

Posterior komissür mikrocerrahi anatomisi

Microsurgical anatomy of the posterior commissure

Ozan Barut¹, Mehmet Akif Erbaş², Şevki Serhat Baydın¹

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

²Samsun Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nöroşirürji Kliniği, Samsun, Türkiye

Öz

Giriş: Komissural lifler, serebral hemisferler arasında bilgi entegrasyonunu ve koordinasyonu sağlayan beyin ak madde yapısıdır. Komissural liflerden filogenetik olarak bilinen en eski liflerden olan posterior komissür, konsensual pupiller ışık refleksi gibi işlevlerde rol alır. Posterior komissürün anatomisi ve ilişkili yapıları literatürde kısıtlı sayıda çalışmada irdelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, posterior komissürün mikrocerrahi anatomisini ilişkili olduğu diğer yapılarla beraber ak madde diseksiyonu ve traktografi yöntemleriyle ele almaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada Klingler tarafından önerilen yönteme uygun olarak beş adet postmortem insan beyin spesimeni üzerinde ak madde diseksiyonları gerçekleştirildi. Diseksiyonlar mikroskop altında mikrocerrahi tekniklerle yapılarak ve üç boyutlu fotoğraflama tekniği kullanılarak belgelendi. Posterior komissür ak madde lif diseksiyonu sonuçları 1065 deneğin difüzyon verilerini içeren bir şablondan elde edilen deterministik traktografi sonuçlarıyla karşılaştırıldı.

Bulgular: Diseksiyonlar sonucunda posterior komissürün anatomik olarak kuadrigeminal korpore, pineal gland, habenular komissür ve stria medullaris talami gibi yapılarla yakın komşuluğu tanımlanmıştır. Liflerin inferiora superior kollikulus, posteriora ise habenular komissürle devamlılık gösterdiği görülmüştür. Traktografi analizleri posterior komissür liflerinin talamus, tektal alan, superior kollikulus, beyin sapı ve serebellumla bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur.

Tartışma: Posterior komissür, yalnızca pupiller refleksle sınırlı kalmayıp, beyin sapı ve serebellumla olan bağlantılarıyla daha geniş bir fonksiyonel ağa sahiptir. Bu lifler, pretektal alan ve çeşitli mezensefalik çekirdeklerle de ilişkili olup, ışık reflekslerinden vestibüler sistemle bağlantılara kadar çeşitli görevler üstlenir. Çalışmamız posterior komissürün hem anatomik hem de fonksiyonel yönlerini ayrıntılı olarak ortaya koyan nadir anatomik çalışmalardan biridir.

Anahtar kelimeler: posterior komissür, komissural lifler, lif diseksiyonu, difüzyon tensör görüntüleme

✉ Ozan Barut • drozanbarutt@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 20.03.2025 **Kabul tarihi / Accepted:** 21.04.2025 **Yayın tarihi / Published:** 30.04.2025

Telif hakkı © 2025 Yazar(lar). Sinir Sistemi Cerrahisi Derneği tarafından yayımlandı. Açık erişimli bu makale, orijinal çalışmaya uygun şekilde atıfta bulunulması koşuluyla, herhangi bir ortamda veya formatta sınırsız kullanım, dağıtım ve çoğaltmaya izin veren [Creative Commons Atıf Lisansı \(CC BY\)](#) ile dağıtılmıştır.

Copyright © 2025 The Author(s). Published by Nervous System Surgery Society. This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium or format, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

Introduction: Commissural fibers are white matter structures that ensure the integration and coordination of information between the cerebral hemispheres. The posterior commissure, one of the phylogenetically oldest commissural fibers, plays a role in functions such as the consensual pupillary light reflex. However, the anatomy of the posterior commissure and its associated structures have been examined in a limited number of studies in the literature. This study aims to investigate the microsurgical anatomy of the posterior commissure and its related structures through white matter dissection and tractography methods.

Materials and Methods: In this study, white matter dissections were performed on five postmortem human brain specimens prepared according to the method proposed by Klingler. The dissections were conducted under a microscope using microsurgical techniques and documented using three-dimensional photography. The results of the posterior commissure white matter fiber dissection were compared with the deterministic tractography findings obtained from a template incorporating diffusion data from 1,065 subjects.

Results: The dissections revealed that the posterior commissure is in close anatomical proximity to structures such as the corpora quadrigemina, pineal gland, habenular commissure, and stria medullaris thalami. It was observed that the fibers are continuous with the superior colliculus inferiorly and with the habenular commissure posteriorly. Tractography analyses demonstrated that the fibers of the posterior commissure are connected with the thalamus, tectal region, superior colliculus, brainstem, and cerebellum.

