



# Anterior ve Posterior Komissürlerin Mikrocerrahi Nöroanatomi

## Microsurgical Neuroanatomy of Anterior and Posterior Commissures

Buruç ERKAN

Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul, Türkiye

**Yazışma adresi:** Buruç ERKAN ✉ burucerkan@hotmail.com

### ÖZ

Anterior komissür, fornixin kolumlasının önünde, optik kiazmanın ve lamina terminalisin üstünde yer almaktadır. Anterior komissür, görsel, işitsel ve koku gibi uyarıların interhemisferik iletiminde rolü olduğu iddia edilmekte ve korpus kallozum kesintiye uğradığı durumlarda korpus kallozumun rolünü üstlenmektedir. Ayrıca limbik sistemden yayılan nöbet aktivesini karşı hemisfere taşımaktadır. Anterior komissür, anterior ve posterior şeklinde iki lif demetine ayrılır. Anterior komissürün anterior bacağı orbitofrontal bölgeye ve koku çekirdeğine projeksiyon yapar. Anterior komissürün posterior bacağı ise Gratiolet'in kanalı içinde temporal oksipital ve amigdalaya doğru uzanır. Beyindeki komissural liflerden biri olan posterior komissür, serebral akuaduktusun üst ucunun dorsal yüzeyinde inferior pineal laminada yer alır ve pretektal çekirdekleri birbirine bağlayarak pupiller ışık refleksi üzerinde önemli olduğu bilinen bir yapıdır. Anterior komissür için lateral ve 3. ventrikül cerrahisi, epilepsi cerrahisi (hemisferektomi, anterior temporal lobektomi, amigdalohipokampektomi) ve temporal lob cerrahisi için önemli iken pineal bölge cerrahisinde ise posterior komissür mikrocerrahi anatomisinin bilinmesi önem göstermektedir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Anterior komissür, Ak madde, Difüzyon tensör traktografi, Lif diseksiyonu, Posterior komissür

### ABSTRACT

The anterior commissure is positioned anterior to the fornix column, situated above the optic chiasm and the lamina terminalis. It is proposed to have a role in transmitting interhemispheric stimuli, including visual, auditory, and olfactory cues. In instances where the corpus callosum is disrupted, the anterior commissure takes on the corpus callosum's function. Furthermore, it conveys seizure activity from the limbic system to the opposite hemisphere. The anterior commissure is comprised of two components: the anterior limb and the posterior limb. The anterior limb projects toward the orbitofrontal region and the olfactory nucleus. Conversely, the posterior limb extends through Gratiolet's canal into the temporal occipital and amygdala regions. Another commissural fiber, the posterior commissure, is situated on the dorsal surface of the upper cerebral aqueduct within the inferior pineal lamina. This structure connects the pretektal nuclei, playing a significant role in the pupillary light reflex. Understanding the microsurgical anatomy of the posterior commissure is crucial for pineal region surgery. While the anterior commissure holds importance in lateral and 3rd ventricle surgery, epilepsy surgery (hemispherectomy etc.), as well as temporal lobe surgery, a comprehension of the microsurgical anatomy of the posterior commissure is essential for pineal region surgery.

**KEYWORDS:** Anterior commissure, Diffusion tensor imaging, Fiber dissection, Posterior commissure, White matter

## ■ GİRİŞ

Beyinde ak maddeyi oluşturan lifler 3 sistemden oluşur; asosiasyon lifleri, projeksiyon lifleri ve iki hemisferi bağlayan komissural liflerdir (16). Korpus kallozum, anterior komissür (AK), hipokampal komissür, telensefalik komissürler olarak sınıflandırılırken, posterior komissür (PK) ve habenular komissür ise diensefalik komissürlerdir (13,14). Filogenetik olarak komissural sistemlerin en eski temel yapılarından olan AK ve PK fonksiyonları ve patolojileri, anatomik varyasyonları bağlantıları ile birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen halen tüm yönleri ile açığa kavuşmamıştır (4,7,13,15). Bu çalışmanın amacı, AK ve PK bağlantılarını değerlendirmek ve özellikle kortikal lif ilişkisini, anatomik lif diseksiyonunu ve manyetik rezonans ile difüzyon tensör traktografik çalışmaları literatür eşliğinde derlemektir.

## ■ ANTERİOR KOMİSSÜR EMBRİYOLOJİSİ VE FİLOGENETİK EVRİMİ

Beynin embriyolojisinde prosensefalik bölgede birkaç komissür sistemi oluşur. Telensefalik kese görünümü ortaya çıktıktan sonra, lamina terminalisin rostral bölümü kalınlaşarak komissural plakayı oluşturur. Bu plakadan AK, korpus kallozum gelişir. AK'nin oluşmasından hemen sonra iki beyin yarım küresinin hipokampal bölgelerini birbirine bağlayan lifler, komissural plakanın en dorsal bölümünde bir araya gelerek hipokampal veya forniksiyal komissürü oluşturur. Komissural plakada gelişen en büyük komissür ise iki beyin yarım küresinin neopallidal bölgelerini birbirine bağlayan korpus kallozumdur (13,14).

