

T.C.
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi
Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği

KORPUS KALLOZUMUN AK MADDE
YOLLARININ ANATOMİSİ

UZMANLIK TEZİ
Dr. Göktaş ÜLKÜ

TEZ DANIŞMANLARI
Prof.Dr. Fikret H. DOĞULU
Doç.Dr. Abuzer GÜNGÖR

ANKARA
EKİM-2019

T.C.
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi
Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği

KORPUS KALLOZUMUN AK MADDE
YOLLARININ ANATOMİSİ

UZMANLIK TEZİ
Dr. Göktaş ÜLKÜ

TEZ DANIŞMANLARI
Prof.Dr. Fikret H. DOĞULU
Doç.Dr. Abuzer GÜNGÖR

ANKARA
TEMMUZ-2019

I. TEŞEKKÜR

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği'nde uzmanlık eğitimimde mesleki becerileri ve tecrübelerinden yararlandığım, kıymetli hocalarıma,

İhtisasım süresince eğitimime büyük katkıları olan ve aynı zamanda tez danışmanım olan sayın Prof.Dr. Fikret H. Doğulu'ya

Uzmanlık tezimin, konusu dahil; başlangıcından bitişine kadar her türlü imkânı sağlayıp, desteğini esirgemeyen, tez danışmanım Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi A.D. öğretim üyesi Doç. Dr. Abuzer GÜNGÖR'e ve sayın Prof. Dr. Necmettin Pamir'e

İhtisasım boyunca aynı kaderi paylaştığımız ve yol arkadaşım olan tüm asistan kardeşlerime

Saygı,sevgi,minnet ve teşekkürlerimi sunarım

Dr. Göktuğ ÜLKÜ

II. İÇİNDEKİLER

I.	TEŞEKKÜR	III
II.	İÇİNDEKİLER.....	IV
III.	KISALTMALAR	V
1.	GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2.	GENEL BİLGİLER	3
2.1	Korpus Kallozumun Nöroşirürjideki Yeri ve Önemi.....	3
2.2	Korpus Kallozum Anatomisi ve Embryolojisi	6
2.3	Korpus Kallozumun Fonksiyonları Ve Fonksiyonel Bağlantıları.....	13
2.4	Korpus Kallozum Ile İlişkili Ak Madde Lifleri Ve Yapılar	15
3.	GEREÇ ve YÖNTEM	19
4.	BULGULAR.....	21
4.1	Medialden Laterale Diseksiyon	21
4.2	Superiordan İnferiora Diseksiyon.....	31
4.3	Laterladien Mediale ve İnferiordan Superiora Diseksiyon.....	39
5.	SONUÇ	43
6.	KAYNAKLAR	51
7.	ÖZET	Error! Bookmark not defined.
8.	SUMMARY.....	Error! Bookmark not defined.
9.	ÖZGEÇMİŞ	Error! Bookmark not defined.

III. KISALTMALAR

A.D.	: Anabilim Dalı
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
Canon EOS	: Canon Elektro-Optik Sistem
MR	: Manyetik Rezonans
3D	: Üç boyutlu
DTG	: Difüzyon Tensör Görüntüleme
Zeiss OPMI	: Zeiss operations mikroskop
SLF	: Süperior Longitudinal Fasikül
IAY	: İntraventriküler aksesuar yol
AF	: Arkuat Fasikül
TR.	: Trakt; fiber yolu

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Korpus kallozum beyinde bulunan en büyük kommisüral lif topluluğudur. Korpus kallozum interhemisferik fissürde yer alıp (Şekil 2), yaklaşık 200 milyondan fazla miyelinize nörondan oluşur. Korpus kallozum asıl görevi beyin iki hemisferi arasındaki bağlantıyı sağlamaktır ve her iki hemisfer arasındaki bağlantıların büyük bir kısmı korpus kallozum tarafından sağlanır. Korpus kallozum bağlantıları çoğunlukla homotopiktir; yani karşılıklı iki hemisferde aynı görevi yapan homolog kortikal alanlar arasındadır (1,2).

Yerleşimi ve kapladığı büyük alan sebebiyle korpus kallozum beyinde bir çok önemli yapıyla komşudur. Korpus kallozumu ilgilendiren nöroşirürji literatüründe tanımlanmış bir çok cerrahi yaklaşım vardır. Bu cerrahi yaklaşımlarda korpus kallozumun mikrocerrahi anatomisini, ak madde yollarıyla olan ilişkisini ve kallozal segmentlerin fonksiyonlarını bilmek beyin cerrahları için çok önemlidir (3).

Son yıllarda Difüzyon Tensor Görüntüleme (DTG) fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme(FMRG) gibi tekniklerin gelişmesi ile ak madde yollarının önemi daha iyi anlaşılmıştır. Özellikle DTG'nin üç boyutlu MR traktografileri, normal beyindeki ak madde yollarının ortaya çıkarılması, bu yolların diğer beyin yapılarıyla ilişkilendirilmesi ve FMRG ile bu yolların fonksiyonlarının ortaya çıkarılması daha kolay bir hale gelmiştir (4,5). Fakat MRG çalışmaları tek başına yeterli değildir; MRG çalışmaları mikrocerrahi postmortem kadavra disseksiyon

alışmalarıyla korele bir şekilde yapılrısa, çalışmaların sunduğu bilgiler daha doğru olacaktır.

Korpus kallozum ile ilgili nöroanatomi ve nöroşirurji alanında çok sayıda çalışma olmasına rağmen hala açıklığa kavuşamayan ve tartıřmalđ olan birçok bilgi bulunmaktadır. Örneğin; Kallozotomilerle ilgili birçok farklı görüş olup epilepsi cerrahisindeki yeri ile ilgili net endikasyonları henüz belirlenememiştir. Çalışmamızın amaçlarından biri korpus kallozum ile ilgili tartıřmalđ olan bazı bilgilerin revize edilmesidir. Bu çalışmada, korpus kallozumun ak madde yollarđ ve topografik yapısı yeniden tanımlanarak, korpus kallozumla ilişkili olan bulduğumuz yeni ak madde yollarđ gösterilmiştir. Bu sayede cerrahi yaklaşımlara yeni bir bakış açısı kazandırarak ak madde yollarđ aracılığı ile olan epileptik nöbet yayılımđ ile gliomalardaki yayılım patternlerini açıklamaya yardımcı olmayđ hedefledik.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Korpus Kallozumun Nöroşirürjideki Yeri ve Önemi

Korpus kallozum nöroşirürjikal operasyonlar sırasında sıkça karşılaşılan anatomik bir yapıdır. Bazı önemli nöroşirürjikal cerrahiler sırasında korpus kallozum ya da bağlantılı yapılar geçilmek zorunda veya bu yapıların sınırlarında çalışılmak zorunda kalınır (6). Örneğin; Nöroşirürjide sık uygulanan şant cerrahisi sırasında şantın kranial ucu korpus kallozumla bağlantılı en az 3 farklı ak madde yolundan geçer.

Korpus kallozum ile direk ilgili olan asıl nöroşirürjikal cerrahi girişim kallozotomidir. Bu teknik; insanda ilk kez 1940 yılında Wagenen ve Herren tarafından kontrol altına alınamayan epilepsilerde palyatif olarak kullanılmış bir cerrahi yöntemdir. Fakat bu cerrahi girişim asıl 1960 yılında Bogen ve Vogel sayesinde tıp dünyasında popüler hale getirilmiştir. Günümüzde ise epilepsi cerrahisi için palyatif amaçlı kullanılan kallozotomiler çoğunlukla terk edilmiş durumdadır ve sadece belli hastalık gruplarında uygulanmaya devam etmektedir. Özellikle Lennox Gastaut ve West sendromlu hastalarda ya da düşme ataklarının sık görüldüğü epilepsi hastalarından uygulanmaktadır (7).

Epilepsi cerrahisinde uygulanan kallozotomi; anterior kallozotomi, posterior kallozotomi ya da total kallozotomi olarak üçe ayrılmıştır. Epilepsi cerrahisinde uygulanan anterior kallozotomide; insizyon genudan başlayarak posteriora doğru yaklaşık 5cm'lik bir kesi ile yapılır. Epilepsi cerrahisinde en sık uygulanan yöntem olan anterior kallozotomi korpus kallozumun anterior 2/3'üne denk gelmektedir. Bazı hastalarda aynı teknikle yapılan kesi posteriorda spleniuma kadar uzatılarak kallozotomi total olarak yapılabilir.. Total kallozotomide kesinin posterior inferior sınırını galen veni oluşturur. Galen venin süperiorunda splenium yer alır. Günümüzde ise artık nöronavigasyon cihazlarının bu cerrahilerde kullanım alanının artması ile anatomik belirteçlerin sadece doğrulama amacıyla kullanılmaktadır (6,8,9). Son yıllarda bu teknik modifiye edilerek selektif posterior kallozotomi olarak düşme atakları ile seyreden epilepsi hastalarında kullanılmaya başlanmıştır. Selektif posterior kallozotominin düşme ataklarıyla seyreden epilepsilerde oldukça başarılı olduğunu gösteren yeni yayınlar mevcuttur (10,11). Eğer kallozotomiye ek olarak anterior kommissür, hippokampal kommissür ve dorsal hippokampal kommissür de ayrılırsa bu cerrahiye kommissürotomi denir.

Nöroşirurjide kallozotomi bu endikasyonlar dışında da ventrikül içi cerrahilerde tümörlere ya da patolojik lezyonlara ulaşmak için de kullanılan bir cerrahi yaklaşımdır. Aslında nöroşirurjide uygulanan kallozotomilerin en sık kullanımı ventrikül içi cerrahilerdir. Bu yaklaşım patolojinin yerine göre anterior transkallozal ya da posterior transkallozal kallozotomi şeklinde ikiye ayrılmıştır.

Bu yaklaşımlarda korpus kallozuma genelde 2cm'yi geçmeyecek vertikal insizyon yapılır ve bu insizyon yapılırken perikallozal arterleri korumaya özen gösterilir. İnsizyon boyutunun kısa bırakılmasının sebebi postoperatif dönemde hastalarda diskonneksiyon sendromundan kaçınmaktır. Fakat bazı hastalarda insizyon uzunluğunu tümörün büyüklüğü belirler. Bu vakalarda da cerrahın elinden geldiğince insizyonu kısa tutması önerilmektedir. Kallozotomi yaparken dikkat edilmesi gereken diğer bir konu ise; korpus kallozumun inferio-lateralerrinde yer alan her iki forniksidir. Kallozotomi girişimleri sırasında gerekmedikçe fornikse zarar vermemek önemlidir; çünkü postoperatif dönemde forniseal hasarda hastalar hafıza kayıpları yaşayabilir. Ventrikül yerleşimli lezyonlar çoğunlukla korpus kallozumun antero-inferiorunda yerleşimli olduğu için anterior kallozotomiler daha sık kullanılır (12).

Son yıllarda yapılan yeni çalışmalarda epilepsi cerrahisi için yapılan kallozotomiler için yeni bilgiler ortaya atılmıştır. İlk olarak yapılan çalışmalarda posterior kallozotomilerin düşme ataklarında daha etkili olduğu öne sürülmüştür. Yapılan başka bir çalışmada kallozotomilerin, vagal sinir stimülasyonu (VSS) cerrahisine göre daha az maliyetli ve daha etkili olduğu gösterilmiştir. Bu yeni bilgiler ışığında kallozotominin palyatif epilepsi cerrahisinde ilk tercih cerrahi prosedür olması önerilebilir (13).

Epilepsi ve ventrikül içi tümör cerrahisi dışında kallozotomi primer beyin tümörleri olan astrositoma cerrahisi açısından da önem taşımaktadır. Bilindiği üzere astrositomlar yayılmak için ak madde yollarını kullanmaktadır. Bu konuyla ilgili yapılan son çalışmalarda korpus kallozum komşuluğundaki astrositomaların

cerrahisi sırasında karşı hemisfere yayılımı önlemek için koruyucu kallozotomi yapılabileceği ya da korpus kallozumun tümörle invaze segmentinin rezeke edilebileceği önerilmiştir. Korpus kallozum invazyonu olan gliomalarda; karşı hemisfere invazyon oluyorsa bu hasta grubunun sağ-kalım oranlarının önemli ölçüde düştüğünü gösterilmiştir. Bu nedenden dolayı koruyucu kallozotomi önerilmiş ve aynı zamanda yapılan kallozotominin tümör kaynaklı epileptik desarjların yayılımının azalttığı gösterilmiştir (14,15).

2.2 Korpus Kallozum Anatomisi ve Embriyolojisi

Korpus kallozum serebrumun tam ortasında her iki lateral ventrikülün üzerinde interhemisferik sulkusta yer alır. Korpus kallozum çoğunlukla miyelinize liflerden oluşan beyindeki en büyük kommissüral yapıdır.

Kallozal fiberler insan embriyosunda ilk kez gestasyonun 11-12. haftalarında görünür hale gelir. 13. hafta civarlarında rudimenter kallozal tabaka görünür. Kallozal liflerin glial slingden köken aldığı gösterilmiştir. Anterior neokorteks ve posterior neokorteks lifleri gelişime başladığında; öncü lifler olan glial slinge doğru göç etmeye başlarlar. Sonuç olarak iki parça halinde orta hatta birleşen korpus kallozum halini alırlar. Bu teorinin korpus kallozumundaki major ya da minör asimetrielerin oluşma mekanizmasını açıkladığı düşünülmektedir. Bu primitif korpus kallozum, korteksin büyümesi ve yeni lif bağlantılarının

oluşmasıyla önden arkaya doğru genişlemeye başlar. Kallozal segmentlerin oluşum sırası yapılan çalışmalarda genu gövde isthmus splenium ve rostrum olarak bildirilmiştir. Frontal neokorteksin büyümeye devam etmesiyle splenium arkaya doğru itilir ve en sonunda hippokampal kommissürün üstünü örter. 20. Haftada korpus kallozum tam şeklini alır; fakat sagittal kesitte normal erişkin beyinde olması gerekenin %5 i bile değildir. Korpus kallozum gelişimi puberte sonuna kadar devam eder. Korpus kallozum miyelinizasyonu postnatal 6. Ayda, spleniumda 8. Ayda genuda görülür. Bu bilgi korpus kallozum miyelinizasyonun posteriordan anteriora doğru olduğunu kanıtlar (16).