Discussion: The posterior commissure is not limited solely to pupillary reflexes; rather, it is part of a broader functional network through its connections with the brainstem and cerebellum. These fibers are also associated with the pretectal region and various mesencephalic nuclei, participating in a wide range of functions from light reflexes to vestibular system integration. Our study is one of the rare anatomical investigations that comprehensively elucidates both the anatomical and functional aspects of the posterior commissure.

Keywords: posterior commissure, commissural pathways, fiber dissection, diffusion tensor imaging

Giriş

Beynin ak maddesi spinal kord ve beyin sapı çekirdeklerinden kortekse uzanan projeksiyon lifleri, aynı hemisfer içerisindeki kortikal yapıları birbirine bağlayan assosiasyon lifleri ve her iki hemisferi birbirine bağlayan komissural liflerden oluşur.^{1,2} Komissural lifler hemisferler arasındaki bilgi koordinasyonu, entegrasyon ve vücut koordinasyonunun sağlanmasında görev alır.³ Félix Vicq d'Azyr (1748-1794) aynı hemisferin farklı bölgeleri arasında uzanan liflerin aksine hemisferler arasındaki bağlantılar (komissür) kavramını ortaya koyarak ilk kez anterior ve posterior komissürleri tanımladı.^{4,5}

Ana komissural lifler bağlandıkları beyin yapılarına göre telensefalik ve diensefalik komissürler olarak sınıflandırılır. Diensefalik komissürleri posterior ve habenular komissürler oluşturur. Habenular ve posterior komissürler,

pretectal plağın diensefalik kısmında gelişir ve epifizyal evajinasyonla ayrılır.⁵ Posterior komissür mezensefalonla kaudalde bitişiktir ve inferior pineal laminada yer alır. Posterior komissür lifleri pretectal nukleusları birbirine bağlayarak pupiller ışık refleksinin uyumuna katkı sağlar. Habenular komissür ise stria medullaris thalami ve habenulo-interpedinküler traktuslarla beraber dorsal diensefalik limbik sistemin iletimine katkı sağlar.⁵ Melatonin sentez ve salgılamasında görev yapan pineal gland habenular ve posterior komissürler arasındaki diensefalon tavanının median çıkıntısından gelişerek pineal sap aracılığıyla kaudal diensefalona bağlanır.⁵ Posterior komissür anatomisi ve bağlantıları literatürde kısıtlı sayıda çalışmada incelenmiş olup, yakın ilişki içerisinde olduğu yapılarla beraber ayrıntılı olarak anlatılmamıştır. Bu çalışmanın amacı, posterior komissür bağlantıları ile yakın komşuluklarının ayrıntılı mikrocerrahi anatomisini ak madde

lif diseksiyonu ve traktografi yöntemleri ile göstermektir.

Gereç ve Yöntem

Ak madde diseksiyonu için 5 adet postmortem insan beyin spesimeni, Klingler metoduna uygun olarak %10'luk formalin solüsyonunda 3 hafta bekletildi. Araknoid mater, pia mater ve vasküler yapılar uzaklaştırıldıktan sonra -16°C'de donduruldu. Ardından çeşme suyunda çözülerek ak madde diseksiyonuna başlandı. Spesimenler diseksiyonlar arasında %70'lik alkol solüsyonunda korundu.^{6,7} Ak madde diseksiyonu Zeiss OPMI Pico mikroskop (Carl Zeiss AG, Oberkochen, Germany) altında x4 ve x40 büyütmede, mikrocerrahi el aletleri (dişsiz penset, Rhoton dissektörü, metal spatula ve mikrohook) kullanılarak yapıldı. Her aşama Canon Dijital SLR fotoğraf makinesi, 100 mm'lik makro lens, ring flaş ve tripot kullanılarak Shimizu ve ark. tarafından tariflenen üç boyutlu fotoğraflama tekniği kullanılarak fotoğraflandı.⁸

Fiber diseksiyon sonuçlarının bütünlüğünü değerlendirmek için human connectome project normal deneklerden elde edilen manyetik rezonans görüntüleme difüzyon tensor traktografisi kullanıldı. Posterior komissür traktusu DSI Studio'da (<http://dsi-studio.labsolver.org>) yapılan analizlerle 1065 deneğin difüzyon verilerini içeren bir şablon üzerinde deterministik traktografi kullanılarak üretildi.^{9,10} Görüntüleme protokolünün ve ön işleme adımlarının tam açıklaması human connectome project 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.¹¹