Embriyolojik evrede, AK ilk gelişen komissural sistemdir. Bu duruma evrimsel perspektif ile birlikte bakıldığında korpus kallozumun yalnızca plasentalı memelilerde gözlemlenmektedir. İnsan korpus kallozumuna göre küçük boyutuna rağmen, AK, şimdiye kadar incelenen tüm omurgalılarda mevcuttur (21). Hayatta kalmak için gerekli olan beyin bölgelerini birbirine bağladığı için filogenetik AK, ön beyin komissürlerinin en eskisidir (4,13,14).

## ■ ANTERİOR KOMİSSÜRÜN KLİNİK ÖNEMİ

AK'nin fonksiyonel rolü ve klinik önemi tüm açıklığı ile ortaya konulamamakla birlikte belli durum ve kliniklerle ilişkilendirilmiştir. AK için ilk üstlendirilen fonksiyonlari görsel, işitsel ve koku gibi uyarıların interhemisferik iletiminde rolü olmasıdır (4). Bu öneriyi AK'nin anatomik olarak anterior koku çekirdeği, temporal ve oksipital kortekslerden gelen neokortikal liflerle ilişkili olması desteklemektedir (2,7,22).

Korpus kallozum agenezisi veya kallozotomi durumlarında, AK, genellikle korpus kallozum tarafından yürütülen interhemisferik bağlantı işlevinin kısmen üstlenilmesinin bu iki yapı arasındaki evrimsel ilişkisi ile karakterizedir (8,18,19). Komissural agenezide AK, yaklaşık %50 oranında izlenmemektedir. AK'nin korpus kallozumun telafi edici rolünü üstlenmemesine bağlı olarak, neokortikal bölümünün eksik oluşumuna yol açtığı hipotezi öne sürülmüştür. AK'nin bulunduğu durumlarda ise, incelendiği ve %38 oranında normal anatomik varyasyonun dışında yer aldığı görülmüştür (13).

Dikkatin eyleme yönlendirilmesi neokortikal sistemlerle, bazal ganglion ve talamus gibi subkortikal oluşumlarla ilişkilidir. Bu bağlamda incelenen AK'nin görme, dikkat ve hareket arasındaki bağlantıda potansiyel bir rolü olduğu düşünülmektedir (21).

Anterior paralimbik bölgelerden kaynaklanan nöbet aktivitesinin AK aracılığıyla hızla karşı taraftaki medial temporal loba yayılabileceği öne sürülmüştür. Bu nedenle kontrol edilemeyen nöbetlerin yönetimi için AK'nin bölünmesi, hemisferektomi veya fonksiyonel hemisferektominin bir parçasıdır (7,9,22). Bunların dışında Pax6'daki mutasyonlar, travma (yaygın aksonal hasar) ve nöropsikolojik bozukluklar (şizofreni) gibi farklı patolojiler AK'deki morfolojik ve fizyolojik değişikliklerle ilişkilendirilmişlerdir (3,13,20,23).

## ■ AK MADDE DİSEKSİYON VE MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME DİFÜZYON TENSÖR TRAKTOGRAFİSİ METODU

Ak madde diseksiyonu için 6 adet postmortem insan beyin sapı ve serebellumu, Klingler (11) metoduna uygun olarak %10'luk formalin solüsyonunda bekletildi. Araknoid mater, pia mater ve vasküler yapılar uzaklaştırıldıktan sonra -16°C'de donduruldu. Sonrasında çeşme suyu altında çözülerek diseksiyon yapıldı. Tüm spesimenler, diseksiyonlar arası %70'lik alkol solüsyonunda muhafaza edildi. Diseksiyonlar, Zeiss OPMI Pico mikroskop (Carl Zeiss AG, Oberkochen, Germany) altında x4 ve x40 büyütmede, mikrocerrahi el aletleri (dişsiz penset, Rhoton dissektörü, metal spatula) kullanılarak yapıldı. Diseksiyonun her aşaması Canon EOS Rebel T3i Dijital SLR fotoğraf makinesi, 100 mm'lik makro lens, ring flaş ve tripod kullanılarak Shimizu ve ark. (17) tarafından tariflenen 3D fotoğrafı tekniği kullanılarak fotoğraflandı.

