wen HT, Rhoton AL, De Oliveira E, Cardoso ACC, Tedeschi H, Baccanelli M, vd. Microsurgical anatomy of the temporal lobe: Part 1: Mesial temporal lobe anatomy and its vascular relationships as applied to amygdalohippocampectomy. *Neurosurgery* 1999;45(3):549–592.
30. Tanrıöver N, Küçükyürük B, Yağmurlu K, Baydın S. Supratentoriyal Bölge'nin Mikrocerrahi Anatomisi. İçinde: Özyurt E, ed. *Düşük Dereceli Gliomalar ve Tedavileri*. Vol 1. Nobel Tıp Kitabevleri; 2015:1–47.
31. Ribas EC, Yagmurlu K, Wen HT, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the inferior limiting insular sulcus and the temporal stem. *J. Neurosurg.* 2015;122(6):1263–1273.
32. Kucukyuruk B, Richardson RM, Wen HT, Fernandez-Miranda JC, Rhoton AL. Microsurgical Anatomy of the Temporal Lobe and Its Implications on Temporal Lobe Epilepsy Surgery. *Epilepsy Res. Treat.* 2012;2012:1–17.
33. Rhoton AL. The cerebrum. *Neurosurgery* 2002;51(4 Suppl):1–51.
34. Ding SL, Van Hoesen GW. Borders, extent, and topography of human perirhinal cortex as revealed using multiple modern neuroanatomical and pathological markers. *Hum. Brain Mapp.* 2010;31(9):1359–1379.
35. Fernández-Miranda JC, De Oliveira E, Rubino PA, Wen HT, Rhoton AL. Microvascular anatomy of the medial temporal region: Part 1: Its application to arteriovenous malformation surgery. *Neurosurgery* 2010;67(SUPPL. 1):237–276.
36. Koutsarnakis C, Kalyvas A V., Skandalakis GP, Karavasilis E, Christidi F, Komaitis S, vd. Sledge runner fasciculus: anatomic architecture and tractographic morphology. *Brain Struct. Funct.* 2019 2243 2019;224(3):1051–1066.
37. Destrieux C, Bourry D, Velut S. Surgical anatomy of the hippocampus. *Neurochirurgie*

- 2013;59(4–5):149–158.
38. Catani M, Jones DK, Ffytche DH. Perisylvian language networks of the human brain. *Ann. Neurol.* 2005;57(1):8–16.
  39. Yagmurlu K, Vlasak AL, Rhoton AL. *Three-dimensional topographic fiber tract anatomy of the cerebrum.*; 2015. doi:10.1227/NEU.0000000000000704.
  40. Latini F, Mårtensson J, Larsson EM, Fredrikson M, Åhs F, Hjortberg M, vd. Segmentation of the inferior longitudinal fasciculus in the human brain: A white matter dissection and diffusion tensor tractography study. *Brain Res.* 2017;1675:102–115.
  41. Herbet G, Zemmoura I, Duffau H. Functional Anatomy of the Inferior Longitudinal Fasciculus: From Historical Reports to Current Hypotheses. *Front. Neuroanat.* 2018;12. doi:10.3389/FNANA.2018.00077.
  42. Baydin S, Gungor A, Tanriover N, Baran O, Middlebrooks EH, Rhoton AL. *Fiber Tracts of the Medial and Inferior Surfaces of the Cerebrum.* Elsevier Ltd; 2017. doi:10.1016/j.wneu.2016.05.016.
  43. Güngör A, Baydin S, Middlebrooks EH, Tanriover N, Isler C, Rhoton AL. The white matter tracts of the cerebrum in ventricular surgery and hydrocephalus. *J. Neurosurg.* 2017;126(3):945–971.
  44. Ebeling U, Cramon D v. Topography of the uncinate fascicle and adjacent temporal fiber tracts. *Acta Neurochir. (Wien).* 1992;115(3–4):143–148.
  45. Kucukyuruk B, Yagmurlu K, Tanriover N, Uzan M, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the white matter tracts in hemispherotomy. *Neurosurgery* 2014;10(2):305–324.
  46. Goga C, Brinzaniuc K, Florian IS, Rodriguez MR. The Three-Dimensional Architecture of the Internal Capsule of the Human Brain Demonstrated by Fiber Dissection Technique. *ARS Medica Tomitana* 2015;20(3):115–122.
  47. Fernández-Miranda JC, Rhoton AL, Álvarez-Linera J, Kakizawa Y, Choi C, de Oliveira EP. Three-dimensional microsurgical and tractographic anatomy of the white matter of the human brain. *Neurosurgery* 2008;62(6 Suppl 3):989–1028.
  48. Lorente De No R. *Studies on the structure of the cerebral cortex. II, Continuation of the study of the ammonic system.* Leipzig: Johann Ambrosius Barth; 1934.
  49. Cajal SR y. *The structure of Ammon's horn.* Springfield Ill.: C.C. Thomas; 1968.