Korpus kallozum, Witelson (1989) tarafından 5 segmente bölünmüştür. Bu bölümler anteriordan posteriora; rostrum, genu, gövde, isthmus, ve spleniumdur. Witelson tarafından yapılan bu topografik sınıflama, kadavra korpus kallozumları ölçümleri yapılarak ve sonuç olarak geometrik ölçümlere dayandırılarak yapılmıştır (17). Bazı sınıflamalarda kallozal gövde anterior ve posterior olarak ikiye bölünmüştür. Biz ise çalışmamızda korpus kallozumu 5 segment olarak kabul ettik. Son yıllarda MRG tekniklerinin gelişmesiye FMRG ve MR traktografi kullanarak korpus kallozum segmentasyonu ile ilgili farklı çalışmalar yapılmıştır (5). Witelson'un segmentasyonun modifiye edildiği farklı topografik modellerin ortaya atıldığı bu çalışmalar sadece MRG bazlı olduğu ve anatomik disseksiyon kullanılmadığı için tam olarak korpus kallozumun topografik mikrocerrahi anatomisini gösterememektedir. Çalışmamızda yaptığımız disseksiyon ve Mr Traktografi verilerimize göre korpus kallozumu topografik olarak 7 eşit parçaya böldük. Bunun sebebi yaptığımız ölçümlerde korpus kallozumun ortalama anterior-

posterior uzunluğunun yaklaşık 7 santimetre olmasıdır. Korpus kallozumun posteriorunun 2/7'sini splenium oluşturmaktadır. Spleniumun anteriorunda yer alan 1/7'lik parçayı isthmus, isthmusun anteriorunda yer alan 2/7'lik parçayı gövde kısmı, gövdenin de anterior 2/7'sini genu oluşturmaktadır. Rostrum ise genu ile aynı 2/7'lik alanda olup bu alanın 1/2'sini kaplamaktadır. Bu sınıflamanın diğer sınıflamalardan farkı splenium ve isthmusun daha büyük bir alan kaplaması ve isthmusun anterior sınırının daha önde olduğunun bulunmuş olmasıdır (Şekil 1, Şekil 3). Bu segmentasyon modelini destekleyen disseksiyon ve MRG verileri dışında yapılan çalışmalarda posterior kallozotomilerin drop ataklarda daha etkili olduğunun gösterilmiş olmasıdır. Posterior kallozotomide her iki motor alanın bacak bölgesini bağlayan liflerin dekonnekte edilmesi ile bu başarının sağlandığı düşünülmektedir (18,10). Yaptığımız disseksiyonlarda ve MR traktografilerde her iki motor ve premotor alanı bağlayan liflerin isthmus ve spleniumun anteriorundan geçtiği gösterilmiştir (Şekil 4).

Korpus kallozumun en anteriorunu kallozal genu oluşturur. Genu antero-lateralde, frontal hornlar ile komşu olup aynı zamanda frontal hornların medial duvarını yapar. Genu, lateralde ve süperiorda prefrontal korteksle komşudur ve anteriorda septum pellucidumunu sınırlar. Genu, inferiorda rostrum olarak devam eder. Rostrum her iki orbitofrontal korteksle komşudur. Rostrum paraolfaktör ve paraterminal girusların süperiorda ve anterior kommissürün anterior kısmında yerleşmiştir.. Genu posteriorda kallozal gövdeyle birleşerek lateral ventriküllerin tavanını oluştururlar. Kallozal gövde ise süperiorda singular girusla, antero-inferiorda her iki kaudat nükleusla komşudur. Kallozal gövde posteriorda isthmus

adını alır. İsthmustan her iki motor alanı ve premotor alanı bağlayan dorsal kallozal lifler geçer. İsthmus inferiorda fornikslerin çift olduğu noktadan posteriorda forniseal kommissüre kadar devam eder. İsthmus korpus kallozumun pivot noktası olarak kabul edilebilir. Çünkü isthmusun, fonksiyonel ve anatomik olarak korpus kallozumu rostral ve kaudal olarak iki parçaya böldüğü kabul edilebilir. İsthmus posteriorda splenium ismini alır. Splenium posteriora ve daha sonra postero-inferiora doğru döner. Splenium ambient sisternin antero-süperiorunda tektal plakanın süperiorunda ve forniseal kommissürün süperiorunda yer alır. Spleniumun inferiorunda ise pineal gland ve internal serebral ven yer alır (16).

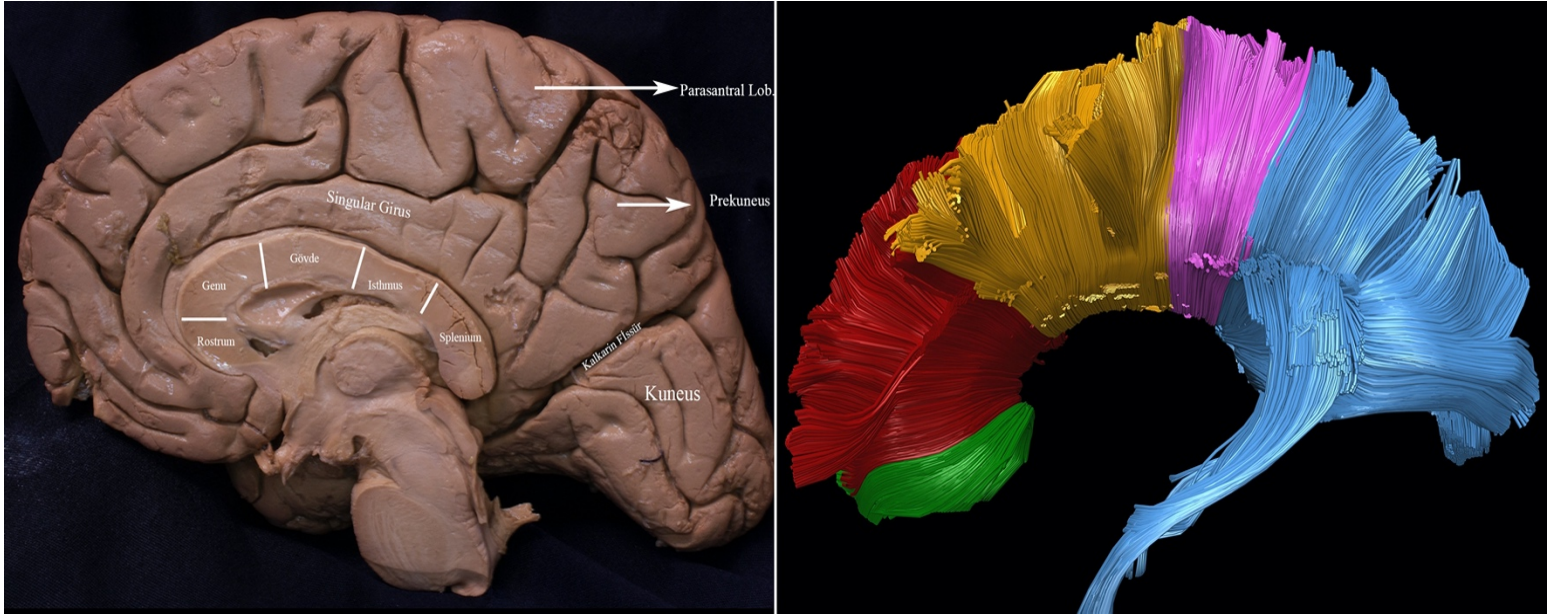
Korpus kallozumun rostrumu anteriorda, anterior kommissur ile komşudur. Aynı zamanda bu bölgede unsinat fasikül rostruma infero-lateralinden komşuluk yapar. Genunun anteriorunda her iki prefrontal korteksten gelen liflerin oluşturduğu forceps minör bulunur ve bu lifler genudan geçerek karşı hemisferin prefrontal korteksine gider. Forceps minör, genun her iki antero-lateralinden başlayıp infero-lateraline doğru seyrederek ve anterior bakış açısından bir çift boynuza benzer.

Korpus kallozumun üzerinde singulat girus yer alır. Singulat girus singulum liflerini içerir. Singulum, limbik sistemin parçası olup suprakallozal olarak seyrederek. Singulum rostrumdan başlayıp tüm korpus kallozumu sararak posteriora doğru seyrederek. Splenium seviyesinde antero-inferiora döner ve burada da singulumun antero-lateralinde dentat girus ve fasciolar girus bulunur. Singulum daha sonra hippocampusun inferiorundan anterior hippocampusun presubiculumunda sonlanır.

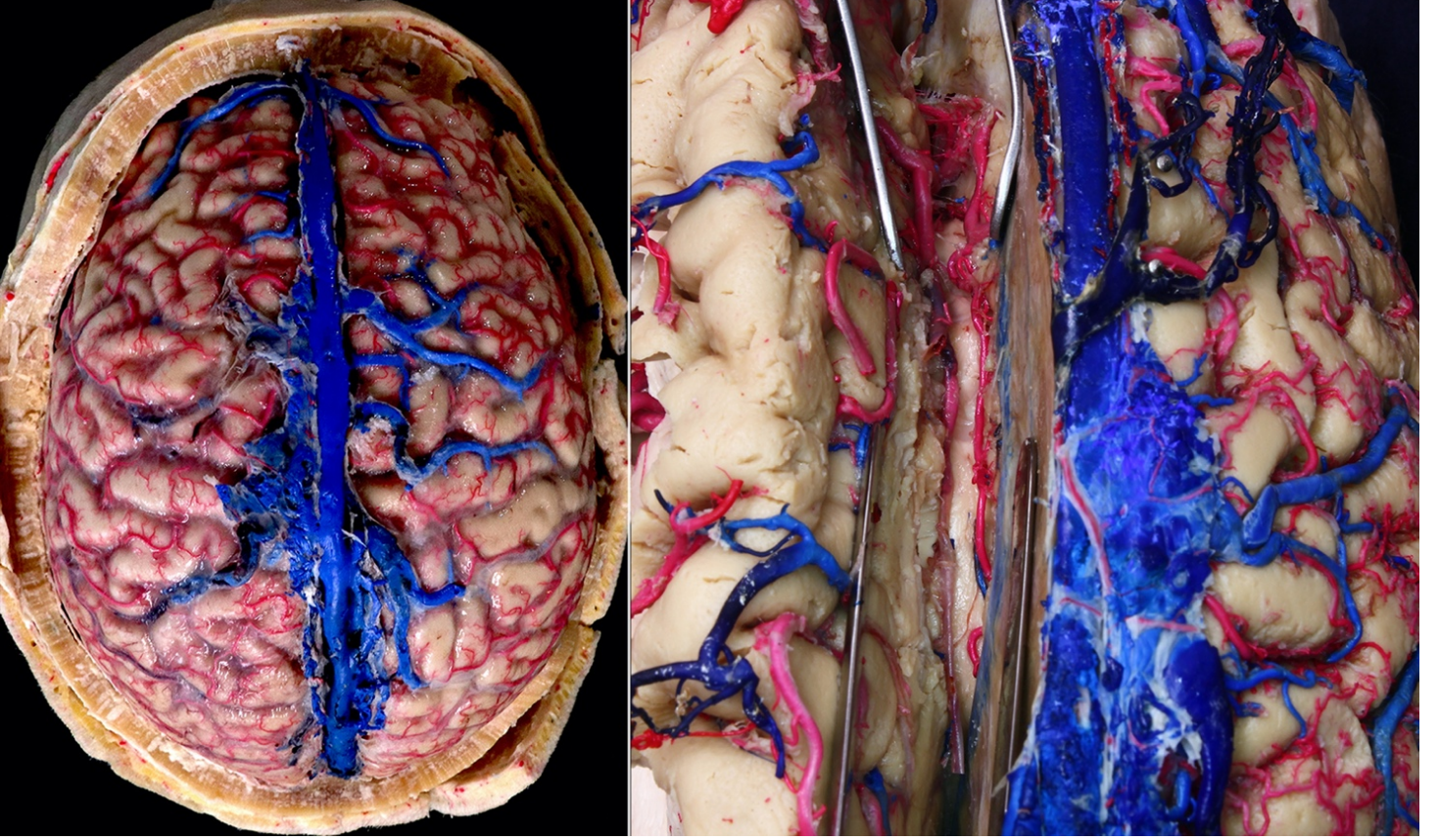
Singulumun inferiorunda korpus kallozum ince gri bir madde ile örtülüdür. Bu yapı indisum griseum olarak adlandırılmıştır. Bu maddenin embriyolojik olarak hippocampusun devamı olduğuna inanılmaktadır (19,20). Indusium griseum iki çift ak madde kabartısıyla komşu olarak seyreder. Bu yapılar lateral ve medial longitudinal stria olarak tanımlanmıştır. Fonksiyonları ve diğer özellikleri ile ilgili çok net bir bilgi olmasa da bu strialar da limbik sistemin bir parçası olarak kabul edilmektedir (21). Bu strialar suprakallozal olarak seyredip spleniumun inferiorunda forniksle birleşir. Splenium aynı zamanda forceps majör ile komşudur. Forceps majör aynı forceps minör gibi bir çift boynuza benzeyen ak madde fiber topluluğudur. Her iki oksipital ve posterior parietal lobların bağlantısından sorumludur. Forceps majör her iki oksipital korteksten gelen dorsal kallozal liflerin infero-lateral oblik bir yol seyredip spleniuma lateralinden girmesiyle oluşur. Splenium infero-lateralde posterior hippocampal kommisür ile komşudur (22,23). Bu komşuluğun süperiorunda intraventriküler aksesuar eminensin spleniumla yaptığı bağlantı bulunur. Spleniumun her iki lateralinde spleniumun ventral liflerinden oluşan ventriküllerin oksipital hornlarını bir halı gibi örten tapetum bulunur (24). Tapetumun seyri lateralinden inferiora doğrudur. Tapetum infero-lateralde oksipital horn seviyesinde lateralinden sagittal striatum tarafından örtülür (25).

Bu çalışmada; kallozal liflerin anatomik olarak korpus kallozumu her iki hemisferde bağladığı yerlere göre üçe böldük. Bu lifleri ventral intermediate ve dorsal kallozal lifler olarak adlandırdık. Bu segmentasyona istisna olarak

spleniumdaki dorsal lifleri anterior dorsal ve posterior dorsal splenial lifler olmak üzere ikiye böldük (Şekil 10).



Şekil 1: Beyinin medialden görünümü ve medial kallozal liflerin MRG traktografi ile gösterilmesi.



Şekil 2: Beynin superiordan görünümü ve interhemisferik olarak korpus kallozumun gösterilmesi

2.3 Korpus Kallozumun Fonksiyonları Ve Fonksiyonel Bağlantıları

Korpus kallozum beynin en önemli kommisüral yapısıdır. Korpus kallozum interhemisferik fissürde yerleşir ve yapısında 200 milyondan fazla miyelinize akson bulundurur. Korpus kallozumun fonksiyonu tıp tarihi boyunca merak konusu olmuştur. 1983'te Corbalis tarafından ilk kez dominant, non-dominant hemisfer teorisi ortaya atılmıştır. 20. yüzyılın başlarında serebral lateralizasyon kabul edilmiş olup, bilim adamları hemisferler arasındaki bağlantının korpus kallozum tarafından nasıl yapıldığına dair cevap aramaya başlamışlardır. Bu soruya cevap olarak ortaya konulan iki teori; korpus kallozumun ya karşı hemisferi inhibe ederek ya da eksite ederek inter-hemisferik bağlantıyı sağladığı yönündedir.

Inhibisyon teorisi korpus kallozumun her iki hemisferin homolog bölgeleriyle devamlı inhibitör bir ilişki içinde olduğunu ve bu ilişki sayesinde bir homolog bölgede artan aktivite diğer bölgede aktivite azalmasına sebep olarak fonksiyonun kontrollü olmasını sağladığı yönündeydi. Buna ek olarak inhibitör etkinin her iki serebral hemisferde fonksiyonel olarak özelleşmeyi sağladığı öne sürüldü. Eksitasyon teorisi ise; korpus kallozumun her iki hemisfer arasındaki bilgi alışverişi integrasyonunu mecbur bıraktığı yönündedir. Buna kanıt olarak zorlayıcı görevler yapabilen bireylerin korpus kallozum boyutlarının daha büyük, serebral

lateralizasyon gösteren disleksik bireylerde aktive edici bağlantı eksikliğine bağlı korpus kallozum boyutlarının daha küçük olduğudur.