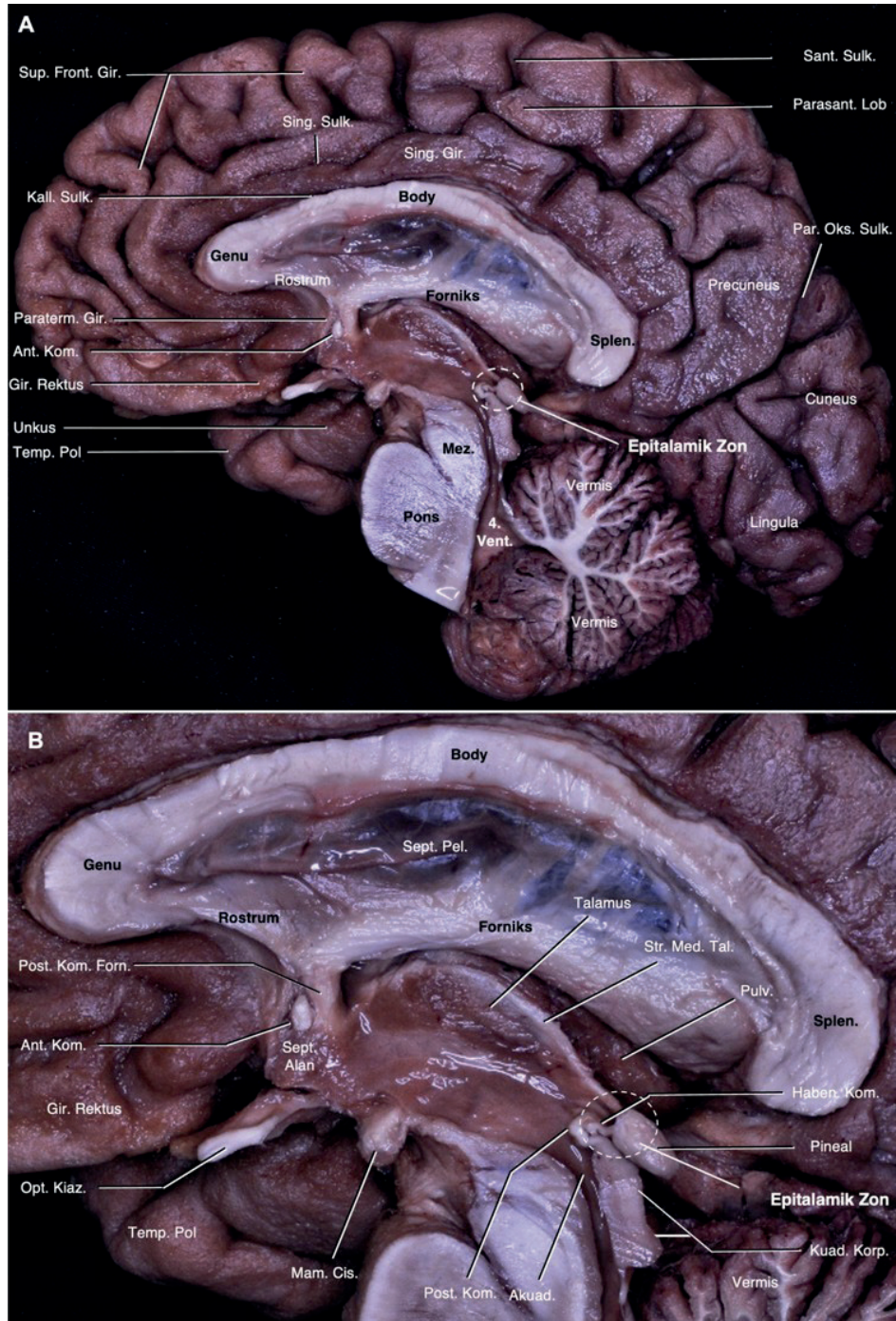
Bulgular

Vasküler yapılar ve araknoid membran kaldırıldıktan sonra beyin medial yüzeyinin

önemli anatomik nirengi noktaları tanımlanarak gösterildi (Şekil 1A).