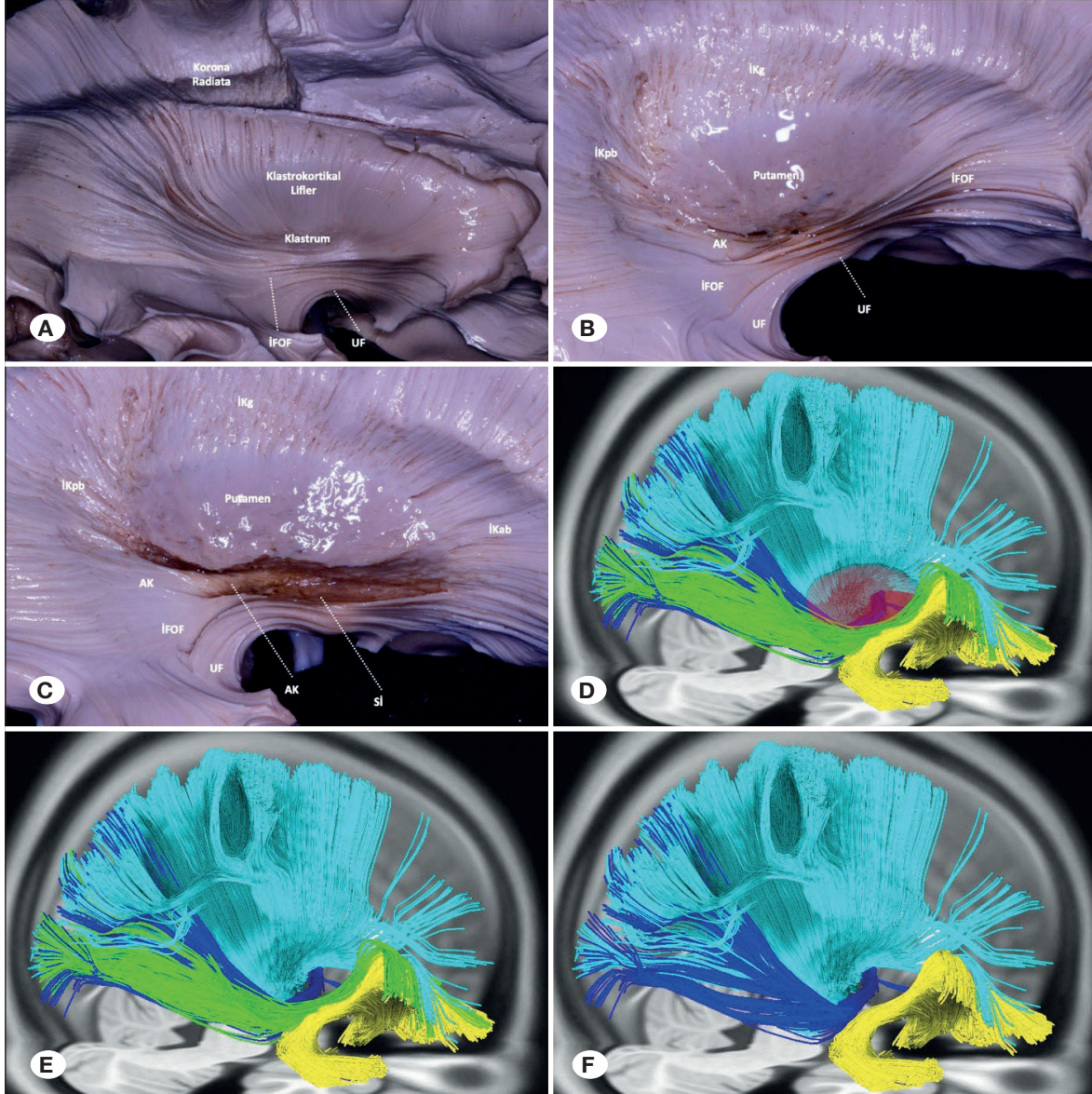
Fiber diseksiyon sonuçlarının bütünlüğünü değerlendirmek için insan konnektom projesinde (human connectome project, HCP) normal deneklerden elde edilen manyetik rezonans görüntüleme difüzyon tensor traktografisi kullanıldı. Tüm traktuslar, DSI Studio'da (<http://dsi-studio.labsolver.org>) yapılan analizlerle 1065 denegin difüzyon verilerini içeren bir şablon üzerinde deterministik traktografi kullanılarak üretildi. Görüntüleme protokolünün ve ön işleme adımlarının tam açıklaması insan konnektom projesinde (human connectome project, HCP) web sitesinde (<https://www.humanconnectome.org>) mevcuttur. Traktografi parametreleri minimum fraksiyonel anizotropi 0.15, adım boyutu 0 mm, minimum uzunluk 10 mm ve maksimum uzunluk 200 mm'dir.