Sonuç olarak her iki teorinin de ortaya sürdüğü bilimsel kanıtlar vardır ve korpus kallouzumun kompleks bağlantılar yapan bir kommissüral lif topluluğu olduğu göz önüne alınmalıdır. Korpus kallozumun sadece eksitator etki ya da inhibitör etki mekanizmalarına sahip olduğu düşünülmemelidir çünkü beyinde genel olarak görev düzenlemeleri hem inhibitör etki hem eksitator etkiler üzerinden yapılmaktadır.

Kallozotominin literatüre girmesinden sonra postoperatif kallozotomi hastalarının incelenmesi ile yeni bir fenomen olan ayırık-beyin (split-brain) literatüre girmiştir. 1950'lerde Sperry ve arkadaşları ilk kez hayvanlarda bu modeli çalışmış olup kallozotomilerin insanlara uygulanmasından sonra postoperatif bu hastalar değerlendirilmiştir. Sperry yaptığı bu çalışmalarla 1981 yılında Nobel ödülü almıştır ve korpus kallozumun insan beynindeki fonksiyonlarına yönelik eşsiz bilgiler literatüre sunulmuştur.

Ayrık beyin her iki hemisfer arasındaki bilgi aktarımının bozulmasıyla ortaya çıkan klinik bir fenomendir. Ayrık beyinli bireylerde sol ve sağ hemisferler arasından bağlantı bulunmadığı için bir hemisferin homolog alanına yapılan uyarının diğer hemisferdeki homolog alanla bağlantısı olmaması sebebiyle farklı semptomlar ortaya çıkmaktadır. Örneğin sol viziüel alana spot ışıklar gösterilip hastaya ne görüldüğü sorulduğunda hasta hiçbir şey görmediğini söyler fakat sol viziüel alana ışık gösterilip hastaya ışık gördüğünde eliyle işaret vermesini söylediği zaman hasta isteneni yapar. Bunun sebebi aslında sağ hemisferin ışığı

görmesi fakat sol konuşma merkezi ile olan diskonneksiyon nedeniyle bunu verbal olarak ifade edememesidir.

Korpus kallozumun limbik sistemin birçok parçasıyla yaptığı bağlantılar sebebiyle limbik sistemle de yakından ilişkilidir. Yapılan çalışmalarda birçok nöropsikiyatrik hastalıkta korpus kallozumun etkilendiği özellikle rostrum genu ve spleniumda değişiklikler gerçekleştiği bildirilmiştir. Anterior kallozal segmentler olan genu ve rostrum limbik sistemin her iki hemisferdeki parçaları arasında bağlantı kurar. Rostrum paraolfaktör giruslar nükleus akumbensleri, genu ise her iki prefrontal korteksin birbiri ile ilişki içinde olmasından sorumludur. Korpus kallozum her ne kadar limbik sistemin bir parçası olarak sayılmasa da yaptığı bağlantılarla limbik sistemin düzenlenmesinde her iki limbik lobun birbiriyle integrasyon içinde olmasından sorumludur (1,2,3,9,26,27,28).

2.4 Korpus Kallozum İle İlişkili Ak Madde Lifleri ve Yapılar

SPLENO-HİPPOTALAMİK TR.: Spleniumun anterior dorsal parçasının orta hattından köken alan liflerden oluşur. Hipotalamusla bağlantı yaptığı düşünülüyor.

TAPETUM: Spleniumun ventral fiberleri tarafından yapılan heri iki kaudat nükleusu bağlayan ve oksipital hornların lateral duvarlarını halı gibi örten ak madde lif topluluğudur.

SAGİTAL STRİATUM: Sagittal striatum inferior longitudinal fasikül ve inferior frontooksipital fasikülün birleşmesiyle oluşan oksipital ve temporal lobların medialinde seyreden internal kapsülle birleşen ak madde topluluğudur.

KAUDAT NÜKLEUS: Kaudat nükleus korpus striatumu oluşturan ana yapılardan biridir. Bir çok fonksiyonu olup bunlardan bazıları motor fonksiyon, motor hareketlerin kontrolü, prosedürel hafıza, asosiyatif hafıza ve ödül mekanizmalarıdır.

NÜKLEUS AKKUMBENS: Nükleus akkumbens, bazal ön beyinde bulunan olfaktör tuberkülle beraber ventral striatumu oluşturur. Ödül sisteminin önemli bir parçasıdır.

SPLENO-SİNGULER TR.: Singulumdan çıkan liflerin spleniumun posterior dorsalinden spleniuma girdiği yoldur. Fonksiyonu bilinmemektedir.

KALKAR AVİS: Kalkarin fissürün oksipital hornun medialine indentasyonu olup fonksiyonu bilinmemektedir.

İNDUSİUM GRİSEUM: Korpus kallozumun suprakallozal yüzeyini kaplayan gri maddeden oluşan ince bir tabakadır.

MEDİAL/LATERAL LONGİTUDİNAL STRİA: Suprakallozal seyreden iki adet miyelinize ince ak madde bantlarıdır. Forniksin suprakallozal uzantıları oldukları düşünülmektedir.

FORSEPS MAJÖR: Oksipital korteksleri bağlayan spleniumdan geçen kommissüral liflerin oluşturduğu boynuza benzeyen yapıdır.

FORSEPS MİNÖR: Prefrontal korteksleri bağlayan genudan geçen kommissüral liflerin oluşturduğu boynuza benzeyen yapıdır.

UNİNAT FASİKUL: Amigdala ve hippocampus frontal lobdaki limbik yapılara bağlayan asosiyasyon yoludur.

DORSAL HIPPOKAMPAL KOMİSSÜR: Hippokampusun posterior kısımlarını birbirine bağlayan forceps majörlerle birleşip spleniumdan karşıya geçen kommissüral yapıdır. Tanıma hafızası ile ilişkili olduğu belirtilmiştir.

INTRAVENTRİKULER AKSESUAR YOL: Oksipital hornun medial duvarının inferiorunu yapan ve spleniumun ventralinden bağlanan ak madde yoludur.

FORNİSEAL KOMİSSÜR: Her iki forniksi birbirine bağlayan ince ak madde fiberlerinden oluşan kommissüral yapıdır.

SLF1: Preküneusu süperior frontal girusa bağlayan ak madde yoludur.

SLF2: Kaudal inferior parietal korteksi dorsolateral preforantal kortekse bağlayan ak madde yoludur.

SLF3: Supramarginal girustan başlayan ve lateral inferior prefrontal kortekste sonlanan ak madde yoludur.

AF: Kaudal temporal korteksi inferior frontal loba bağlayan(Wernicke alanını Brocaya) assosiyasyon ak madde yoludur.

SİNGULUM: İlk olarak karşımıza çıkan yol olan singulum, subkallosal korteksi ve parahippokampal girusun ön kısmını bağlayarak temporal lobda septal

bölgeden unkal bölgeye uzanır. Singulum, korpus kallosumu çevreleyen kısa ve uzun liflerinin bir demetinden oluşur.

BROCA'NIN DİAGONAL BANDI: Diagonal band girus paraterminalisi amigdala ve hipotalamik bölge ile bağlar.

FORNİKS: Forniks, hippokampal formasyondan meydana gelen ve septal bölgeye ve hipotalamusa yönelen ak crura, komissür, gövde, sütunlardan oluşan ak madde lifidir.

POSTCOMMISSURAL FORNİKS: Mamiller cisimde sonlanan forniksın bu yolda ilerlerken oluşan ak madde yoludur.

EKSTERNAL KAPSÜL: Kortiko-kortikal assosiyasyon liflerinin içerir putamen ve klastrumun beraber oluşturduğu lentiform nükleusun lateralinde yer alır.

INTERNAL KAPSÜL: İnternal kapsül frontopontin yolu, temporo-parieto-occipito-pontin yolunu, kortikospinal yolu, medial lemnisküsü, spinotalamik lifleri ve talamik radyasyon liflerini içerir.

KORTİKOSPİNAL YOL: Primer motor, tamamlayıcı motor korteks ve pariyetal lobdan, beyin sapı boyunca ve omuriliğe doğru uzanır. Lifleri internal kapsülden geçer.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, Haziran 2019-Ekim 2019 tarihleri arasında ak madde diseksiyonları Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Laboratuvarı'nda ve yüksek çözünürlüklü MR traktografi çalışmaları 'Human Connectome Project' veri tabanı kullanılarak Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hızır Alp Mikroşirurji Anatomi ve Ak Madde Diseksiyon Laboratuvarı'nda yapılmıştır. 10 adet postmortem insan beyin spesimeni ve 4 adet postmortem insan kafa spesimeni, Klingler metoduna uygun olarak, 1 ay %10 formalin solüsyonunda bekletildi. Takiben araknoid, pia mater ve vasküler yapılar cerrahi mikroskop altında kaldırıldı bu işlemlerden sonra 2 hafta boyunca buzdolabında (-15°C) dondurulduktan sonra, 2 hafta sonunda sepsmen buzluktan çıkarılıp 2 saat boyunca oda sıcaklığındaki çeşme suyu altında çözölmeye bırakıldı (29). Diseksiyonlar arası, spesimenler %75 etil alkol solüsyonu içinde buzdolabında bekletildi. Diseksiyonlar, Zeiss OPMI mikroskop altında x4 ve x40 büyütmede, mikrocerrahi seti (dişsiz pensetler, Rhoton dissektörü, çeşitli boyutlarda metal spatula) ve aspiratör kullanılarak yapıldı.

Bütün fiber yolları DSI-Stüdyo ile yapıldı (<http://dsi-studio.labsolver.org>). Human Connectome Projesinden, alınan 1021 çalışmadan ortalama bir grup patterni oluşturuldu. Bu veriler <http://dsi-studio.labsolver.org> adresinde erişim için halka açıktır. Bir multishell diffüzyon şeması kullanılmıştır ve b-değerleri 990, 1985 and 2980 s/mm² olarak hesaplanmıştır. Diffüzyon örnekleme yönleri 90, 90, ve 90'dı. Düzlem içi rezolüsyonu 1.25 mm ve kesit kalınlığı 1.25 mm olarak hesaplandı. Diffüzyon dataları Montreal Nöroloji Enstitüsünde q-space

diffeomorfik rekonstrüksiyon kullanılarak rekonstrükte edildi (30). Diffüzyon örnekleme orantı uzunluğu 2.5 olarak kabul edildi ve çıkış rezolüsyonu 2mm bulundu. Kısıtlanmış diffüzyon alanları; kısıtlanmış diffüzyon görüntüleme kullanılarak ölçüldü (31). Deterministik fiber takip algoritması kullanıldı (32). Fiber yol takibi bir ilgi noktası seçilerek başlatıldı. Fiber ilerlemesi anizotropi eşiği 0.156 ve açısal eşik 45 60 arası olarak devam edilid. Bu değerler fiberin cimsine ve büyüklüğüne göre raslantısal olarak 0.5 vokselden 1.5 voksele olan aralıktan seçildi. 30 mm'den kısa 300mm'den uzun ak madde yolları elendi. Bulgular konvansiyonel MRG görüntüleri ve fiber disseksiyon görüntüleri ile doğrulandı.

Hemisferlerde disseksiyonlar lateralden mediale, medialden laterale, süperiordan inferiora ve inferiordan süperiora doğru yapıldı. Serebral korteks aspiratör ve dissektör yardımıyla dekortike edildi. Spesimenlerin yüzlerinde; kısa asosiyasyon lifleri olan U lifler kaldırılarak, hedeflenen uzun asosiyasyon liflerine ulaşıldı. Lif disseksiyonlarının her aşaması Canon EOS 6D fotoğraf makinası 18-55 ve 100'lük mercekler ile 3 boyutlu çekim tekniği kullanılarak fotoğraflandı.

4. BULGULAR

4.1 Medialden Laterale Diseksiyon

Kortikal gri madde aspiratör ve spatula yardımıyla kaldırılmasından sonra diseksiyon girus yüzeyinden başlayarak sulkus derinliğine doğru subgiral alana ilerlendi. Gri maddenin dekortikasyonu ile beyaz cevherin dış yüzeyinde ince gri tabaka olan subkortikal alan görüldü. Burda, iki tip ak madde lifi belirlendi; komşu girusları bağlayan kısa assosiyasyon lifleri olarak adlandırılan lifler (*intergiral, arkuat veya U lifleri*) ve uzun assosiyasyon, projeksiyon veya kommissural fasiküllere yönelen vertikal lifler (*inkorporasyon lifleri*). U fiberler girusların inferiorunda daha yüzeysel yer alırken, uzun olan projeksiyon lifleri u liflerin inferiorunda daha derinde yerleşmektedir.

Dekortikasyon öncesi hemisfere medialden bakıldığında ilk görülen ve en büyük kommissüral ak madde topluluğu olan korpus kallozum göze çarpar. Korpus kallozum ventriküllerin süperiorunda singulat girusun altında görülür. Medialden bakıldığında korpus kallozumun en anteriorunda genu bulunur. Genunun postero-inferiorunu rostrum, genun posteriorunu kallozal gövde oluşturur. Kallozal gövdenin posteriorunda isthmus, isthmusun posteriorunu da splenium oluşturur. Korpus kallozumun inferiorunda medialden görülen ve korpus kallozum boyunca devam eden gri madde indisum girseumdur. Medialden bakıldığında frontal lobun oluşturduğu paracentral lobulü ve posteriorunda preküneusu görülür. Parasentral

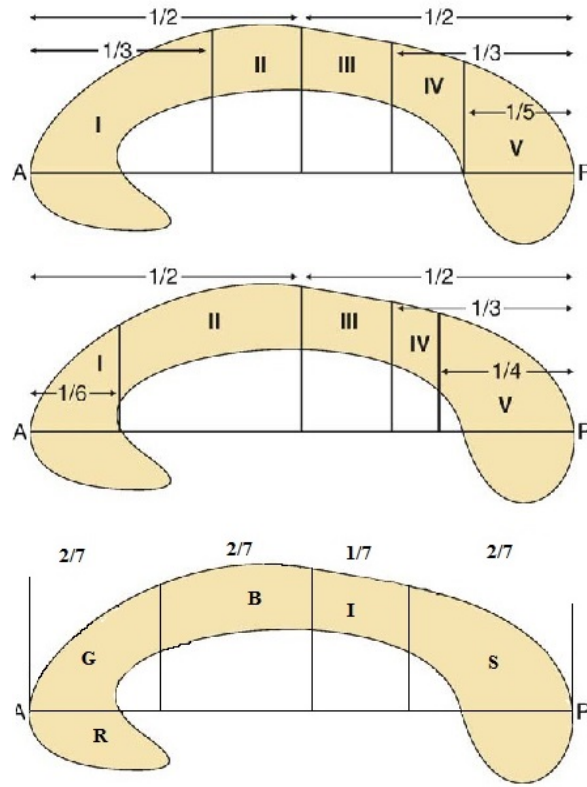
lobül presentral ve postsentral girusun medialde u şeklinde birleşip oluşturduğu lobüldür. Parasentral lobul santral sulkus ile ikiye bölünür. Santral sulkus bazen medialden görülebilir. Posteriorde parietal lobu ve oksipital lobu ikiye ayıran kalkarine fissür görülür. Kalkarin fissürün posteriorunda oksipital lob görülür. Disseksiyon sırasında singulat girusun dekontikasyonu yapıldıktan sonra U lifleri görüldü. U lifleri dissektör ve penset yardımıyla kaldırıldıktan sonra iki ak madde ile karşılaşıldı.