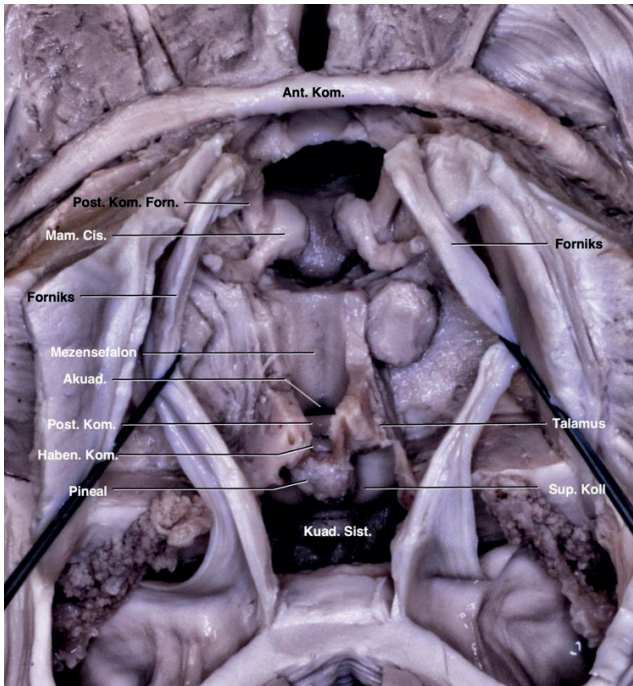
Beyin medial yüzeyinde serebral komissural lifler tanımlandı. Serebral komissural liflerin en büyüğü olan korpus kallozum, orta hatta, serebral hemisferlerin arasındaki interhemisferik sulkusun tabanına yerleşir. Korpus kallozum indusium griseum ile örtülür. Kallozal sulkus ile tamamen çevrelendiği singulat girustan ayrılır (Şekil 1A).¹ Korpus kallozumun splenium kısmının anterioru ile rostrum kısmının posterioru arasında ve 3. ventrikül superiorunda forniksin kolumnası seyreder. 3. ventrikül anteriorunda, septal alanın arkasında forniks prekomissural ve postkomissural olarak ikiye ayrılır. Anterior komissür bu iki yapının arasında yer alır. Anterior komissürün anteriorunda septal alan ve prekomissural forniks, inferiorunda hipotalamus ve optik kiazma, posteriorunda ise postkomissural forniks izlenir. Postkomissural forniksin arkasında habenular kompleksin bir parçası olan stria medullaris talami talamusun medial yüzeyinde 'epitalamik zon'a (habenular komissür ve pineal gland) doğru seyreder. 3. ventrikül posteriorunda habenular komissür ve pineal glandın yer aldığı epitalamik zon yer alır. Burası serebral akuaduktusun üst dorsal yüzeyinde ve kuadrigeminal korporanın superiorunda yer alan diensefalik alanı oluşturur. Posterior komissür epitalamik zon ile iç içedir ve hemen anteroinferiorunda yerleşim gösterir. 3. ventrikül arka duvarını oluşturan yapıların en önde yer alanıdır (Şekil 1).

Posterior komissür mesensefalon ile diensefalon arasındaki sınırın dorsalini oluşturur (Şekil 1, 2). Posterior komissürün inferiorunda kuadrigeminal korpora ve akuaduktus, anteriorunda 3. ventrikül boşluğu, superiorunda stria medullaris talami, posterosuperiorunda habenular komissür ve posteriorunda pineal glandın yer aldığı kuadrigeminal sisterna yer alır. Kadavramızda posterior komissür liflerinin inferiorda superior komissürle ve posteriorda habenular komissürle



Şekil 1. Vasküler yapılar ve araknoid membran uzaklaştırıldıktan sonra sağ hemisfere medialden bakış ile posterior komissürün ve ilişkili beyin medial yüzey yapılarının gösterilmesi

A-B, Korpus kallozum anteriorda rostrum ve genu, ortada anterior ve posterior kallozal gövde, posteriorda ise isthmus ve spleniumdan oluşur. Korpus kallozum kallozal sulkus ile singulat girusla çevrilidir. Singulat girus ise singulat sulkus ile superior frontal girus ve parasantral lobülünden ayrılır. Korpus kallozumun inferiorunda splenium komşuluğundan rostruma doğru seyreden forniks, anterior komissürü sararak prekomissural ve postkomissural forniks olarak ikiye ayrılır. Anterior komissürün anteriorunda paraterminal girus, posteriorunda postkomissural forniks ve inferiorunda septal alan ile optik kiazma yer alır. Parietooksipital sulkus cuneus ile precuneusu ayırırken, kalkarin sulkus cuneus ile lingulayı ayırır. Stria medullaris talami septal alandan epitalamik zona uzanır. Mezensefalon ile diensefalon arasındaki sınırın dorsalini oluşturan posterior komissür epitalamik zonun anteriorunda yer alır ve burası ile iç içedir.