50. Deller T, Adelmann G, Nitsch R, Frotscher M. The alvear pathway of the rat hippocampus. *Cell Tissue Res.* 1996;286(3):293–303.
51. Amaral DG, Dolorfo C, Alvarez-Royo P. Organization of CA1 projections to the subiculum: A PHA-L analysis in the rat. *Hippocampus* 1991;1(4):415–435.
52. Amaral DG, Insausti R, Cowan WM. The commissural connections of the monkey hippocampal formation. *J. Comp. Neurol.* 1984;224(3):307–336.
53. Kondo H, Lavenex P, Amaral DG. Intrinsic Connections of the Macaque Monkey Hippocampal Formation: II. CA3 Connections. *J. Comp. Neurol.* 2009;515(3):349.
54. Lim C, Mufson EJ, Kordower JH, Blume HW, Madsen JR, Saper CB. Connections of the hippocampal formation in humans: II. The endfolial fiber pathway. *J. Comp. Neurol.* 1997;385(3):352–371.
55. Gloor P, Salanova V, Olivier A, Quesney LF. The human dorsal hippocampal commissure. An anatomically identifiable and functional pathway. *Brain* 1993;116 ( Pt 5(5):1249–1273.
56. Witter MP, Amaral DG. Entorhinal cortex of the monkey: V. Projections to the dentate gyrus, hippocampus, and subicular complex. *J. Comp. Neurol.* 1991;307(3):437–459.
57. Zeineh MM, Palomero-Gallagher N, Axer M, Gräbel D, Goubran M, Wree A, vd. Direct Visualization and Mapping of the Spatial Course of Fiber Tracts at Microscopic Resolution in the Human Hippocampus. *Cereb. Cortex* 2017;27(3):1779–1794.
58. Dam AM. The Density Of Neurons In The Human Hippocampus. *Neuropathol. Appl. Neurobiol.* 1979;5(4):249–264.
59. Stephan H. Evolutionary trends in limbic structures. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 1983;7(3):367–374.
60. Braak H. On the structure of the human archicortex. *Cell Tissue Res.* 1974 1523 1974;152(3):349–383.
61. DeKraker J, Lau JC, Ferko KM, Khan AR, Köhler S. Hippocampal subfields revealed through unfolding and unsupervised clustering of laminar and morphological features in 3D BigBrain. *Neuroimage* 2020;206(October 2019). doi:10.1016/j.neuroimage.2019.116328.
62. Klingler J. *Die makroskopische Anatomie der Ammonsformation*. Zürich: Fretz; 1948.
63. O'Mara S. The subiculum: What it does, what it might do, and what neuroanatomy has yet to tell us. *J. Anat.* 2005;207(3):271–282.