## ■ ANTERİOR KOMİSSÜRÜN ANATOMİSİ

AK, üç bölümden; gövde, anterior ve posterior bacaklardan oluşmaktadır. AK beyin yarım küresini medialden deler. Bu lokalizasyonu kolumna fornixin hemen önünde bulunur ve üçüncü ventrikülün ön duvarının bir parçasını oluşturur. Ayrıca AK'nin superiorunda stria terminalisin yatak çekirdeği, anteriorunda septal alan, anteroinferiorunda hipotalamus, posteriorunda kolumna fornix ile beraber ventral amigdalo-fugal yol (VAFY) ve internal kapsülün (İK) genusu bulunur. AK posteriorunda bulunan VAFY'nin bir komponenti olan Broca'nın dia-

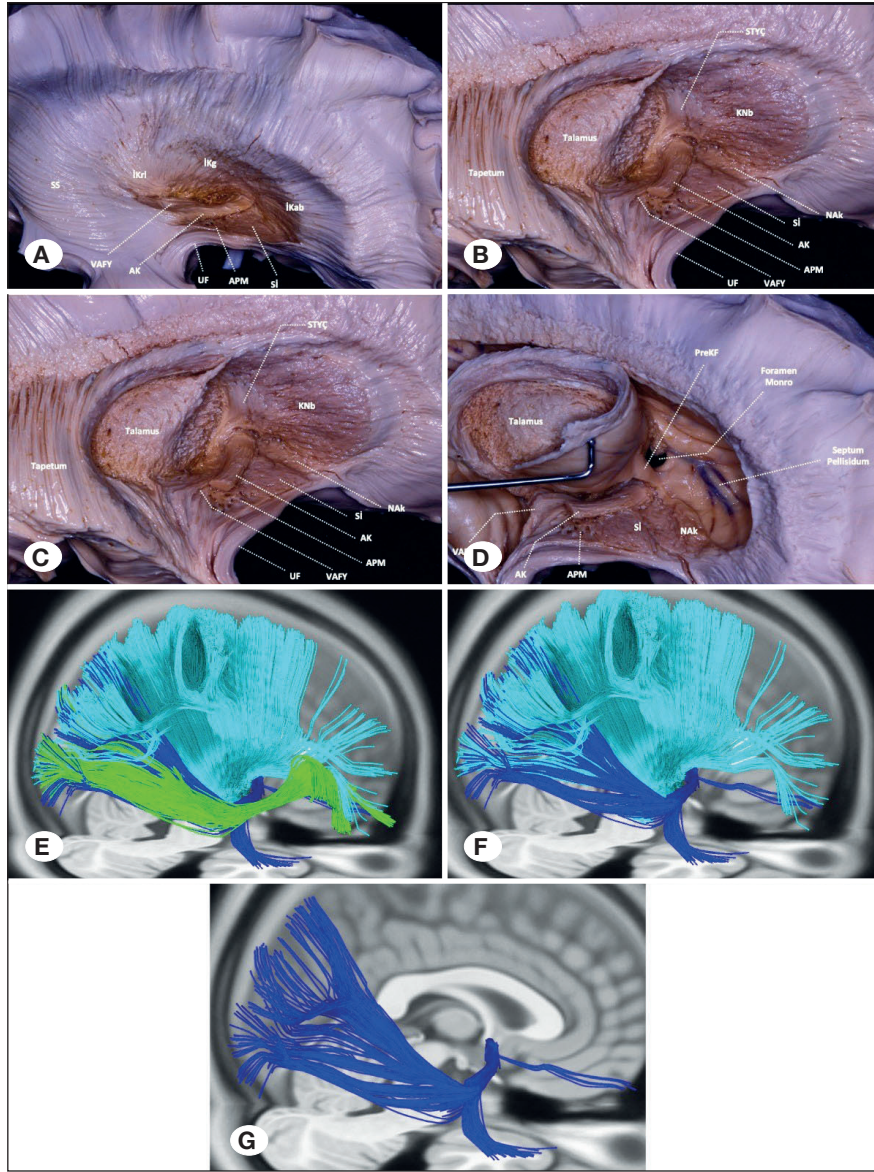
gonal bandı, septal alana ulaşmak için AK'nin altından geçer. Bu seviyede AK anterior ve posterior bacak şeklinde iki ayrı lif demetine ayrılır ve laterallere doğru ilerler (Şekil 1 A-F, Şekil 2 A-G, Şekil 3 A-E) (1,2,22).

AK'nin anterior bacağı anterolateral seyri sırasında İK'nin anterior bacağının hemen altından koku çekirdeğine ve medial orbitofrontal alana ulaşır. Medialinde kaudat nükleusun başı ve nükleus akkumbens (NAK) bulunur, lateralde ise substansia