Süperiorda preküneustan başlayıp süperior frontal girusa uzanan lateralden mediale daha sonra süperior frontal girus seviyesinde tekrar laterale dönen SLF1 ilk projeksiyon yoludur. SLF 1'in motor aktivitenin başlangıcında ve gövde ağırlıklı aktivitelerin kontrolünde rol oynadığı düşünülmektedir. SLF 1'in hemen inferiorunda SLF 1 ile yakından ilişkili olan singulum bulunan ikinci ak madde yolu olup singulum beyinde bulunan en uzun projeksiyon yoludur (33). Singulumu izole bırakmak için SLF 1 kaldırıldı. SLF 1'in kaldırılmasından sonra Singulumun anteriorde korpus kallozumun rostrumun inferiorunda bulunan subkallosal girustan başlayarak tüm korpus kallozum etrafından dolandığı ve singulumun anteriorde prefrontal alanları subkallozal lifler ile bağlandığı gösterildi. Posteriorde spleniumun posteriorundan infero-anterior seyrederek parahippocampal bölgeye gelip sonlandığı gösterildi. Singulum oluşturduğu bu devre (Şekil 5) limbik sistemin önemli bir parçası olup, Papez döngüsünde önemli bir yere sahiptir. Singulumun davranışsal düzenlemede, ağrı duysunun emosyonel olarak algılanmasında ve mesan kontrolünün düzenlenmesinde rol aldığı bilinmektedir.

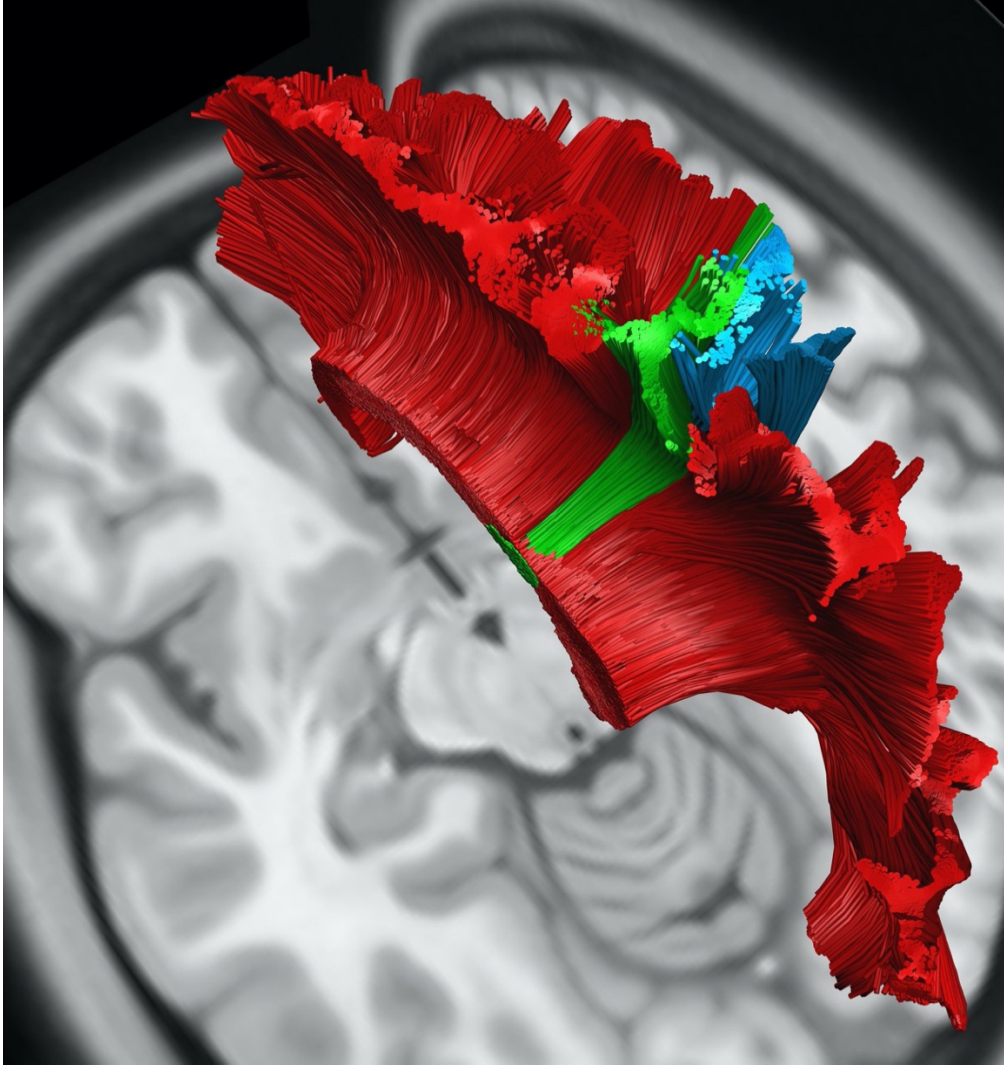
Singulum medial serebral korteks içerisinde subkallosal korteksi ve parahippokampal girusun ön kısmını bağlar (34,35).

Medial yüzeyden bakıldığı zaman direkt olarak görülebilen bir diğer yol fornikstir. Forniks; singulum gibi Papez döngüsünde yer almakta olup özellikle hafıza ile ilgili önemli role sahiptir

Prekuneus dekortikasyonu ve U fiberlerin kaldırılmasından sonra dorsal kallozal fiberler gösterildi. Daha önce bahsettiğimiz gibi kallozal fiberleri koronal segmentte 3'e ayırdık ve korpus kallozumun dorsumundaki her iki korteksi birbirine bağlayan fiberlere dorsal fiberler adını verdik. Bu fiberler kortikal alanların homolog bölgelerini birbirine bağlayıp korpus kallozumdan karşıya geçen liflerdir. Parasentral lobünden gelen dorsal kallozal lifler takip edilip karşı hemisfere korpus kallozumun isthmusundan geçtiği görüldü. Bu noktada şimdiye kadar yapılan topografik çalışmaların önerdiği; motor ve premotor alanları bağlayan liflerin gövdeden geçişi gözlenemedi. Yapılan tüm disseksiyonlardan motor ve premotor korteksi bağlayan liflerin isthmustan geçtiği teyit edildi ve mr traktografilerle bu geçişler doğrulandı. Disseksiyonlarımızdan çıkan bu bilgiler doğrultusunda isthmusun Witelsonun yaptığı korpus kallozum segmentasyonuna göre daha anteriora uzandığı buna oranla korpus kallozumun gövde kısmının daha kısa olduğunu söyleyebiliriz. Disseksiyon bulgularımıza göre isthmus ve spleniumdan oluşan posterior kallozal segment tüm korpus kallozumun 3/7'sidir ve bunun 2/7'sini splenium, 1/7'sini ise isthmus oluşturmaktadır.



Şekil 3: Korpus Kallozumun segmentasyonları. Yukarıdan aşağıya sıralı olarak; Witelson 1989, Hofer 2003 ve tarafımızca sunulan yeni segmentasyon.



Şekil 4 : Medial disseksiyonun medial oblik traktografi karşılığı. Kortikospinal trakt ve isthmusun dorsal liflerinin ilişkisi.

Disseksiyona oksipital lobun dekortikasyonu ile devam edildi. Ortaya çıkan U fiberler kaldırıldı. Lingual girustan prekuneusa uzanan yayvan ince tabaka halindeki ak madde yolu olan sledge runner ve lingual girustan hippokampusu uzanan Li-Am fasikül tespit edildi. Bu fasikülün süperiorunda sledge runner süpero-anteriorunda hippokampusu seyreden singulum disseke edilerek gösterildi. Sledge runner ve li-am fasikül (Şekil 6) yeni tanımlanmış ak madde yolları olup fonksiyonları hakkında bir bilgi henüz yoktur (36).

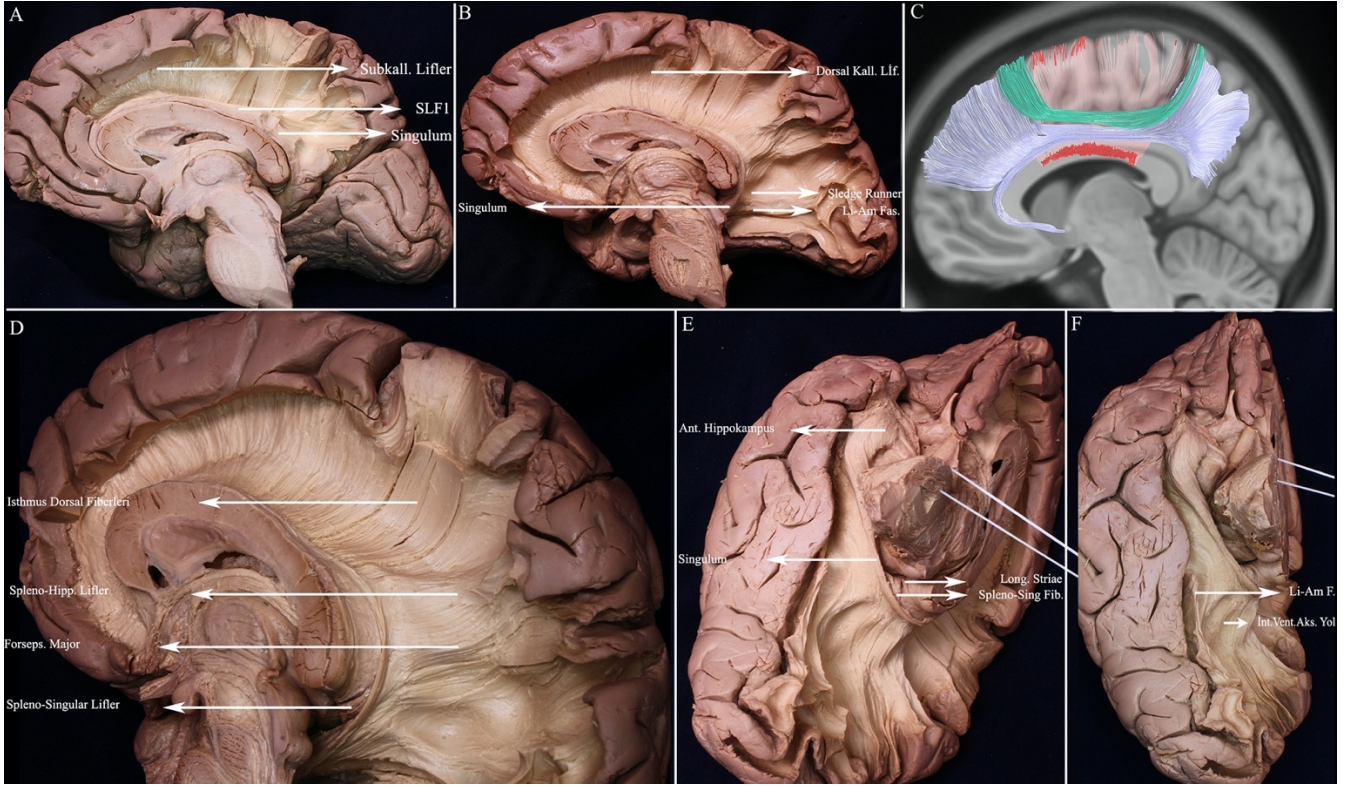
Oksipital lobda disseksiyona devam edildi. Sledge runner kaldırıldı ve lateral ventrikülün oksipital hornu tespit edildi. Lateral ventrikül duvarını yapan 3 adet üst üste duran ak madde yapısı vardır. Bunlar forceps majör, kalkar avis ve intraventriküler aksesuar yoldur. Ventrikül atriumunun inferiorunda intraventriküler aksesuar trakt gösterildi. Bunun süperiorunda kalkarin fissürün indentasyonu olan kalkar avis bulundu (37). Bu yapıların en üstünde bulunan ve ventrikülün medial duvarının büyük kısmını oluşturan forceps majör gösterildi. Forceps majör oksipital korteks liflerinin oluşturduğu ve bu liflerin postero-dorsal spleiumdan geçerek karşı oksipital kortekse bağlantısını sağlayan lif demetidir.

Atrium duvarının üzerindeki ependim kaldırıldı. İntraventriküler aksesuar trakt ve forceps major ayrı şekilde gösterildi. Intraventriküler aksesuar trakt infero-medial oksipital korteksten başlayan lateral ventrikülün medial duvarının inferiorunda seyreden ve burdan spleniumun lateralinden ventral spleniuma

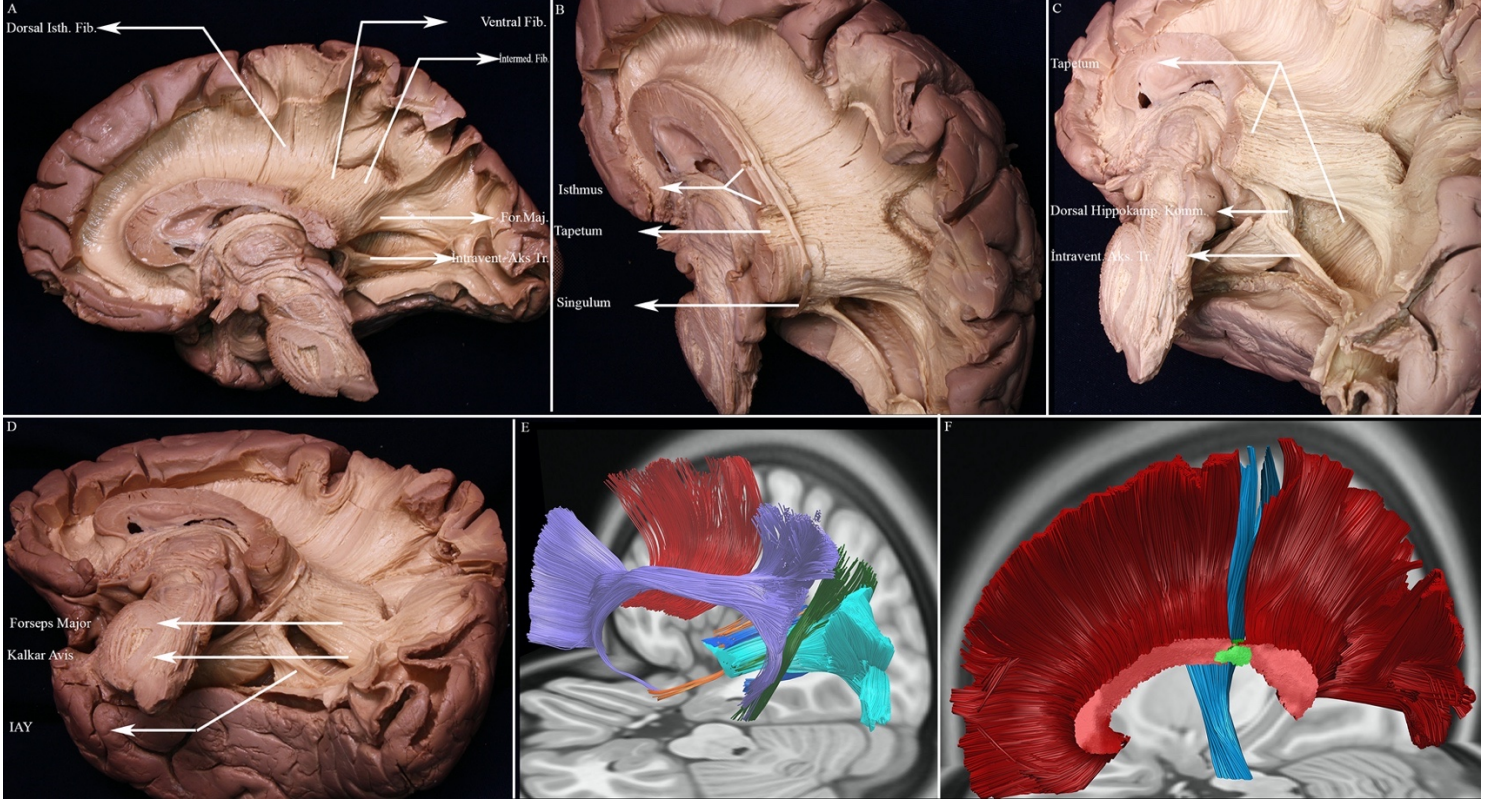
bağlanan ince bir ak madde yoludur. Yeni tanımlanan bir yol olduğu için fonksiyonu henüz tam olarak bilinmemektedir.