64. McHugh TL, Saykin AJ, Wishart HA, Flashman LA, Cleavinger HB, Rabin LA, vd. Hippocampal volume and shape analysis in an older adult population. *Clin. Neuropsychol.* 2007;21(1):130–145.
65. Nagata S, Rhoton AL, Barry M. Microsurgical anatomy of the choroidal fissure. *Surg. Neurol.* 1988;30(1):3–59.
66. Zeineh MM, Holdsworth S, Skare S, Atlas SW, Bammer R. Ultra-high resolution diffusion tensor imaging of the microscopic pathways of the medial temporal lobe. *Neuroimage* 2012;62(3):2065–2082.
67. Hoesen GWVAN. Anatomy Of the Medial Temporal Lobe. *Magn. Reson. Imaging* 1995;13(8):1047–1055.
68. Cajal SR y. *Histologie du système nerveux de l'homme & des vertébrés*. Paris: Maloine; 1909. doi:10.5962/bhl.title.48637.
69. Ishizuka N, Weber J, Amaral DG. Organization of intrahippocampal projections originating from CA3 pyramidal cells in the rat. *J. Comp. Neurol.* 1990;295(4):580–623.
70. Rosene DL, Van Hoesen GW. Hippocampal efferents reach widespread areas of cerebral cortex and amygdala in the rhesus monkey. *Science* 1977;198(4314):315–317.
71. Yang S, Yang S, Moreira T, Hoffman G, Carlson GC, Bender KJ, vd. Interlamellar CA1 network in the hippocampus. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2014;111(35):12919–12924.
72. Köhler C. Intrinsic projections of the retrohippocampal region in the rat brain. I. The subicular complex. *J. Comp. Neurol.* 1985;236(4):504–522.
73. Devinsky O, Luciano D. The contributions of cingulate cortex to human behavior. İçinde: Vogt BA, Gabriel M, ed. *Neurobiology of cingulate cortex and limbic thalamus*. Vol 1. Boston: Birkhäuser; 1993:527–556.
74. Suzuki WA, Amaral DG. Functional Neuroanatomy of the Medial Temporal Lobe Memory System. *Cortex* 2004;40(1):220–222.
75. Ludwig E, Klingler J. *Atlas cerebri humani : Der innere Bau des Gehirns, dargestellt auf Grund makroskopischer Präparate / The Inner Structure of the Brain Demonstrated on the Basis of Macroscopical Preparations*. 1956:136.
76. Insausti R, Córcoles-Parada M, Ubero MM, Rodado A, Insausti AM, Muñoz-López M. Cytoarchitectonic areas of the Gyrus ambiens in the human brain. *Front. Neuroanat.* 2019;13.

doi:10.3389/FNANA.2019.00021.

77. Smith E. The Relation of the Fornix to the Margin of the Cerebral Cortex. *J. Anat. Physiol.* 1897;32(Pt 1):23–58.
78. Macchi G. The ontogenetic development of the olfactory telencephalon in man. *J. Comp. Neurol.* 1951;95(2):245–305.
79. Giacomini C. Fascia dentata du grand hippocampe dans le cerveau de l’homme. *Arch. Ital. Biol.* 1884;5(1–16):205–219.
80. Tryhubczak A. Myeloarchitectonics of the hippocampal formation in the dog. *Folia Biol. (Praha)*. 1975;23(2):177–188.
81. Tubbs RS, Prekupec M, Loukas M, Hattab EM, Cohen-Gadol AA. The indusium griseum: Anatomic study with potential application to callosotomy. *Neurosurgery* 2013;73(2):312–315.
82. Dejerine J. *Anatomie des Centres Nerveux* . Paris: Masson; 1980.
83. DeKraker J, Köhler S, Khan AR. Surface-based hippocampal subfield segmentation. *Trends Neurosci.* 2021;44(11):856–863.
84. Cai S, Yu X, Zhang Q, Huang C, Gao Y. Is hippocampus getting bumpier with age: a quantitative analysis of fine-scale dentational feature under the hippocampus on 552 healthy subjects. <https://doi.org/10.1117/12.2512701> 2019;10949:807–812.
85. Hove J ten, Poppenk J. Structural variation in hippocampal dentations among healthy young adults. *bioRxiv* 2020:2020.02.09.940726.
86. Yasutaka S, Shinohara H, Kominami R. Gross anatomical tractography (GAT) proposed a change from the “Two laminae concept” to the “Neuronal unit concept” on the structure of the human hippocampus. *Okajimas Folia Anat. Jpn.* 2013;89(4):147–156.
87. Baran O, Balak N, Baydin S, Aydin I, Kayhan A, Evran S, vd. Assessing the connectional anatomy of superior and lateral surgical approaches for medial temporal lobe epilepsy. *J. Clin. Neurosci.* 2020;81(November):378–389.
88. Wang Y, Fernández-Miranda JC, Verstynen T, Pathak S, Schneider W, Yeh FC. Rethinking the role of the middle longitudinal fascicle in language and auditory pathways. *Cereb. Cortex* 2013;23(10):2347–2356.
89. De Witt Hamer PC, Moritz-Gasser S, Gatignol P, Duffau H. Is the human left middle longitudinal fascicle essential for language? A brain electrostimulation study. *Hum. Brain Mapp.*

2011;32(6):962–973.