Şekil 2. Bilateral talamus çıkarıldıktan sonra anterior komissür ile posterior komissürün aksiyal kesitte gösterilmesi

Akuaduktus superior komissürün anteroinferiorunda, epitalamik zone ise superior komissürün posteriorunda yerleşim gösterir.

devamlılık halinde olduğu gösterildi (Şekil 1B). Pineal glandın altında yer alan pineal reses rostral olarak habenular komissür ve kaudal olarak posterior komissür ile sınırlandı. Orta hatta talamusun alt sınırı laterale doğru dönüş gösterdiği yer anterior komissür dorsali ile posterior komissür ventralinden geçen ‘Talairach’ düzlemine denk geldiğini gösterdik (Şekil 2).

Difüzyon tensor traktografisi çalışmamızda posterior komissürden geçen liflerin talamus, habenular kompleks, tektal alan ve superior kollikuluslar aracılığıyla beyin sapı ve serebellum ile ilişkili olduğunu göstermekteyiz (Şekil 3).

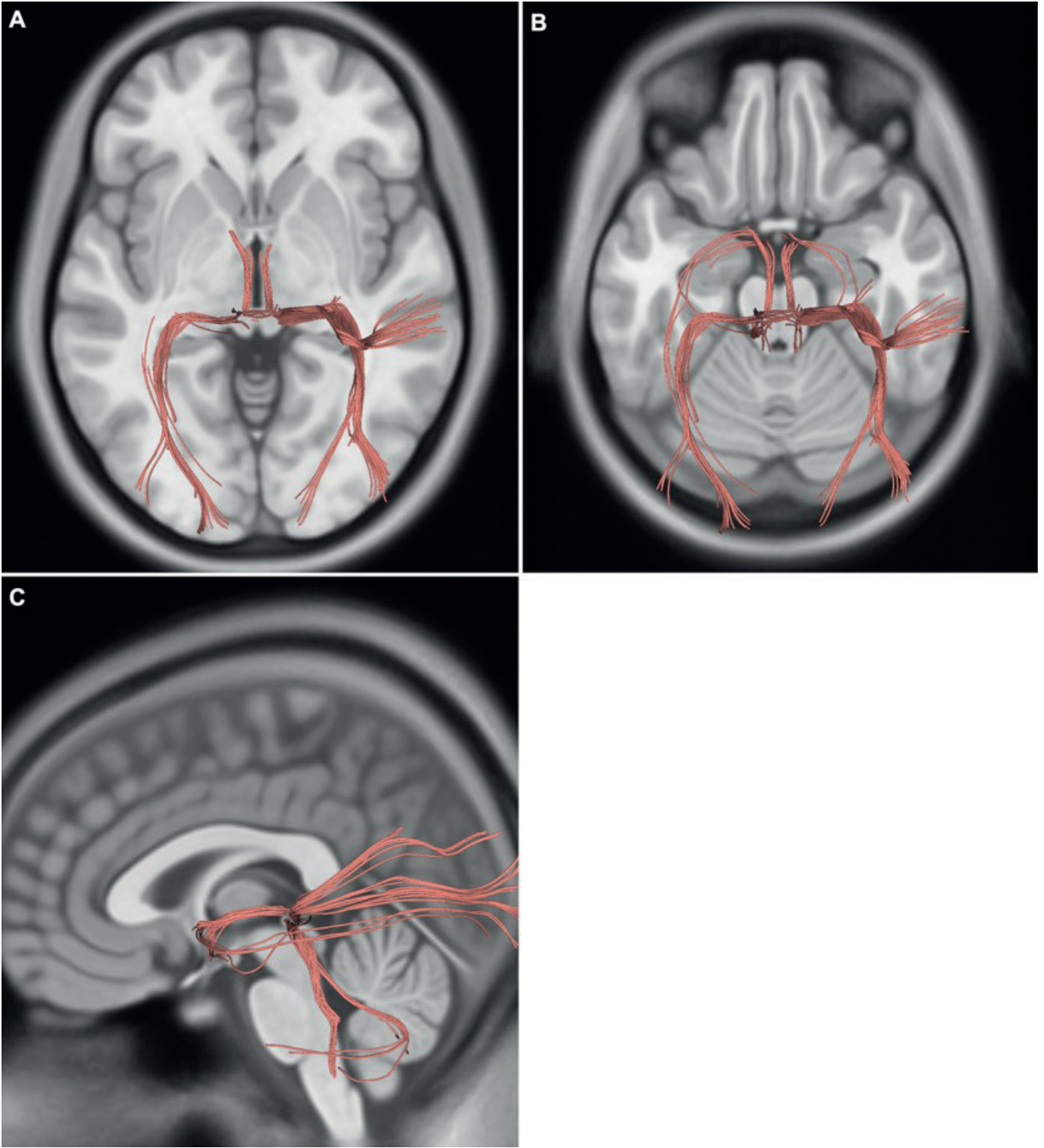
Tartışma

Her iki yarım kürenin orta hatta birbirine bağlanmasını sağlayan komissural liflerden