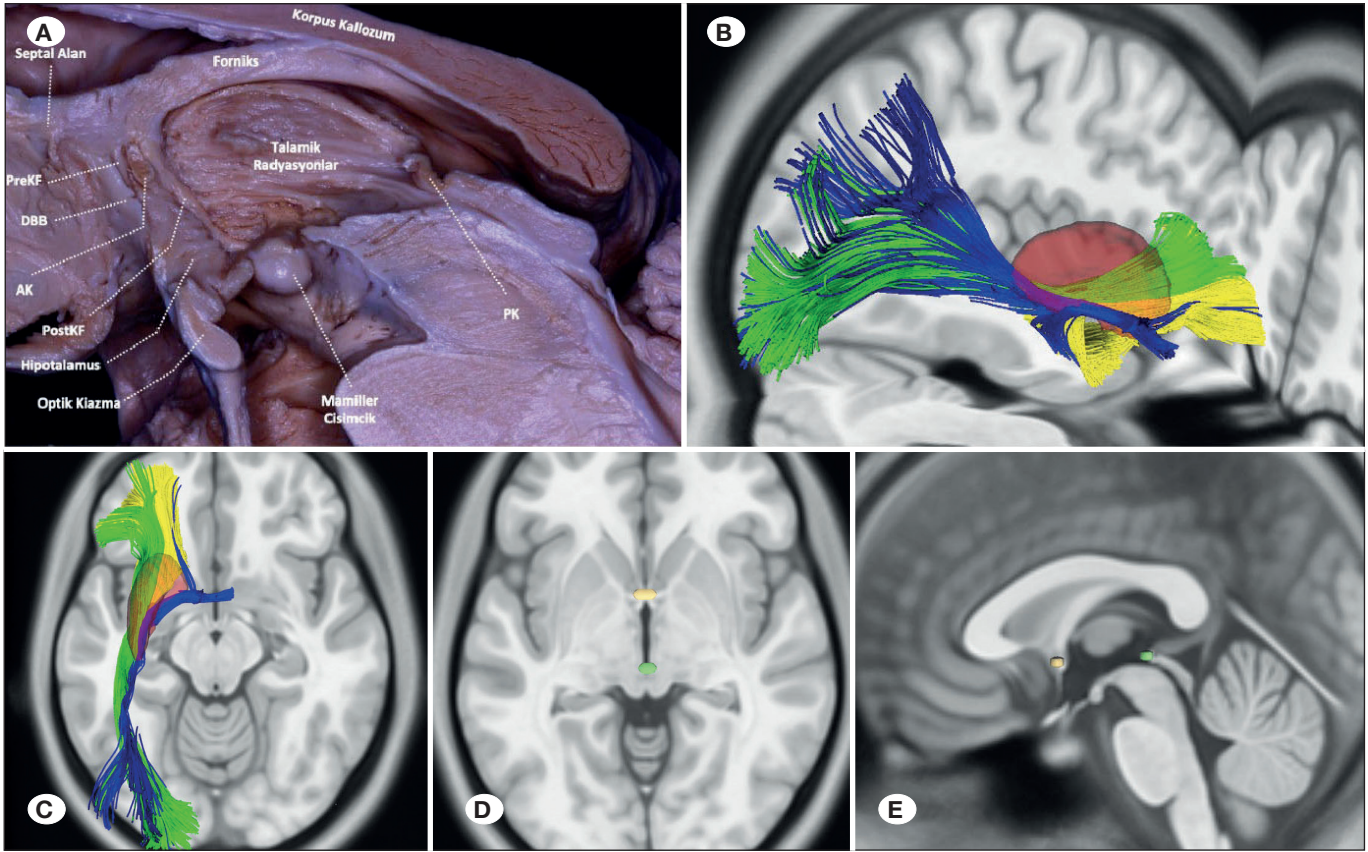


**Şekil 1:** Sağ hemisfere lateralden bakış ile anterior komissürün (AK) lateralden mediale ak madde lif diseksiyonu yapılarak ve manyetik rezonans görüntüleme tensör traktografisi metodu kullanılarak gösterilmesi. **A)** İnsular korteks ve kısa asosiyasyon lifleri (U lifleri) kaldırıldıktan sonra frontotemporal asosiyasyon lifleri olan unsinat fasikül (UF), frontalden oksipitale seyreden asosiyasyon lifleri olan inferior fronto-oksipital fasikül (İFOF) ve klastrumdan çıkarak korona radiataya katılan klastrokortikal lifler görüldü. **B)** Klastrum ve klastrokortikal lif demeti kaldırıldığında korona radiataya katılan diğer bir lif demeti olan internal kapsül (İK) lifleri ve putamen ortaya çıkarıldı. AK'nin posterior bacağının lifleri putamenin altından çıkarak İFOF liflerinin medialine doğru seyrettiği görüldü. Oksipitale yönelen AK'nin posterior bacağına ait liflerin putamen sınırında sagittal stratum katıldığı görüldü. **C)** Putamenin inferior kısımları ve komşu İFOF lifleri kaldırıldı. AK'nin posterior bacağının, substansia inominatanın (Si) posterior sınırı boyunca Gratiolet kanalı içinde saat yönünde tork yaparak posterolaterale seyri görüldü. **D, E, F)** Lateralden traktografi görüntüleri. **Mavi lifler:** anterior komissür, **Açık mavi lifler:** internal kapsül; **Yeşil lifler:** inferior fronto-oksipital fasikül, **Sarı lifler:** unsinat fasikül, **Kırmızı yarı saydam şekil:** Putamen. AK'nin İK anterior bacağının altından geçerek 2 lif demetine ayrıldığı görüldü. AK'nin anterior bacağının medial fronto-orbital alana ilerlediği görüldü. AK'nin posterior bacağı putamenin inferiorunda, İFOF ve UF'nin medialinde seyrettiği ve sagittal stratum katılarak oksipitale yönlendiği izlendi. (**AK:** Anterior komissür; **İFOF:** Inferior fronto-oksipital fasikül; **İK:** Internal kapsül; **İKab:** Internal kapsül anterior bacağı; **İKg:** Internal kapsül genu; **İKpb:** Internal kapsül posterior bacağı; **Si:** Substantia inominata; **SS:** Sagittal stratum; **UF:** Unsinat fasikül).