90. Duffau H, Thiebaut De Schotten M, Mandonnet E. White matter functional connectivity as an additional landmark for dominant temporal lobectomy. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 2008;79(5):492–495.
91. Goga C, Türe U. The anatomy of Meyer’s loop revisited: changing the anatomical paradigm of the temporal loop based on evidence from fiber microdissection. *J. Neurosurg.* 2015;122(6):1253–1262.
92. Choi C, Rubino PA, Fernandez-Miranda JC, Abe H, Rhoton AL. Meyer’s loop and the optic radiations in the transsylvian approach to the mediobasal temporal lobe. *Neurosurgery* 2006;59(4 Suppl 2). doi:10.1227/01.NEU.0000223374.69144.81.
93. Ebeling U, Reulen HJ. Neurosurgical topography of the optic radiation in the temporal lobe. *Acta Neurochir. (Wien)*. 1988;92(1–4):29–36.
94. Rubino PA, Rhoton AL, Tong X, De Oliveira E. Three-dimensional relationships of the optic radiation. *Neurosurgery* 2005;57(4 SUPPL.):219–227.
95. Párraga RG, Ribas GC, Welling LC, Alves RV, De Oliveira E. Microsurgical anatomy of the optic radiation and related fibers in 3-dimensional images. *Neurosurgery* 2012;71(SUPPL.1):160–172.
96. Papez JW. A Proposed Mechanism Of Emotion. *Arch. Neurol. Psychiatry* 1937;38(4):725–743.
97. Catani M, Jones DK, Donato R, Ffytche DH. Occipito-temporal connections in the human brain. *Brain* 2003;126(9):2093–2107.
98. Lin YH, Young IM, Conner AK, Glenn CA, Chakraborty AR, Nix CE, vd. Anatomy and White Matter Connections of the Inferior Temporal Gyrus. *World Neurosurg.* 2020;143:e656–e666.
99. Lin YH, Dhanaraj V, Mackenzie AE, Young IM, Tanglay O, Briggs RG, vd. Anatomy and White Matter Connections of the Parahippocampal Gyrus. *World Neurosurg.* 2021;148:e218–e226.
100. Mathon B, Bédos Ulvin L, Adam C, Baulac M, Dupont S, Navarro V, vd. Surgical treatment for mesial temporal lobe epilepsy associated with hippocampal sclerosis. *Rev. Neurol. (Paris)*. 2015;171(3):315–325.
101. Helmstaedter C, Richter S, Oltmanns F, Schramm J, Lehmann T-N. Differential effects of temporal pole resection with amygdalohippocampectomy versus selective amygdalohippocampectomy on material-specific memory in patients. *Wiley Online Libr.*

2008;49(1):88–97.