telensefalik ve diensefalik komissürleri korpus kallozum, anterior komissür, hipokampal komissür, posterior komissür ve habenular komissür oluşturur.⁵ Posterior komissür filogenetik olarak bilinen en eski komisural liflerden biri olup pretektal çekirdekleri bağlayarak pupil refleksinde rol oynar.⁵ Ayrıca posterior komissür akuaduktusun üzerindeki merkezi gri maddede yer alan posterior komissürün çekirdeği olan Darkschewitsch çekirdeği, Bechterew çekirdeği, aksesuar optik çekirdeği, subkomissural organ ve okülomotor fasikülünün superiorunda yer alan Cajal interstisyel çekirdeği gibi çeşitli çekirdeklerle ilişkilidir.^{5,12} Bu çekirdeklerle anatomik olarak ilişkisi halen karmaşıktır.

Pretektal alan superior kollikulusun hemen rostralinde yer alır. Retinadan gelen bir kısım lifler posterior komissürde çapraz yaparak pretektal alandaki pretektal olivar çekirdeklerde sonlanır ve konsensual ışık refleksinde görev alır. Ayrıca posterior komissür çekirdeği bazen pretektumda yerleşimlidir. Posterior komissür ayrıca aksesuar optik sistemin terminal çekirdeklerinden, beyin sapı ve serebellumun afferent sistemlerinden de komissural lifler içerir. Aksesuar optik sistem rostral mezensefalonda görsel çevrenin küresel hareketlerinin hızı ve yönünü kaydetmeyi sağlayan, Cajal’ın interstisyel, Darkschewitsch ve Bechterew çekirdeklerine projeksiyon yapan çekirdeklerden oluşur. Bu çekirdekler iki taraflı olarak posterior komissür lifleri ile çaprazlaşır.^{5,13} Anatomik diseksiyonlarımızda pretektal çekirdekleri gösterememiş olsak da posterior komissürün iki taraflı pretektal alanla yakını ilişkide olduğunu gösteriyoruz (Şekil 1).

Epandimal hücrelerden oluşan subkomissural organ yapılan hayvan deneylerinde 3. ventrikül dorsal kısmını oluşturur ve embriyonik olarak posterior komissürün hemen ventralinde bulunan nöroepitelyal hücrelerin dorsal orta hat tabakasından oluşur. Işık ve elektron mikroskopi çalışmalarında bu nöroepitelyal yapının



Şekil 3. Diffüz tensör görüntüleme ile posterior komissürün gösterilmesi

A-B, posterior komissürün frontotemporooksipital lif bağlantısı gösterildi. C, Posterior komissürün medial longitudinal fasikül ve serebellum ile bağlantıları gösterildi.

ventrikül içindeki beyin omurilik sıvısına bir salgı salgıladığı ve bu salgının Reissner lifi olarak bilinen filamentöz bir yapı oluşturmak üzere bir araya geldiği gösterilmiştir.¹⁴ Reissner lifinin beyin omurilik sıvısı hemodinamiğinde görev aldığı ve buna bağlı olarak subkortikal organın anormal gelişimi veya işlev bozukluğunun hidrosefali ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.¹⁵ Ayrıca posterior komissürün gelişimi olmak üzere özellikle de embriyogenez esnasında nörogenez ve akson rehberliğinde rol oynadığını belirten çalışmalar mevcuttur.^{16,17} Literatüre insanlarda henüz anatomik olarak gösterilemeyen subkomissural organı çalışmamızda posterior komissürden ayırt ederek tanımlayamadık.