**Şekil 2:** Sağ hemisfere lateralden bakış ile anterior komissürün (AK) lateralden mediale ak madde lif diseksiyonu yapılarak ve manyetik rezonans görüntüleme traktografisi metodu kullanılarak gösterilmesi. **A)** Putamen, globus pallidus ve inferior fronto-okspital fasikül (İFOF) lifleri kaldırıldığında en medialde serebral pedinkülden çıkarak yelpaze şeklinde kortikal alana dağılmak üzere korona radiatanın yapısına katılan internal kapsül (İK) lifleri gösterildi. AK'nin, İK anterior bacağından altından İK genusunun anteriorundan geçtiği görüldü. AK'nin posterior bacağından posterolaterale seyri sırasında anteriorunu substansia inominata (Sİ), posteriorunu ventral amigdalofugal yolun (VAFY) oluşturduğu görüldü. AK'nin posterior bacağından anterior perforan madde ile yakın komşuluğu izlendi. **B)** İK ve talamik radyasyon lifleri kaldırıldı ve tapetal lifler görüldü. Sagittal stratum ile birlikte AK lifleri de kaldırıldı ve ana lif demeti kesilerek yerinde bırakıldı. Kaudat nükleus, stria terminalisin yatak çekirdeği, nükleus akkumbens (NAK) ve talamus ortaya kondu. AK'nin hemisferi deldiği medial alanın posteriorunda VAFY, superiorunda stria terminalisin yatak çekirdeği izlendi. Kaudat nükleusun başının, Sİ ve NAK'ın birleşim noktasının AK'nin anterioruna konumlandığı görüldü. **C)** Sublentiküler İK, tapetal lifler ve VAFY ependim ile birlikte kaldırıldı ardından hipokampus amigdala ve ventrikül iç yapısı (atrium temporal boynuz) görüldü. AK'nin posterior bacağından seyri sırasında hipokampus başının ve amigdalanın anteriorundan lateraline geçtiği görüldü. **D)** Kaudat nükleusun başı ependim ile birlikte ekarte edilerek lateral ventrikülün frontal boynuzu ortaya kondu. AK'nin foramen monronun hemen anteroinferiorunda seyrettiği görüldü. **E, F, G)** Lateralden traktografi görüntüleri. Mavi lifler: anterior komissür, Açık Mavi lifler: internal kapsül; Yeşil lifler: inferior fronto-okspital fasikül, AK lifleri, İFOF ve unsinat fasikülün (UF) medialinde yerleştiği görüldü. İK anterior bacağından altından medial orbitofrontal alana ilerlediği gözlemlendi. AK'nin posterior bacağından ise üst liflerinin temporal ve amigdalaya doğru yöneldiği alt liflerinin İFOF'un medialinden geçerek İK'nin retrolentiküler ve sublentiküler liflerle karışarak oksipitale yöneldiği görüldü. (**AK:** Anterior komissür; **APM:** Anterior perforan madde; **İKab:** Internal kapsül anterior bacağı; **İKg:** Internal kapsül genusu; **İKrl:** Retrolentiküler internal kapsül; **KNb:** Kaudat nükleus başı; **KNk:** Kaudat nükleus kuyruğu; **NAK:** Nükleus akkumbens; **PreKF:** Prekomissüral forniks; **SI:** Substantia inominata; **SS:** Sagittal stratum; **STYÇ:** Stria terminalis yatak çekirdeği; **UF:** Unsinat fasikül; **VAFY:** Ventral amigdalofugal yol).