102. Tanriverdi T, Olivier A, Poulin N, Andermann F, Dubeau F. Long-term seizure outcome after mesial temporal lobe epilepsy surgery: cortical amygdalohippocampectomy versus selective amygdalohippocampectomy. *J. Neurosurg.* 2008;108(3):517–524.
103. Xu K, Wang X, Guan Y, Zhao M, Zhou J, Zhai F, vd. Comparisons of the seizure-free outcome and visual field deficits between anterior temporal lobectomy and selective amygdalohippocampectomy: A systematic review and meta-analysis. *Seizure* 2020;81:228–235.
104. Yaşargil MG, Türe U, Yaşargil DCH, Abdulrauf SI. Impact of temporal lobe surgery. *J. Neurosurg.* 2004;101(5):725–738.
105. Hu W, Zhang C, Zhang K, Meng F, ... NC-J of, 2013 undefined. Selective amygdalohippocampectomy versus anterior temporal lobectomy in the management of mesial temporal lobe epilepsy: a meta-analysis of comparative. *thejns.org* 2016. doi:10.3171/2011.12.FOCUS11342.
106. Schmeiser B, Daniel M, Kogias E, Böhringer D, Egger K, Yang S, vd. Visual field defects following different resective procedures for mesiotemporal lobe epilepsy. *Epilepsy Behav.* 2017;76:39–45.
107. Serra C, Akeret K, Staartjes VE, Ramantani G, Grunwald T, Jokeit H, vd. Safety of the paramedian supracerebellar-transtentorial approach for selective amygdalohippocampectomy. *Neurosurg. Focus* 2020;48(4):1–7.
108. Horel JA. The neuroanatomy of amnesia. A critique of the hippocampal memory hypothesis. *Brain* 1978;101(3):403–445.
109. Wieser HG, Yaşargil MG. Selective amygdalohippocampectomy as a surgical treatment of mesiobasal limbic epilepsy. *Surg. Neurol.* 1982;17(6):445–457.
110. Vajkoczy P, Krakow K, Stodieck S, Pohlmann-Eden B, Schmiedek P. Modified approach for the selective treatment of temporal lobe epilepsy: transsylvian-transcisternal mesial en bloc resection. *J. Neurosurg.* 1998;88(5):855–862.
111. Coppens JR, Mahaney KB, Abdulrauf SI. An anteromedial approach to the temporal horn to avoid injury to the optic radiation fibers and uncinate fasciculus: anatomical and technical note. *Neurosurg. Focus* 2005;18(6 B). doi:10.3171/foc.2005.18.6.16.
112. Türe U, Harput MV, Kaya AH, Baımedi P, Firat Z, Türe H, vd. The paramedian supracerebellar-transtentorial approach to the entire length of the mediobasal temporal region: An anatomical

- and clinical study - Laboratory investigation. *J. Neurosurg.* 2012;116(4):773–791.
113. Liu DD, Lauro PM, Phillips RK, Leary OP, Zheng B, Roth JL, vd. Two-trajectory laser amygdalohippocampotomy: Anatomic modeling and initial seizure outcomes. *Epilepsia* 2021;62(10):2344–2356.
  114. Witter MP, Van Hoesen GW, Amaral DG. Topographical organization of the entorhinal projection to the dentate gyrus of the monkey. *J. Neurosci.* 1989;9(1):216–228.
  115. Gómez-Isla T, Price JL, McKeel DW, Morris JC, Growdon JH, Hyman BT. Profound loss of layer II entorhinal cortex neurons occurs in very mild Alzheimer’s disease. *J. Neurosci.* 1996;16(14):4491–4500.
  116. Hampson RE, Song D, Robinson BS, Fetterhoff D, Dakos AS, Roeder BM, vd. Developing a hippocampal neural prosthetic to facilitate human memory encoding and recall. *J. Neural Eng.* 2018;15(3). doi:10.1088/1741-2552/AAAED7.
  117. Mankin EA, Fried I. Modulation of Human Memory by Deep Brain Stimulation of the Entorhinal-Hippocampal Circuitry. *Neuron* 2020;106(2):218–235.
  118. Colnat-Coulbois S, Mok K, Klein D, Pénicaud S, Tanriverdi T, Olivier A. Tractography of the amygdala and hippocampus: Anatomical study and application to selective amygdalohippocampectomy - Laboratory investigation. *J. Neurosurg.* 2010;113(6):1135–1143.
  119. Huang CC, Rolls ET, Hsu CCH, Feng J, Lin CP. Extensive Cortical Connectivity of the Human Hippocampal Memory System: Beyond the “what” and “where” Dual Stream Model. *Cereb. Cortex* 2021;31(10):4652–4669.
  120. Şahin SA. İnsan Kadavra Beyninde Psalterium ve Komşu Anatomik Yapıların Fiber Diseksiyon Tekniği ile Gösterilmesi, Uzmanlık Tezi. 2018.
  121. Yoldaş F. Beynin Ak Madde Yollarının ve Korpus Kallosumun Anatomik Bağlantılarının Kadavra Beyni üzerinde Mikrodiseksiyon Tekniği ile Gösterilmesi ve Sınıflandırılması, Uzmanlık Tezi. 2018.
  122. Palejwala AH, Dadario NB, Young IM, O’Connor K, Briggs RG, Conner AK, vd. Anatomy and White Matter Connections of the Lingual Gyrus and Cuneus. *World Neurosurg.* 2021;151:e426–e437.