3. ventrikül beyinin merkezinde, korpus kallozum ve hipokampal komissürün altında, mesensefalonun üstünde ve her iki talamusun arasında yer alır. Tabanı önde optik kiazmadan akuaduktusa, anterior duvarı optik kiazmadan anterior komissüre geçerek foramen monroya, tavanı önde foramen monrodan arkada suprapineal girintiye hafif yukarı doğru kemer şeklinde ve posterior duvarı suprapineal girintiden akuaduktusa uzanır. Habenular komissür, pineal gland, pineal girinti ve posterior komissür arka duvarda yer alır. Tavanın ön kısmında foramen monrodan habenular komissüre doğru talamusun superomedial sınırı boyunca internal serebral venlerin seyrettiği velum interpositum işaretleyen stria medullaris talami uzanır.¹ Kuadrigeminal sisterna pineal glandın etrafını çevreler. Anteriordan kuadrigeminal plaka ve pineal glandla, lateralde pulvinar ve oksipital lobun inferomedial yüzeyiyle, superiorde spleniumla ve inferiorde serebellumun tentoriyal yüzeyi ile sınırlanan subaraknoid boşluktur. 3. ventrikülün suprapineal girintisi, pineal glandın superiorundan kuadrigeminal sisternaya doğru olan çıkıntıdır.^{18,19} Çalışmamızda 3. ventrikülün tüm sınırlarını tanımladık. Posterior ve habenular

komissürler 3. ventrikülün posterior duvarı ve kuadrigeminal sisternanın anterior duvarında yer almaktaydı. Pineal girinti, rostralde habenular komissür ve kaudalde posterior komissür ile sınırlanmıştı. Ayrıca stria medullaris talami habenular komissür ile septal alan arasında seyretmekteydi (Şekil 1).

‘Talairach düzlemi’ anterior komissürün dorsali ve posterior komissürün ventralinde geçen düzlemdir. Bu düzlem beyin görüntüleme çalışmalarında kullanılır.²⁰ Talairach düzlemine dik olarak posterior komissürden geçen ‘vertikal posterior komissür çizgisi’ suplemeter motor alan ile pre-suplemeter motor alanın birbirinden ayrıldığı hattır. Çalışmamızda hem sagittal hem de aksiyal yönde aynı anda anterior ve posterior komissürleri göstererek talairach düzlemi ve dikey posterior komissür hatlarından geçen anatomik yapıları gösterdik.

Posterior komissür pineal bölgenin tümörlerinde önemli bir landmark noktası olarak kullanılabilir. Hatta pineal bölgenin nadir bir tümörü olan papiller tümör pineal glandtan ziyade posterior komissürün hemen ventralinde yer alan subkomissural organın ependimositlerinden oluşan nöroepitalyal kökenli tümörleridir.²⁰ Posterior komissür ve subkomissural organ ilişkisinin bilinmesi ve ayrıca bu lezyonların pineal gland tümörlerinden ayrılması beyin cerrahları için önem arz etmektedir.^{20,21}

Literatürde komissural liflerin anatomi ve fonksiyonlarını içeren anatomi ve traktografi çalışmaları mevcut olmakla birlikte, insan kadavrasında posterior komissürü temel alan çalışmalara çok rastlanmamıştır.^{22,23} Bu anatomik çalışmada, posterior komissür liflerinin seyrini, anatomik önemini ve komşu yapılarla ilişkilerini göstererek posterior komissür ilişkili çekirdekleri fonksiyonları ışığında tartıştık.

Etik kurul onayı

Bu çalışma, uygun kurumsal protokollerle elde edilen postmortem beyin örnekleri ve anonimleştirilmiş açık erişimli veriler kullanılarak gerçekleştirildiğinden, etik kurul onayı gerektirmemektedir.

Yazarlık katkısı

Çalışma konsepti ve tasarımı: OB, ŞSB; veri toplama: OB, MAE; sonuçların analizi ve yorumlanması: OB, ŞSB; makaleyi hazırlama: OB, ŞSB. Yazar(lar) sonuçları gözden geçirmiş ve makalenin son halini onaylamıştır.

Finansman

Yazar(lar), çalışmanın herhangi bir finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Çıkar çatışması

Yazar(lar) herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Ethical approval

Ethics committee approval was not required for this study, as it was conducted on postmortem human brain specimens obtained through appropriate institutional protocols and utilized anonymized data from an open-access database.

Author contribution

Study conception and design: OB, ŞSB; data collection: OB, MAE; analysis and interpretation of results: OB, ŞSB; draft manuscript preparation: OB, ŞSB. The author(s) reviewed the results and approved the final version of the article.