**Şekil 3:** Sağ hemisfere medialden bakış ile anterior komissür (AK) ve posterior komissürün (PK) medialden laterale ak madde lif diseksiyonu yapılarak ve manyetik rezonans görüntüleme traktografisi metodu kullanılarak gösterilmesi. **A)** Korpus kallozumun altında posterolateralden anteromedile doğru seyreden fornixsin kolumnası, AK'nin hemen superiorunda prekomissural forniks ve postkomissural forniks olarak ikiye ayrıldı. Postkomissural forniks anterior komissürün arkasından posteroinferiora yönelerek mamiller cisimciğe doğru seyretti. AK'nin anteriorunda septal alan, posteriorunda fornixsin postkommissural forniks, inferiorunda hipotalamus ve optik kiazma izlendi. **B)** Sol hemisfere medialden yerleştirilmiş AK, inferior fronto-okspital fasikül (İFOF), unsinat fasikül (UF) lifleri ve putamen ile birlikte traktografi görüntüsü. **C)** Superiordan sağ hemisfere yerleştirilmiş AK, İFOF, UF lifleri ve putamen ile birlikte traktografi görüntüsü. **Mavi lifler:** anterior komissür, **Yeşil lifler:** inferior fronto-okspital fasikül, **Sarı lifler:** unsinat fasikül, **Kırmızı yer saydam şekil:** putamen AK lifleri, putamenin derininde İFOF ve UF'nin medialinde seyrediyor. Orta hattan gelen AK liflerinin anterior bacağıının medial orbitofrontal alana ve posterior bacağıının ise oksipital alana ilerlediği görülüyor. **D, E)** Aksiyel ve sagittal manyetik rezonans görüntülerinde AK (**sarı**) ve PK (**yeşil**) yerleşim yerlerinin gösterilmesi. (**AK:** anterior komissür; **DBB:** Broca'nın diagonal bandı; **İFOF:** inferior fronto-okspital fasikül; **PK:** Posterior komissür; **PostKF:** Postkomissural forniks; **PreKF:** Prekomissural forniks; **UF:** Unsinat fasikül).

inominata (Sİ) bulunur ve bu yapıların sınırını oluşturur (2,22). AK'nin posterior bacağı Gratiolet kanalı içinde posterolaterale seyri sırasında saat yönünde dönüş yaparak ilerler (5). Üst liflerini temporal loba yönlendirirken alt lifleri oksipital loba doğru ilerler. AK'nin posterior kolunun önünde ve altında, Meynert'in bazal çekirdeğinden oluşan Sİ bulunur. Bazal ganglionları suluyan lentikülostriat arterler anterior perforan maddeyi deler ve AK'nin posterior bacağına komşu şekilde ilerler ve derin yapıları besler (Şekil 1 A-F, Şekil 2 A-G, Şekil 3 A-E) (7,22).

AK'nin posterior bacağı inferior fronto-okspital fasikül (İFOF) ve uncinat fasikülün (UF) medialinde, lentiform nükleus'un (Putamen + globus pallidus) inferiorunda seyredir. İnför limitan sulkusun altından derinlemesine geçer. AK posterior bacağı liflerinin üst lifleri temporal loba ve amigdalaya ulaşırken, alt lifleri inferior fronto-okspital fasikülün medialinde sagittal stratum ve optik radyasyonun Meyer döngüsüne katılarak oksi-

pital sonlanım yerine ilerler (12,22). Bu seviyede retrolentiküler ve sublentiküler internal kapsül lifleri ile de ilişkilidir (Şekil 1 A-F, Şekil 2 A-G, Şekil 3 A-E) (5).

## ■ POSTERİOR KOMİSSÜRÜN ANATOMİSİ

PK, kaudal diensefalunun pretektal kısmında dorsal olarak gelişir ve kaudal olarak mezensefalona bitişiktir. Habenüller ve posterior komissürler, diensefalik plakanın tavanından gelişir. Bu iki komissür, epifizyal evaginasyon tarafından birbirinden ayrılır (5). İnsanlarda PK büyük oranda küçülmüştür (9).

PK, 3. ventrikülün posteriorunda, serebral akuaduktusun üst ucunun dorsal yüzeyinde, inferior pineal laminada bulunur (Şekil 3 A, D, E) (14). PK, pineal bezi ve pretektal bölgeyi birbirine bağlayan miyelinli ve miyelinsiz bazı lifler bulunur. Bazı lifleri talamusun posteriorundan ve superior kollikulustan başlar ve



medial longitudinal fasikülle devam eder (10). Aksesuar optik çekirdekleri, Cajal interstisyel çekirdeğine ve Darkschewitsch ve Bechterew çekirdeklerine projeksiyon yapar. Bu projeksiyonlardan bazıları, PK'deki komissural sistemlerden ayrılır (14). PK, pretektal çekirdekleri birbirine bağlayarak pupil refleksinde rol alır. Ayrıca bazı hayvan çalışmaları, PK'nin gelişimi ile serebellumun gelişimi arasında bir ilişki bulunması ve bunda PK'nin daha önemli işlevlerinin, gözlerin hareketi ve görsel etkilerle değil, daha çok duruş ve vücut hareketinin entegrasyonu ile ilişkili olabileceğini göstermektedir (10,13,15). Ayrıca korpus kallozumun agenezisi veya kesilmesi durumunda PK aracılığı ile %30 oranında pariyetal alanlar arasında yeni bağlantılar oluştuğu gösterilmiştir. Buna bağlı olarak PK'nin AK gibi komissural sistemin kompensatuar mekanizmada yer aldığı iddia edilmektedir (18,19).