Intraventriküler aksesuar yolun (IAY) üzerinde devam ettiği yapı posterior hippokampüstür. Posterior hippokampal gri maddenin kaldırılmasından sonra posterior hippokampal kommissür lifleri ortaya koyuldu. Bu lifler IAY'un inferiorunda ve daha lateralinde seyredip forceps majörün inferiorundan forceps majör ile birleşir (Şekil 7).

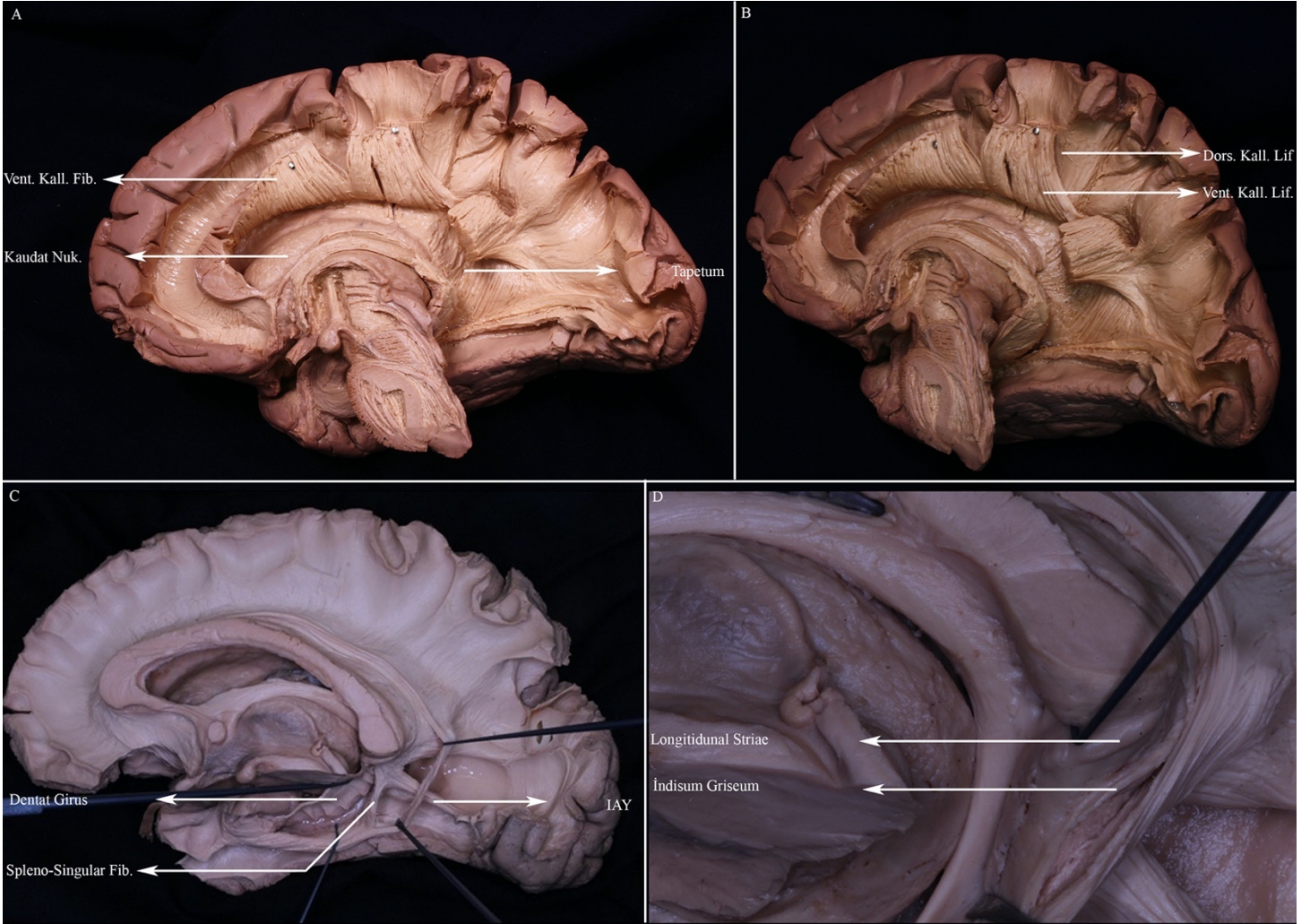
Anteriorda singulumun suprakallozal segmenti kaldırıldı. Suprakallozal seyreden ve bütün korpus kallozumu saran ince gri madde katmanı indusium griseumun anteriorda rostrum komşulugunda; paraterminal gyrusu Broca'nın diagonal bandıyla birleşerek oluşturduğu ve posteriorda spleniumun inferiorunda fasciolar girus olarak devam ettiği gösterildi. Indusium griseumun tam fonksiyonu hakkında bilgi olmasa da bu yapının hippokampusun devamı olduğu ve limbik sistemin bir parçası olduğu yönünde çalışmalar vardır (Şekil 7, Şekil 8).



Şekil 5: Medialden laterale disseksiyonlar ve ilişkili traktografi



Şekil 6: Medialden laterale disseksiyonların medial oblik ve inferomedialden görünümüleri ve korele MRG traktografiler.



Şekil 7: Medialden laterale disseksiyonların son aşaması ve medial oblik son görünüşleri.

4.2 Süperiordan İnferiora Diseksiyon

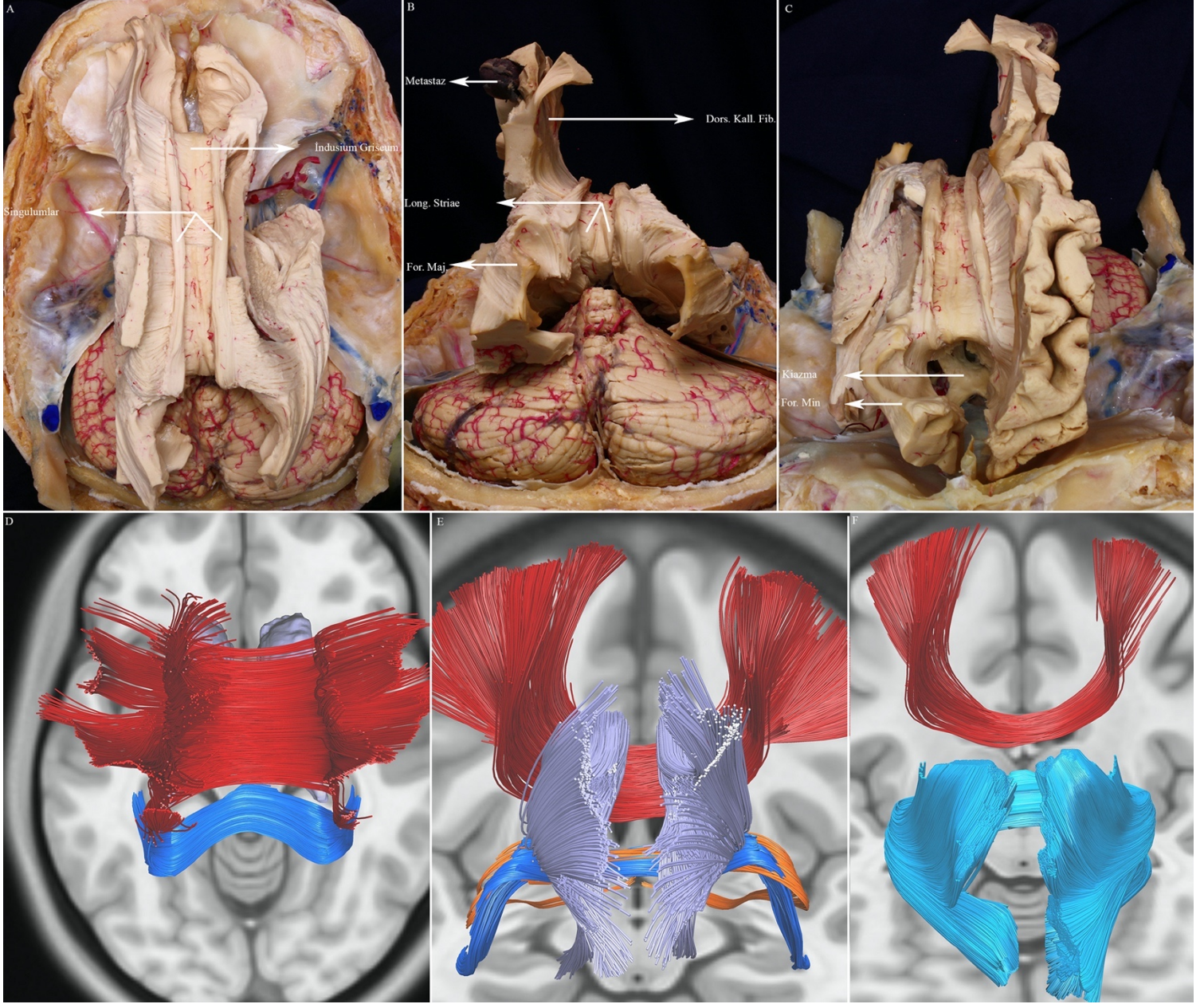
Disseksiyona bilateral süperior frontal girus ve süperior parietal lobun medial dekortikasyonu ile başlandı ve U lifler ortaya çıkarıldı. İnterhemisferik fissürde korpus kallozum ve suprkallozal devam eden perikallozal arterler görüldü. Penset ve dissektör yardımıyla U lifler kaldırıldı. U liflerin kaldırılmasından sonra süperiorda kaşılaşılan ilk yapı SLF 1'dir. SLF 1'ler bilateral kaldırıldı. SLF 1'lerin inferiorunda bilateral singulumlar ortaya çıkarıldı. Singulumların subkallozal preofrontal korteksten aldığı lifler ortaya koyuldu. Daha sonra bu lifler medialden kaldırılarak korpus kallozumun dorsal lifleri bilateral ortaya koyuldu.

Bu aşamadan sonra sol heisferik yapılar korunarak sağ – sol kademeli disseksiyon yapılmaya başlandı. Sağ hemisferin dorsal lifleri kaldırıldı ve internal kapsüle giren kallozal intermediate lifler ortaya çıkarıldı. Sol hemisferde preküneusun U lifleri kaldırıldı ve singulumun; spleniumun üzerini saran parçası eksize edildi. Posteriora spleniumun antero-dorsalinden çıkan spleno-hippotalamik fiberler ve bu liflere postero-inferiordan giren spleno-singular lifler ortaya konuldu. Postero-inferiordan gelen bu lifler takip edildi ve bu liflerin sledge runner ve singulum lifler verdiği gösterildi.

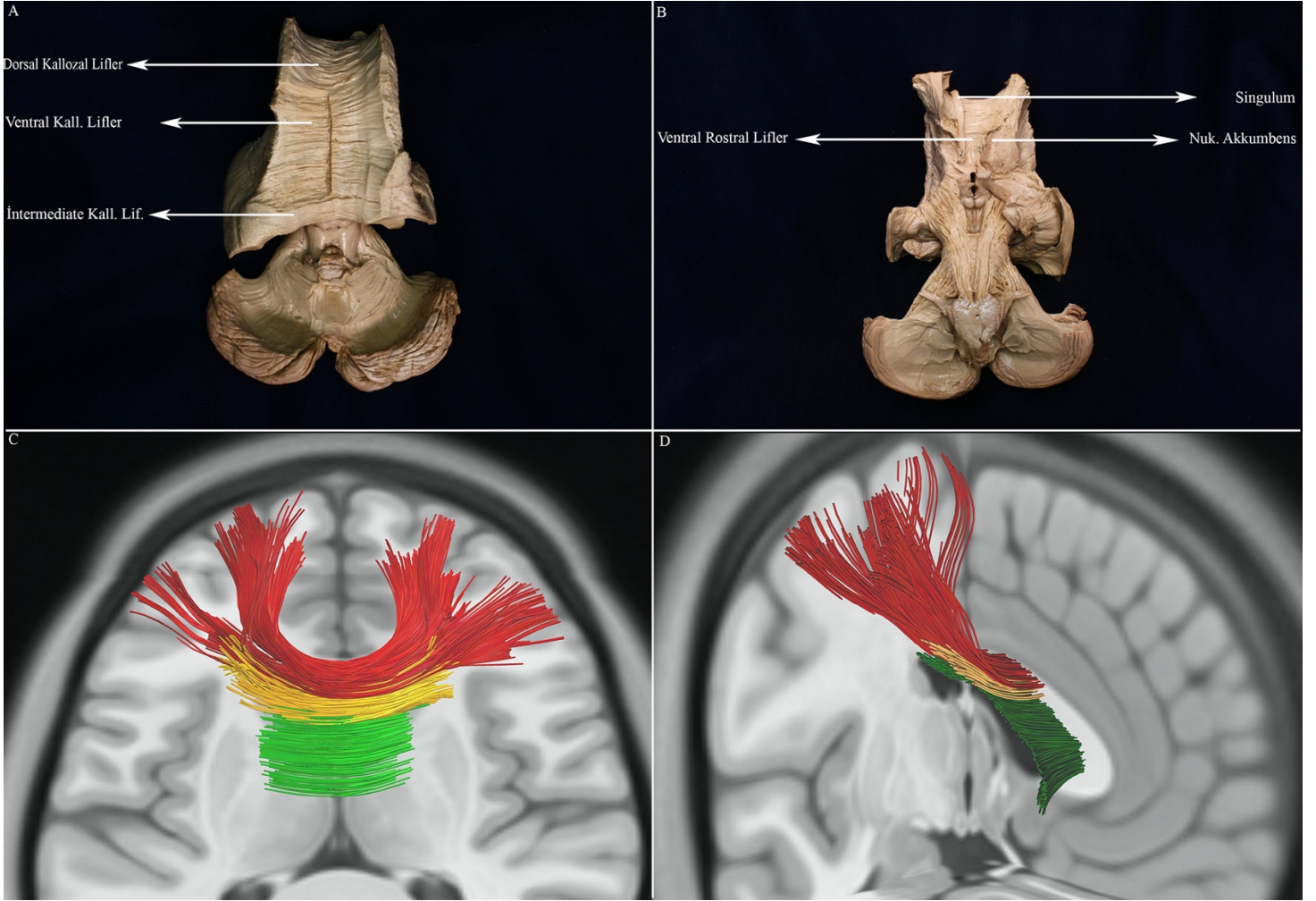
Santral sulkus sol hemisferde tanımlanarak; sol hemisferik motor ve premotor alandan inferiora inen lifler (kortiko-spinal trakt) lifleri gösterildi. Bu lifler ile karşı motor alanı bağlayan dorsal kallozal lifler takip edilere korpus kallozumun isthmusundan geçtikleri gösterildi. Sağ hemisferde; splenium bölümündeki posterior intermediate fiberlar kaldırıldı ve spleniumdan çıkan ventral lifler yani Tapetal lifler ortaya konuldu. Anteriorda ise her iki kaudat nükleusu bağlayan ventral lifler (Şekil 9) ortaya koyuldu (38). Bu liflerin infero-lateralinde ventrikülün lateralinde yerleşen kaduat nükleusu ortaya koymak için; lateral ventrikülün supero-lateral duvarı eksize edildi. Süperiordan kaudat nukleusun baş, gövde ve kuyruk kısımları ortaya koyuldu. Tapetumun da ventral kallozal lif demeti olduğu gösterildi ve tapetumun; kaudat nükleusun kuyruk ve gövdesinin bir kısmını karşı kaudat nükleusa bağladığı gösterildi.