Source of funding

The authors declare the study received no funding.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Kaynakça

1. Rhoton Jr AL. The cerebrum. Neurosurgery 2007; 61. [\[Crossref\]](#)
2. Schmähmann J, Pandya D. Fiber pathways of the brain. New York: Oxford University Press; 2006. [\[Crossref\]](#)
3. Ozdemir NG. The anatomy of the posterior commissure. Turkish Neurosurgery 2015; 25(6): 837-843. [\[Crossref\]](#)
4. Clarke E, O'Malley CD. The human brain and spinal cord: a historical study illustrated by writings from antiquity to the twentieth century. San Francisco: Norman Publishing; 1996.
5. Nieuwenhuys R, Voogd J, Van Huijzen C. The human central nervous system: a synopsis and atlas. Springer Science & Business Media; 2007. [\[Crossref\]](#)
6. Klingler J. Erleichterung der makroskopischen Präparation des Gehirns durch den Gefrierprozess. Orell Füssli; 1935.
7. Agrawal A, Kapfhammer JP, Kress A, et al. Josef Klingler's models of white matter tracts: influences on neuroanatomy, neurosurgery, and neuroimaging. Neurosurgery 2011; 69: 238-252. [\[Crossref\]](#)
8. Shimizu S, Tanaka R, Rhoton AL, et al. Anatomic dissection and classic three-dimensional documentation: a unit of education for neurosurgical anatomy revisited. Neurosurgery 2006; 58: E1000. [\[Crossref\]](#)
9. Yeh FC, Tseng WYI. NTU-90: a high angular resolution brain atlas constructed by q-space diffeomorphic reconstruction. Neuroimage 2011; 58: 91-99. [\[Crossref\]](#)
10. Yeh FC, Wedeen VJ, Tseng WYI. Generalized q-sampling imaging. IEEE Trans Med Imaging 2010; 29: 1626-1635. [\[Crossref\]](#)
11. Yeh FC, Panesar S, Fernandes D, et al. Population-averaged atlas of the macroscale human structural connectome and its network topology. Neuroimage 2018; 178: 57-68. [\[Crossref\]](#)

12. Keene ML. 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. *Journal of Anatomy* 1938; 72(Pt 4): 488-501.
13. Young MJ, Lund RD. The anatomical substrates subserving the pupillary light reflex in rats: origin of the consensual pupillary response. *Neuroscience* 1994; 62: 481-496. [\[Crossref\]](#)
14. Gilbert TT, Olopade FE, Ladagu AD, et al. Microscopic anatomy of the subcommissural organ in the brain of the adult greater cane rat (Rodentia: Thryonomyidae). *Anat Histol Embryol* 2024; 53: e12990. [\[Crossref\]](#)
15. Ortloff AR, Vío K, Guerra M, et al. Role of the subcommissural organ in the pathogenesis of congenital hydrocephalus in the HTx rat. *Cell Tissue Res* 2013; 352: 707-725. [\[Crossref\]](#)
16. Grondona JM, Hoyo-Becerra C, Visser R, Fernández-Llebrez P, López-Ávalos MD. The subcommissural organ and the development of the posterior commissure. *Int Rev Cell Mol Biol* 2012; 296: 63-137. [\[Crossref\]](#)
17. Corales LG, Inada H, Hiraoka K, et al. The subcommissural organ maintains features of neuroepithelial cells in the adult mouse. *J Anat* 2022; 241: 820-830. [\[Crossref\]](#)
18. Rhoton AL. Tentorial incisura. *Neurosurgery* 2000; 47: S131-S153. [\[Crossref\]](#)
19. Rhoton Jr AL. The posterior cranial fossa: microsurgical anatomy and surgical approaches. *Neurosurgery* 2000; 47(suppl_3): S5-S6. [\[Crossref\]](#)
20. Jouvét A, Fauchon F, Liberski P, et al. Papillary tumor of the pineal region. *Am J Surg Pathol* 2003; 27: 505-512. [\[Crossref\]](#)
21. Kennedy G, Degueure A, Dai M, Cuevas-Ocampo A, Arevalo O, Cuevas-Ocampo AK. An unusual finding: papillary tumor of the pineal region. *Cureus* 2023; 15(2): e34725. [\[Crossref\]](#)
22. Vilela-Filho O, Freitas ELA, Goulart LC, Lino-Filho AM, Carneiro R, Fernandes-Santos B. 7T magnetic resonance imaging probabilistic tractography-based evidence of decussation of the fibers between the lateral geniculate nucleus and the primary visual area. *World Neurosurg* 2024; 188: e555-e560. [\[Crossref\]](#)
23. Dauleac C, Mertens P, Frindel C, Jacquesson T, Cotton F. Atlas-guided brain projection tracts: from regions of interest to tractography 3D rendering. *J Anat* 2025; 246: 732-744. [\[Crossref\]](#)