## ■ KAYNAKLAR

1. Baran O, Baydin S, Gungor A, Balak N, Middlebrooks E, Saygi T, Aydin I, Tanriover N: Surgical approaches to the thalamus in relation to the white matter tracts of the cerebrum. *World Neurosurg* 128:e1048-e1086, 2019
2. Baydin S, Yagmurlu K, Tanriover N, Gungor A, Rhoton Jr AL: Microsurgical and fiber tract anatomy of the nucleus accumbens. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 12(3):269-288, 2016
3. Corcoba A, Steullet P, Duarte JM, Van de Looij Y, Monin A, Cuenod M, Gruetter R, Do KQ: Glutathione deficit affects the integrity and function of the fimbria/fornix and anterior commissure in mice: Relevance for schizophrenia. *Int J Neuropsychopharmacol* 19(3):1-11, 2015
4. Di Virgilio G, Clarke S, Pizzolato G, Schaffner T: Cortical regions contributing to the anterior commissure in man. *Exp Brain Res* 124(1):1-7, 1999
5. Erkan B: Subtalamik bölge ve ventral amigdalofugal ak madde yolları mikrocerrahi anatomisinin fonksiyonları ile birlikte değerlendirilmesi (Uzmanlık tezi), İstanbul: Sağlık Bilimleri Üniversitesi, 2018:1-72
6. Fenlon LR, Suarez R, Lynton Z, Richards LJ: The evolution, formation and connectivity of the anterior commissure. *Semin Cell Dev Biol* 118:50-59, 2021
7. Fernández-Miranda JC, Rhoton Jr AL, Alvarez-Linera J, Kakizawa Y, Choi C, de Oliveira EP: Three-dimensional microsurgical and tractographic anatomy of the white matter of the human brain. *Neurosurgery* 62(6 Suppl 3):989-1026, 2008
8. Gerrish AC, Thomas AG, Dineen RA: Brain white matter tracts: Functional anatomy and clinical relevance. *Semin Ultrasound CT MR* 35(5):432-444, 2014
9. Huber GC, Crosby EC: Somatic and visceral connections of the diencephalon. *Arch Neuropsych* 22(2):187-229, 1929
10. Keene MF: The Connexions of the posterior commissure: A study of its development and myelination in the human foetus and young infant, of its phylogenetic development, and of degenerative changes resulting from certain experimental lesions. *J Anat* 72(Pt 4):488-501, 1938
11. Klingler J: Erleichterung der makroskopischen Präparation des Gehirns durch den Gefrierprozess. Orell Füssli, Zürich, 1935
12. Kucukyuruk B, Yagmurlu K, Tanriover N, Uzan M, Rhoton Jr AL: Microsurgical anatomy of the white matter tracts in hemispherotomy. *Neurosurgery* 10 Suppl 2:305-324, 2014
13. Lavrador JP, Ferreira V, Lourenço M, Alexandre I, Rocha M, Oliveira E, Kailaya-Vasan A, Neto L: White-matter commissures: A clinically focused anatomical review. *Surg Radiol Anat* 41(6):613-624, 2019
14. Nieuwenhuys R, Voogd J, Huijzen C: The Human Central Nervous System: A Synopsis and Atlas. Steinkopff Heidelberg, 2008
15. Ozdemir NG: The anatomy of the posterior commissure. *Turk Neurosurg* 25(6):837-843, 2015
16. Rhoton Jr AL: The cerebrum. *Anatomy. Neurosurgery* 61(1 Suppl):37-118, 2007
17. Shimizu S, Tanaka R, Rhoton Jr AL, Fukushima Y, Osawa S, Kawashima M, Oka H, Fujii K: Anatomic dissection and classic three-dimensional documentation: A unit of education for neurosurgical anatomy revisited. *Neurosurgery* 58(5): E1000, 2006
18. Siffredi V, Preti MG, Obertino S, Leventer RJ, Wood AG, McLroy A, Anderson V, Spencer-Smith MM, De Ville DV: Revisiting brain rewiring and plasticity in children born without corpus callosum. *Dev Sci* 24(6):e13126, 2021
19. Tovar-Moll F, Monteiro M, Andrade J, Bramati IE, Vianna-Barbosa R, Marins T, Rodrigues E, Dantas N, Behrens TE, de Oliveira-Souza R, Moll J, Lent R: Structural and functional brain rewiring clarifies preserved interhemispheric transfer in humans born without the corpus callosum. *Proc Natl Acad Sci U S A* 111(21):7843-7848, 2014
20. Wilde EA, Bigler ED, Haider JM, Chu Z, Levin HS, Li X, Hunter JV: Vulnerability of the anterior commissure in moderate to severe pediatric traumatic brain injury. *J Child Neurol* 21(9):769-776, 2006
21. Winter TJ, Franz EA: Implication of the anterior commissure in the allocation of attention to action. *Front Psychol* 5:432, 2014
22. Yagmurlu K, Vlasak AL, Rhoton Jr AL: Three-dimensional topographic fiber tract anatomy of the cerebrum. *Neurosurgery* 11 Suppl 2:274-305, 2015
23. Yousefi B: Brain Commissural Anomalies. In: Mantamadiotis T (ed), *When Things Go Wrong - Diseases and Disorders of the Human Brain*. Intechopen 2012:69-109