Posteriorda oksipital lob ve posterior parietal lobun dekortikasyonu yapıldı. U lifler kaldırıldı. Bu aşamada her iki forceps major ortaya konuldu. Forceps majorlerin lateralinde inferior fronto-oksipital fasikül ve inferior longitudinal fasikülün oluşturduğu sagittal striatum ortaya koyuldu. Sol hemisferik korpus kallozumun gövde kısmında dorsal ve intermediate lifler kaldırıldı karşı ventral liflerle devamlılığı gösterildi. Sol hemisferik genunun süperiorundaki dorsal lifler kaldırılarak intermediate fiberler ortaya koyuldu. Böylelikle sol korpus kallozumun 3 tabaka lifleri aynı diseksiyonda ortaya çıkarılmış oldu. Hemisferlerin frontal lobları dekortike edildikten sonra U fiberler kaldırıldı. Burda her iki prefrontal

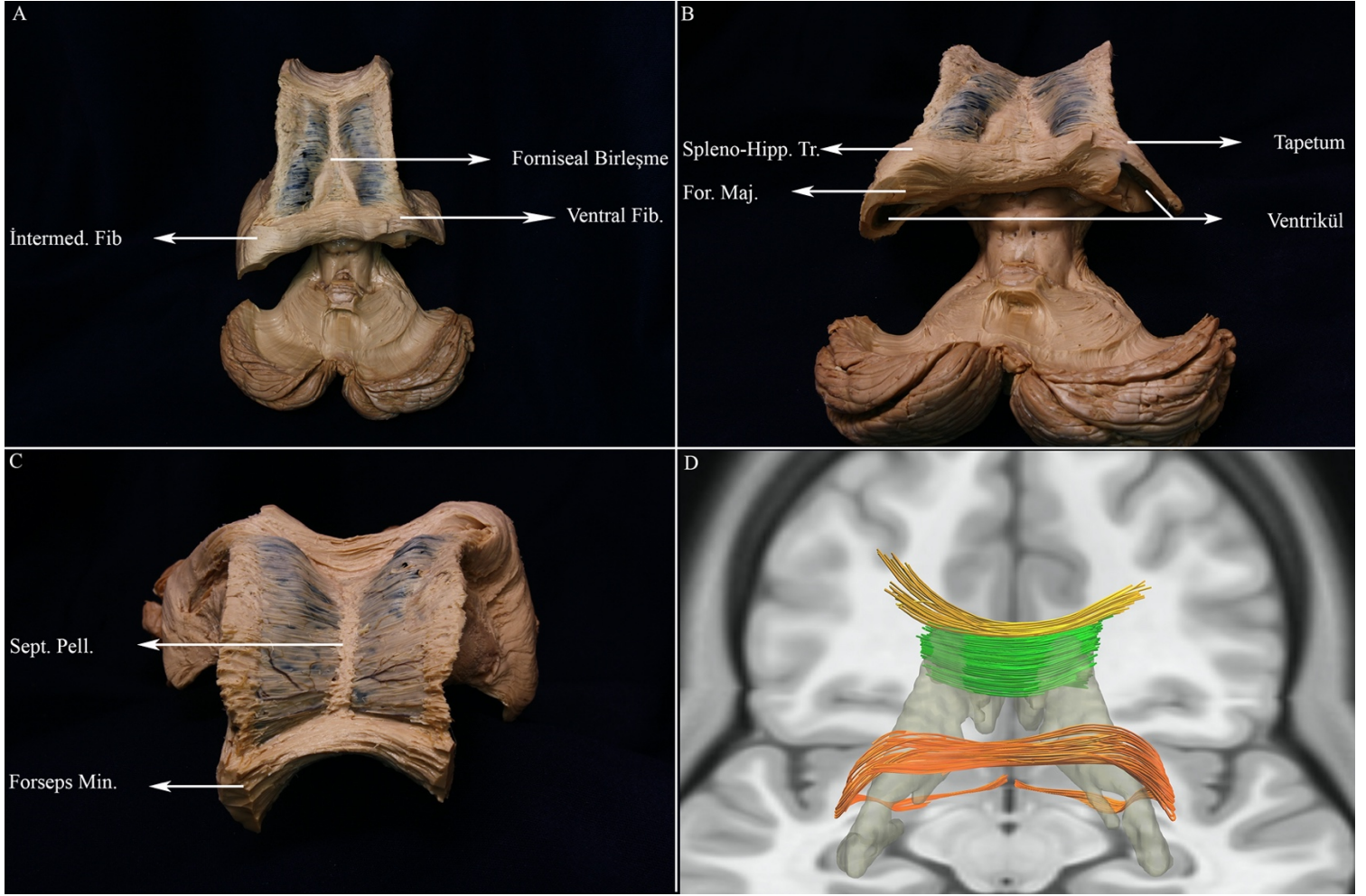
korteksi bağlayan liflerin oluşturduğu forceps minör ortaya koyuldu ve forcepsi minörü oluşturan bu liflerin genudan karşı prefrontal kortekse geçerek bağlantı sağladığı gösterildi (Şekil 11, Şekil 12, Şekil 13). Spleniumun anterior parçasındaki dorsal, intermediate ve ventral lifler kaldırıldı. Bu liflerin inferiorundaki forniseal kommissür ortaya koyuldu. Forniseal kommissürün anteriorunda yer alan her iki fornixin birleşim noktası gösterildi. Forniseal kommissürün posteriorunda kalan ventral lifler muhafaza edildi ve ortaya koyuldu. Bu liflerin her iki kaudat nükleusun kuyruk bölümüyle yaptığı bağlantı gösterildi.



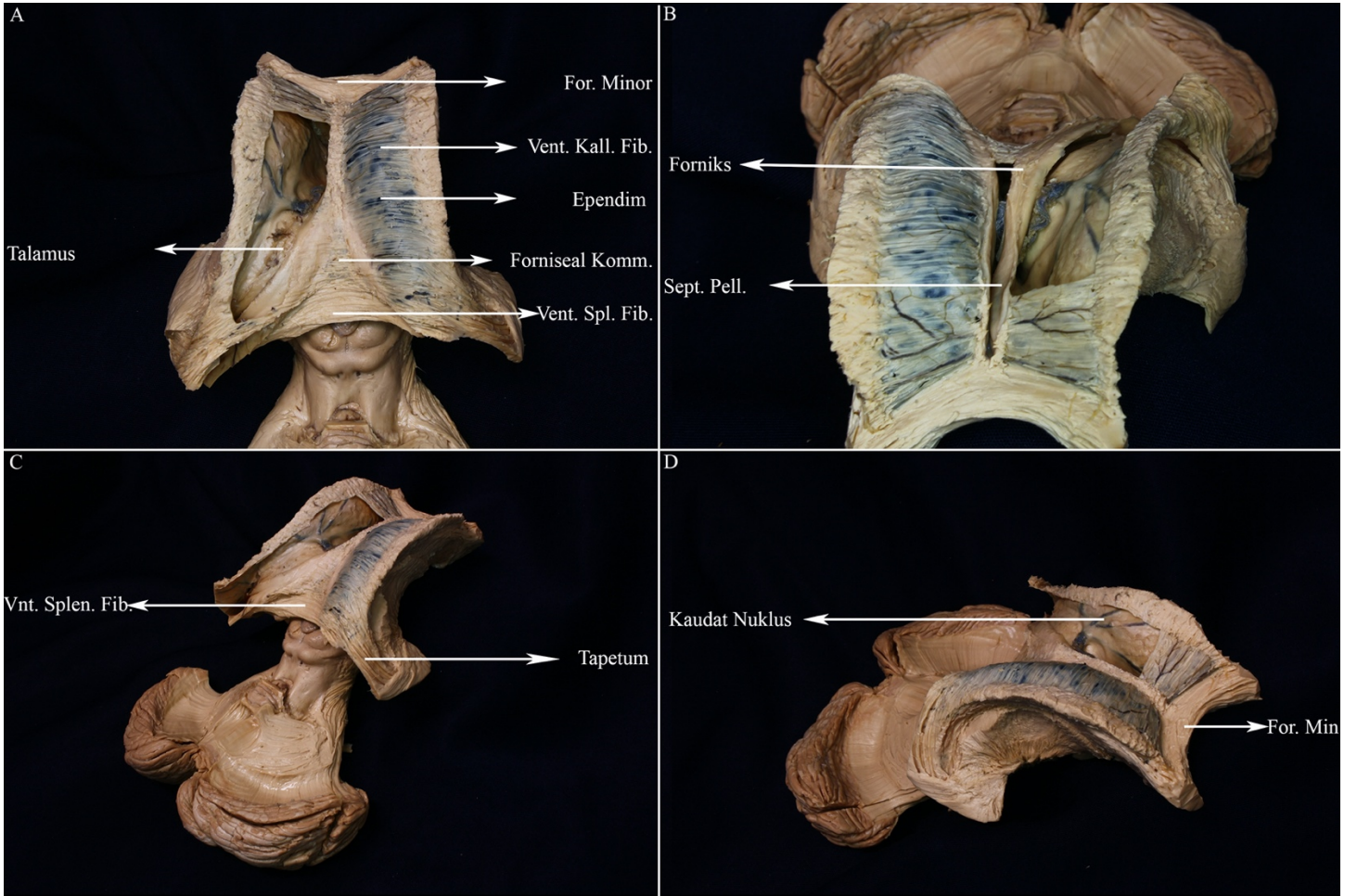
Şekil 8: Süperiordan inferiora kadavra kafasında disseksiyonlar ve karşılık gelen traktografi görüntüleri.



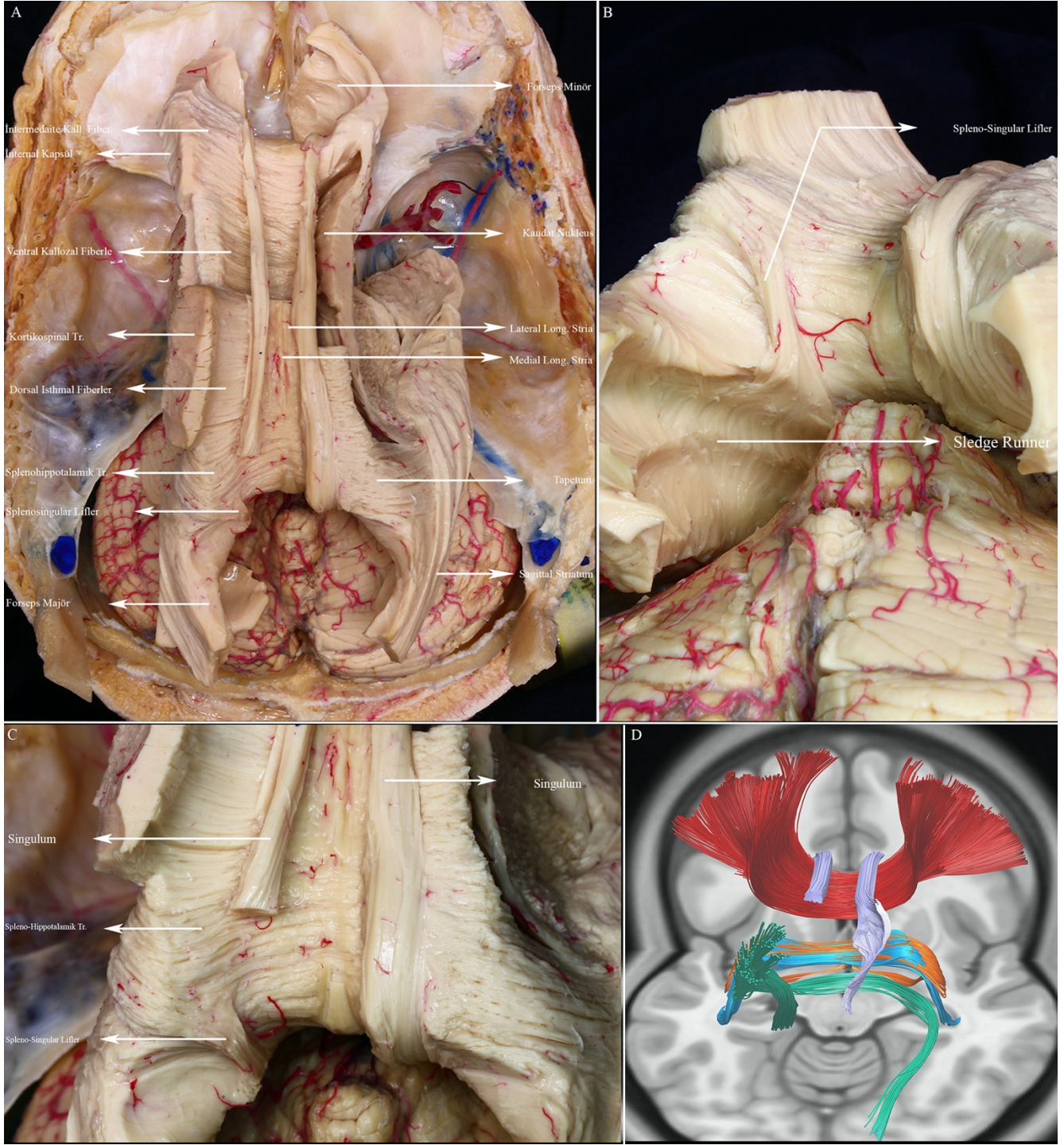
Şekil 9: Süperiordan inferiora ve inferiordan süperiora disseksiyon. Kallozal liflerin 3 farklı segmentte gösterilmesi ve traktografisi



Şekil 10: Süperiordan inferiora disseksiyonlar süperior inferior ve anterior görünüşleri ile ilişkili traktografiler



Şekil 11: Süperiordan inferiora disseksiyonların anterior, posterior, süperior ve oblik görünüşleri



Şekil 12: Süperiordan inferiora kadavra kafasında disseksiyonlar ve ilişkili MRG traktografi görüntüleri.

4.3 Lateralinden Mediale ve İnferiordan Süperiora Diseksiyon

Lateralinden diseksiyona frontal temporal parietal ve oksipital lobların dekortikasyonu ile başlandı. Bütün lateral yüzeyde U fiberler ortaya çıkarıldı. Daha sonra U fiberler penset ve dissektör yardımıyla kaldırıldı. İlk olarak angüler girusun pars triangülarisinden inferior ve orta frontal lobun ortasına seyreden ve burda sonlanan SLF 2 tanımlandı. SLF 2'nin süperiorunda, supramarjinal girustan başlayıp inferior frontal girusun anteriorda sonlanan SLF 3 gösterildi. Bu iki ak madde yolunun inferiorunda yer alan, temporal girusun tümünü ve inferior frontal girusun orta bölümünü (operkulum) bağlayan, insulanın çevresini saran arkuat fasikül gösterildi. Arkuat fasikülün inferiorunda insular lob intakt bir şekilde bırakıldı. Bu yapıların hemen posteriorunda vertikal olarak seyreden inferior oksipital lobdan başlayıp angüler girusta sonlanan vertikal oksipital fasikül gösterildi.

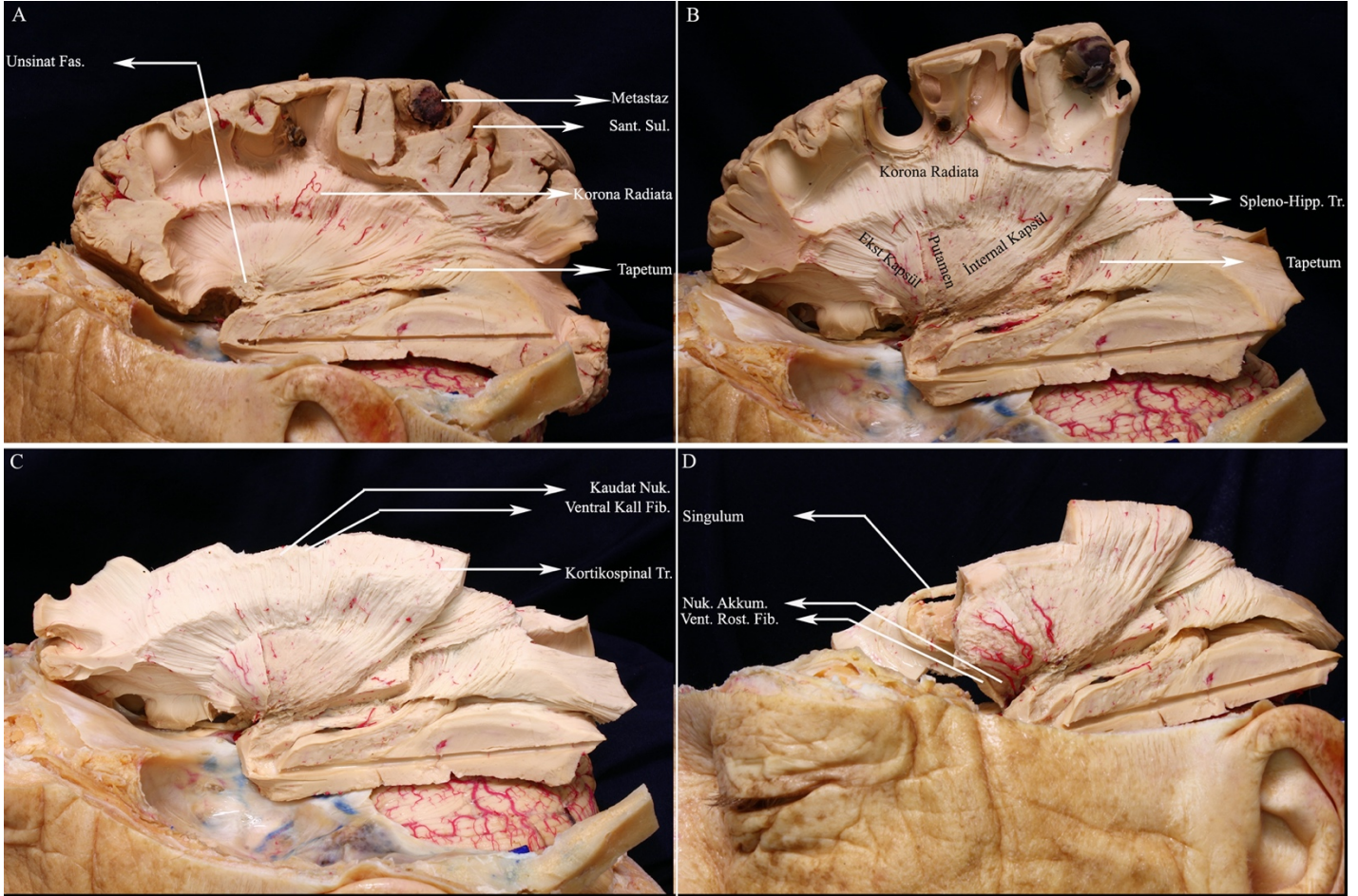
Arkuat fasikülün anterior ve posterior temporal bölümleri penset yardımıyla kademeli bir şekilde kaldırıldı. Bu bölgede superior oksipital lob ve angular girustan başlayıp temporal pole doğru giden orta longitudinal fasikül (MDLF) bulundu. Arkuat fasikülü temporal bacağının posteriorunda; temproal poleden dorso-lateral oksipital kortekse giden inferior longitudinal fasikül gösterildi (ILF). Insular korteks dekortike edildi ve ekstreme kapsül ortaya çıkarıldı.

Ekstremler kapsül insulanın üzerini kaplayan laterlinde eksternal kapsülün bulunduğu ak madde tabakasıdır. Ekstremler kapsül ve MDLF lifleri kaldırıldı bu yapıların kaldırılmasıyla; posteriordan anteriora lateralden gelen inferior oksipital fasikül (IFOF), uncinat girusun inferior frontal girusa giden uncinat fasikül gösterildi. Ekstremler kapsülün kaldırılmasıyla medialde kalan klastum ve eksternal kapsül ortaya koyuldu. ILF ve IFOF liflerinin birleşerek optik radyasyonun lateralinde sagittal striatumu oluşturduğu gösterildi. Eksternal kapsülün posterior 1/3ü kaldırılarak kademeli olarak eksternal kapsül ve medialinde bulunan putamen beraber gösterildi. Bu aşamadan sonra eksternal kapsülün orta 1/3'ü kaldırılıp putamenin de posterior 1/3'ü kaldırıldı. Aynı planda anteriordan posteriordan eksternal kapsül, putamen, internal kapsül ve klastum gösterildi.

İnsulanın süperiorunda yer alan arkuat fasikülün anterior kısmı, SLF2 ve SLF3 kaldırılarak korona radiata tamamen ortaya çıkarıldı. Klastum ve putamen kaldırıldı ve internal kapsül besleyici arterleriyle ortaya koyuldu. Bu işlem sırasında internal kapsülün tüm besleyici arterleri korundu ve korona radiatanın internal kapsül olarak inferiora devam ettiği gösterildi. İnternal kapsül ve korona radiatanın birleşme noktasında korpus kallozumdan gelen intermediate fiberlerin medialden inferiora seyretilip internal kapsüle girişleri tanımlandı.

Posteriordan splenium seviyesinde Spleno-Hippotalamik fiberler ortaya çıkarıldı bu fiberlerin internal kapsüle girişleri gösterildi. Bu liflerin medialinden vertikal olarak her iki ventrikülün lateral yüzeylerini örten ventral splenium lifleri olan tapetum medialden gösterildi.

İnternal kapsülün anterioru kaldırıldı ve medialinde kalan kaudat nukleus ortaya koyuldu. Kaudat nükleusun superiorunda her iki kaudat nukleusu bağlayan ventral kallozal fiberler medialden gösterildi. Kaudat nukleusun antero-inferiorunda yerleşen nükleus akkumbens bulundu ve her iki nükleus akkumbensi bağlayan ventral rostrum lifleri ortaya koyuldu (Şekil 14).



Şekil 13: Lateralden mediale kadavra kafasında disseksiyon aşamaları

5. SONUÇ

Mikrocerrahi nöroanatomî çalışmaları; ak madde yollarının öneminin anlanması için çok değerli bir tekniktir. Çalışmamızda yeni göstermiş olduğumuz 2 adet lif grubundan biri olan spleniumdan çıkıp hipotalamusa giden Spleno-Hipotalamik lifler ve diğer grup olan sledge-runner, splenium ve singulum birleşkesini sağlayan Spleno-Singular lifler gösterildi.

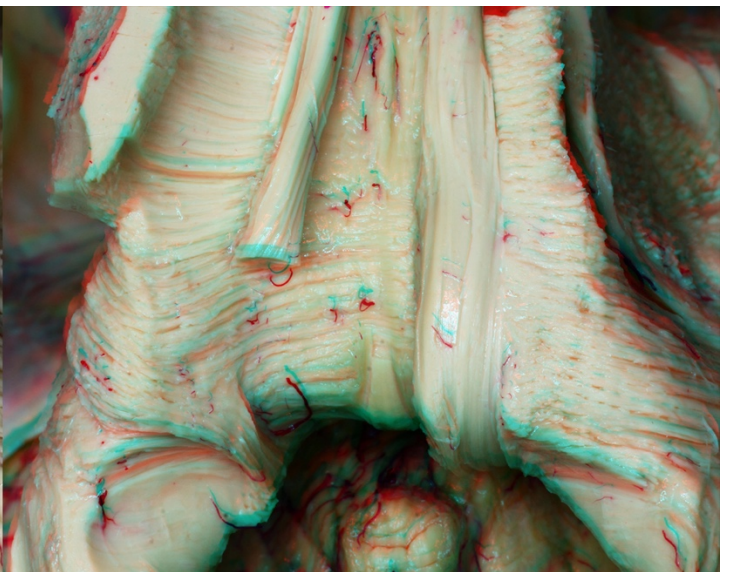
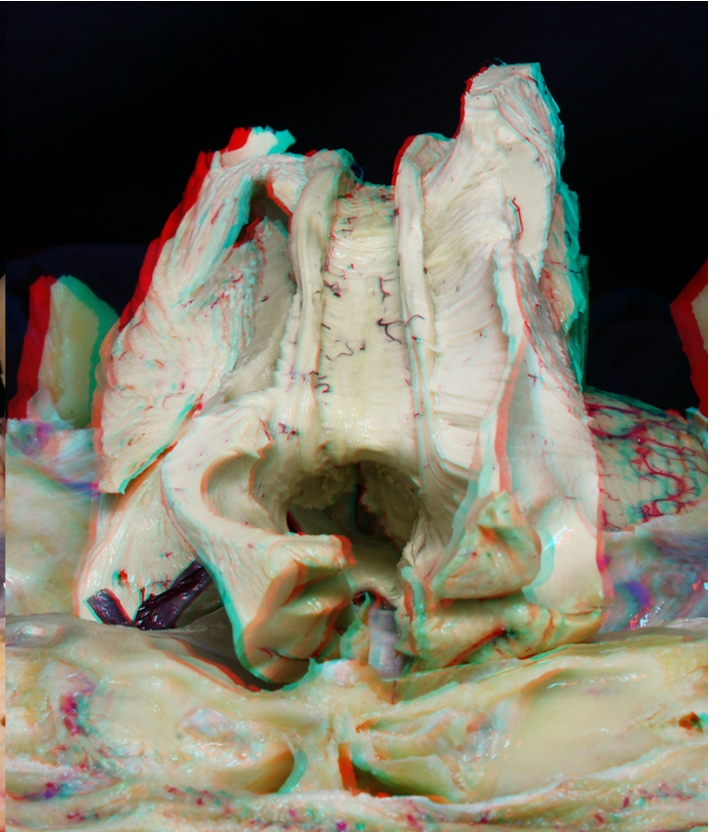
Aynı zamanda korpus kallozumun segmentasyonu ak madde disseksiyonu ve bu disseksiyonları destekleyen MRG traktografilerle revize edilip yeni bir kallozal topografi sunuldu. Buna ek olarak isthmusun dorsal kallozal liflerinin her iki motor alanı birbirine bağladığı gösterildi.

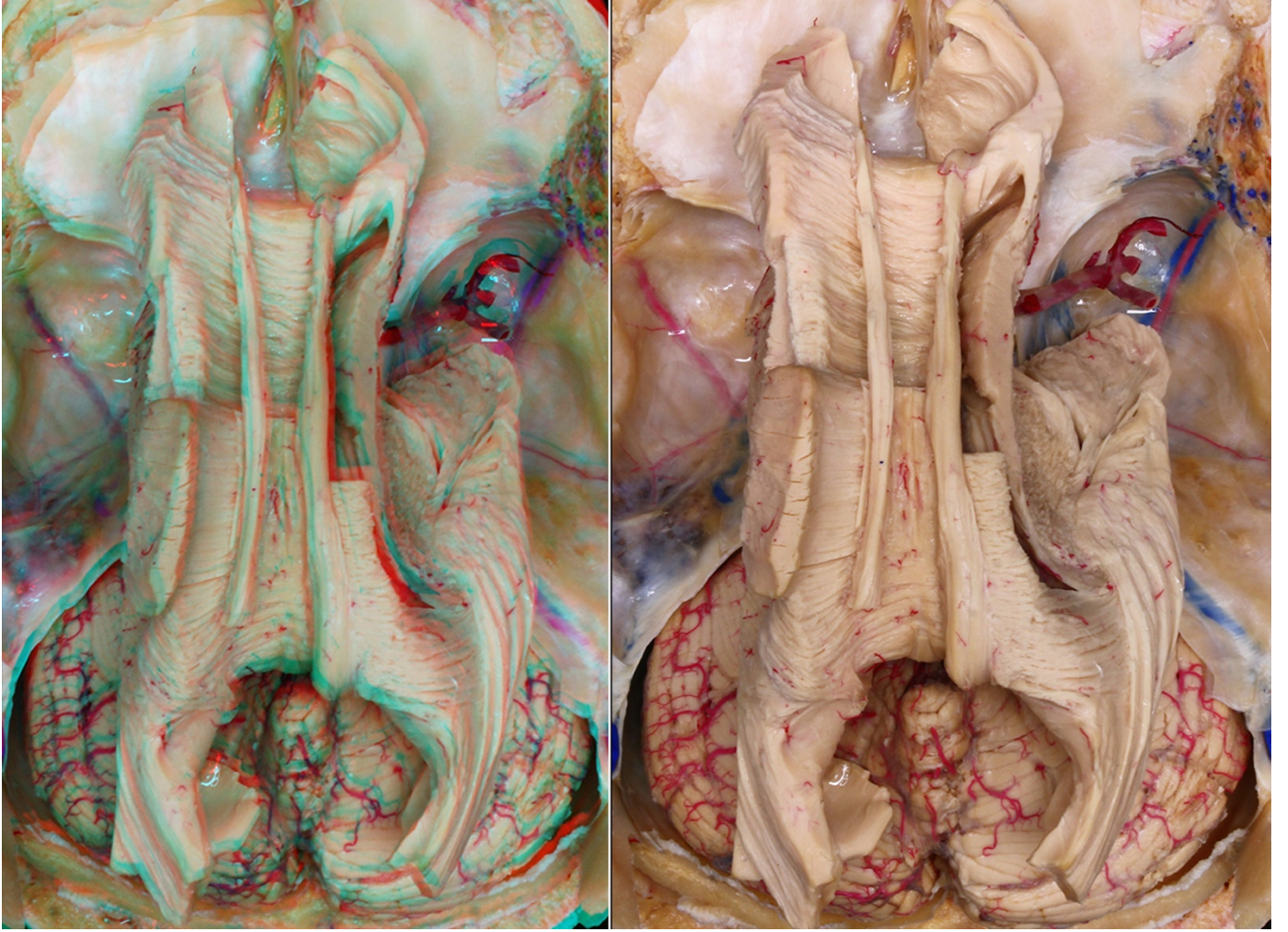
Kallozal liflerin 3 farklı grup bölünerek halinde beyinde farklı bölgelerle yaptığı bağlantılar gösterildi. Dorsal kallozal grubun homolog kortikal bölgeleri bağladığı, intermediate grubun internal kapsüle katıldığı ventral grubun rostrumda ventral striatum diğer segmentlerde kaudat nükleusu bağladığı ortaya koyuldu.

Kallozotomi günümüzde epilepsi cerrahisinde kontrol altına alınamayan epilepsi grubunda palyatif olarak tercih edilen bir cerrahi girişimdir. Kallozotomi; bulgularımıza ve literatürdeki yeni çalışmalara göre selektif posterior kallozotomi olarak düşme ataklarıyla seyreden epilepsi grubunda ilk seçim olarak uygulanabilir. Daha kolay bir yöntem olup maliyet ve düşme ataklarının kontrolü açısından daha

başarılı bir cerrahi girişim olması beklenmektedir. Bu konuda daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç vardır.

Günümüzde bildiğimiz üzere astrositomlar ak madde yollarını kullanarak beyin içinde yayılan tümörlerdir. Özellikle korpus kallozum ilişkili astrositomlar karşı hemifer invazyonunda kallozal lifleri kullanmaktadır. Yapılan çalışmalarda bu tip astrositomların daha kötü seyirli olduğu gösterilmiştir. Çalışmamızda kallozal bağlantılar gösterilmiş olup beyin cerrahlarına bu tip astrositomlarda kallozal liflerin dekonnekte edilip ileri invazyonun önlenebileceği aynı zamanda post operatif dönemde epileptik nöbeti oranını azaltabileceği önerilebilir.





Şekil 14: Stereoskopik disseksiyon örnekleri

6. ÖZET

KORPUS KALLOZUMUN AK MADDE YOLLARININ ANATOMİSİ

Hedefler: Korpus kallozum beyinde bulunan en büyük kommissüral lif topluluğudur. Korpus kallozum her iki hemisferin homolog alanlarını birbirine bağlar ve beyin cerrahları tarafından bu yapının bilinmesi ve bağlantılarının anlaşılması çok önemlidir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışma, Temmuz 2019 ve Ekim 2019 tarihleri arasında Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi A.D. Mikrocerrahi – Nöroanatomî Laboratuvarı'nda ve Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hızır Alp Mikroşirurji Anatomi ve Ak Madde Laboratuvarı'nda yapıldı. 10 adet postmortem insan beyin spesimeni ve 4 adet postmortem insan kafa spesimeni, Klingler metodu uygulanarak hazırlandı. Hemisferlerde lateralden mediale, medialden lateral, süperiordan inferiora ve inferiordan süperiora doğru ak madde lif diseksiyonları, mikrocerrahi seti ile operasyon mikroskobu altında yapıldı ve her aşama stereoskopik olarak fotoğraflandı. MRG traktografi bulunan ak madde yollarının gösterilmesinde ve doğrulanmasında kullanıldı.

Sonuçlar: Korpus kallozum ve bağlantılı olduğu ak madde yolları disseksiyonlar ve bunlara karşılık gelen MRG traktografilerle korele bir şekilde incelendi. Kademeli olarak yapılan disseksiyonlar sonucu elde edilen bulgular; kallozal lifler koronal kesitte 3 katmana ayrıldı. Bunlar bağlantı sağladıkları bölgelere göre sınıflandı. Dorsal kallozal liflerin kortikal alanları bağladığı, intermediate kallozal liflerin her iki internal kapsüle girdiği ve ventral kallozal liflerin kaudat nukleusu bağladığı gösterildi. İki farklı ak madde yolu bulundu. İlk yolun; spleniumun antero-dorsalinden çıkıp hipotalamusa uzandığını, diğeri yolun spleniumdan köken alıp singuluma ve sledge runner'a lifler verdiğini ve bu yapıları bağladığını gösterildi. Aynı zamanda spleniumun infero-anteriorunda singuluma verdiği ikinci bir lif demeti gösterildi. Kallozal segmentasyon revize edildi. Motor alanları birbirine bağlayan liflerin daha posteriordan yani isthmustan geçtiği gösterildi.

Tartışma: Korpus kallozumun mikrocerrahi anatomisi ve ilişkili ak madde yolları beyin cerrahisi açısından büyük önem arz etmektedir. Bunun yanı sıra bu anatomik yapıyı bilmek yeni cerrahi tekniklerin gelişmesi, glial tümör invazyon yollarının açıklanması ve epileptik nöbet yayılım patternlerinin anlaşılmasında büyük öneme sahiptir.

7. ABSTRACT

WHITE MATTER TRACTS ANATOMY OF THE CORPUS CALLOSUM

Objectives: Corpus callosum is the biggest commissural fiber bundle and connects homolog areas between two hemispheres. It's crucial that neurosurgeons have to know corpus callosum anatomy and understand it's connections.

Material And Methods: Dissections were made at Acıbadem University Faculty of Medicine Neuroanatomy Laboratory and Gazi University Faculty Of Medicine Hızır Alp Microsurgery Laboratory between july 2019-october 2019. Ten adult human formalin-fixed cadaveric hemispheres and 4 formalin-fixed human head were examined using the fiber dissection technique. Dissections performed by surgical microscope and surgical micro-dissection tools were used. Every step of dissections were photographed stereoscopically. The dissections were performed from lateral to medial, medial to lateral, superior to inferior, and inferior to superior. MR tractography showing corpus callosum and connected tracts aided in explaining the relationship of white matter tracts and corpus callosum.

Results: Microsurgical anatomy of the corpus callosum and related white matter tracts were examined by dissections and MRI tractographies. Results of the step by step dissections were; callosal fibers in coronal plane divided into three different layers. From superior to inferior first layer was; dorsal callosal fibers which connect two homolog cortical areas, second layer was intermediate callosal fibers that merges into internal capsula and the last layer of the fibers was ventral callosal fibers which provide connection between two caudate nucleus. Two new white matter tracks were identified. First white matter bundle was originating from antero-dorsal splenium and has a course through hypothalamus. Second fiber tract was originating from posterior splenium and gave fibers to cingulum and sledge runner. Also another fiber bundle which originates from antero-inferior splenium and merging into cingulum was identified. Callosal segmentation was revisited according to our findings about the fact that; two motor cortical areas are connects through isthmus of the corpus callosum.

Conclusion: Microsurgical anatomy of the corpus callosum and related white matter tracts are important for the neurosurgery. Knowing this anatomical structure and understanding it's connections will lead new developments for surgical interventions. And also these connections have a crucial role to understand invasion patterns of the glial tumors and dissemination of the epileptical seizures.

8. KAYNAKLAR

1. Bloom JS, Hynd GW. The role of the corpus callosum in interhemispheric transfer of information: excitation or inhibition? *Neuropsychol Rev.* 2005 Jun;15(2):59–71.
2. Clarke JM, Zaidel E. Anatomical-behavioral relationships: Corpus callosum morphometry and hemispheric specialization. *Behav Brain Res.* 1994 Oct;64(1–2):185–202.
3. One hundred million years of interhemispheric communication: the history of the corpus callosum. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2019 Nov 16]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12700818>
4. Fabri M, Polonara G. Functional topography of human corpus callosum: an FMRI mapping study. *Neural Plast.* 2013;2013:251308.
5. Topography of the human corpus callosum revisited--comprehensive fiber tractography using diffusion tensor magnetic resonance imaging. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2019 Nov 13]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16854598>
6. Asadi-Pooya AA, Sharan A, Nei M, Sperling MR. Corpus callosotomy. *Epilepsy Behav.* 2008 Aug;13(2):271–8.
7. Cross JH, Auvin S, Falip M, Striano P, Arzimanoglou A. Expert Opinion on the Management of Lennox-Gastaut Syndrome: Treatment Algorithms and Practical Considerations. *Front Neurol.* 2017;8:505.
8. Schaller K, Cabrilo I. Corpus callosotomy. *Acta Neurochir (Wien).* 2016 Jan;158(1):155–60.
9. Mancuso L, Uddin LQ, Nani A, Costa T, Cauda F. Brain functional connectivity in individuals with callosotomy and agenesis of the corpus callosum: A systematic review. *Neurosci Biobehav Rev.* 2019 Oct;105:231–48.
10. Paglioli E, Martins WA, Azambuja N, Portuguese M, Frigeri TM, Pinos L, et al. Selective posterior callosotomy for drop attacks: A new approach sparing prefrontal connectivity. *Neurology.* 2016 Nov 8;87(19):1968–74.

11. Ho AL, Miller KJ, Cartmell S, Inoyama K, Fisher RS, Halpern CH. Stereotactic laser ablation of the splenium for intractable epilepsy. *Epilepsy Behav Case Rep.* 2016 Jan 13;5:23–6.
12. Graziano F, Ganau M, Meccio F, Iacopino DG, Ulm AJ. The Transcallosal Anterior Interfoniceal Approach: A Microsurgical Anatomy Study. *J Neurol Surg Part B Skull Base.* 2015 Jun;76(3):183–8.
13. Rolston JD, Englot DJ, Wang DD, Garcia PA, Chang EF. Corpus callosotomy versus vagus nerve stimulation for atonic seizures and drop attacks: A systematic review. *Epilepsy Behav EB.* 2015 Oct;51:13–7.
14. Duffau H, Khalil I, Gatignol P, Denvil D, Capelle L. Surgical removal of corpus callosum infiltrated by low-grade glioma: functional outcome and oncological considerations. *J Neurosurg.* 2004 Mar;100(3):431–7.
15. Cho NS, Jenabi M, Arevalo-Perez J, Brennan N, Young RJ, Karimi S, et al. Diffusion Tensor Imaging Shows Corpus Callosum Differences between High-Grade Gliomas and Metastases. *J Neuroimaging Off J Am Soc Neuroimaging.* 2018;28(2):199–205.
16. Raybaud C. The corpus callosum, the other great forebrain commissures, and the septum pellucidum: anatomy, development, and malformation. *Neuroradiology.* 2010 Jun;52(6):447–77.
17. Witelson SF. HAND AND SEX DIFFERENCES IN THE ISTHMUS AND GENU OF THE HUMAN CORPUS CALLOSUM: A POSTMORTEM MORPHOLOGICAL STUDY. *Brain.* 1989;112(3):799–835.
18. Verhaeghe A, Decramer T, Naets W, Van Paesschen W, van Loon J, Theys T. Posterior Quadrant Disconnection: A Fiber Dissection Study. *Oper Neurosurg Hagerstown Md.* 2018 01;14(1):45–50.
19. Laplante F, Mnie-Filali O, Sullivan RM. A neuroanatomical and neurochemical study of the indusium griseum and anterior hippocampal continuation: comparison with dentate gyrus. *J Chem Neuroanat.* 2013 May;50–51:39–47.
20. Tubbs RS, Prekupec M, Loukas M, Hattab EM, Cohen-Gadol AA. The indusium griseum: anatomic study with potential application to callosotomy. *Neurosurgery.* 2013 Aug;73(2):312–5; discussion 316.
21. Pavlovic S, Stefanovic N, Malobabic S, Babic Z, Kostić A, Pavlovic M. Longitudinal striae of the human fornix: shape, relations and variations. *Surg Radiol Anat.* 2009 Aug;31(7):501–6.
22. Gloor P, Salanova V, Olivier A, Quesney LF. The human dorsal hippocampal commissure. An anatomically identifiable and functional pathway. *Brain J Neurol.* 1993 Oct;116 (Pt 5):1249–73.

23. Postans M, Parker GD, Lundell H, Ptito M, Hamandi K, Gray WP, et al. Uncovering a Role for the Dorsal Hippocampal Commissure in Recognition Memory. *Cereb Cortex* N Y N 1991. 2019 Jul 29;
24. Vandewalle G, Beuls E, Vanormelingen L, Vandersteen M. Accessory intraventricular prominence of the occipital horn of the lateral ventricle. *J Neurosurg.* 2003 Jul;99(1):151–5.
25. Sarikcioglu L, Ozsoy U, Unver G. Tapetum corporis callosi: carpet of the brain. *J Hist Neurosci.* 2007 Dec;16(4):432–4.
26. Cerebral specialization and interhemispheric communication | *Brain* | Oxford Academic [Internet]. [cited 2019 Nov 16]. Available from: <https://academic.oup.com/brain/article/123/7/1293/380106>
27. van der Knaap LJ, van der Ham IJM. How does the corpus callosum mediate interhemispheric transfer? A review. *Behav Brain Res.* 2011 Sep 30;223(1):211–21.
28. The Split Brain in Man [Internet]. *Scientific American*. [cited 2019 Nov 16]. Available from: <https://www.scientificamerican.com/article/the-split-brain-in-man/>
29. The Preparation Method of Klingler - Abstract - *Atlas cerebri humani* - Karger Publishers [Internet]. [cited 2019 Nov 16]. Available from: <https://www.karger.com/Article/Abstract/389717>
30. Yeh F-C, Tseng W-YI. NTU-90: a high angular resolution brain atlas constructed by q-space diffeomorphic reconstruction. *NeuroImage.* 2011 Sep 1;58(1):91–9.
31. Mapping immune cell infiltration using restricted diffusion MRI - Yeh - 2017 - *Magnetic Resonance in Medicine* - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2019 Dec 1]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mrm.26143>
32. Yeh F-C, Verstynen TD, Wang Y, Fernández-Miranda JC, Tseng W-YI. Deterministic Diffusion Fiber Tracking Improved by Quantitative Anisotropy. *PLOS ONE.* 2013 Nov 15;8(11):e80713.
33. Kamali A, Flanders AE, Brody J, Hunter JV, Hasan KM. Tracing superior longitudinal fasciculus connectivity in the human brain using high resolution diffusion tensor tractography. *Brain Struct Funct.* 2014 Jan 1;219(1):269–81.
34. Shah A, Jhawar SS, Goel A. Analysis of the anatomy of the Papez circuit and adjoining limbic system by fiber dissection techniques. *J Clin Neurosci.* 2012 Feb;19(2):289–98.
35. Bubb EJ, Metzler-Baddeley C, Aggleton JP. The cingulum bundle: Anatomy, function, and dysfunction. *Neurosci Biobehav Rev.* 2018 Sep;92:104–27.

36. Vergani F, Mahmood S, Morris CM, Mitchell P, Forkel SJ. Intralobar fibres of the occipital lobe: A post mortem dissection study. *Cortex*. 2014 Jul;56:145–56.
37. Owen CM, Howard A, Binder DK. Hippocampus minor, calcar avis, and the Huxley-Owen debate. *Neurosurgery*. 2009 Dec;65(6):1098–104; discussion 1104-1105.
38. 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 Mar;126(3):945–71.

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Göktuğ ÜLKÜ

Doğum Tarihi-Yeri : 02/01/1986, Ankara

Eğitim Bilgileri

İlk, Orta Ve Lise Öğrenimi

Şenlik İlkokulu, Ankara

Ankara Atatürk Anadolu Lisesi, Ankara

Yüksek Öğrenimi

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ankara

Uzmanlık Eğitimi

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin Ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı,
Ankara

Yabancı Dil: İngilizce

Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar: Yok

Bilimsel Etkinlikler

Kongre-Sempozyum-Kurs Katılımları

2015,Aralık Ankara Üniversitesi TND Cerrahi Nöroanatom ve
Nörovasküler Eğitim ve Öğretim Grubu Ortak Sempozyumu

2015, Nisan TND 29. Bilimsel Kongresi

2017, Ocak Medica Spinal Enstrümantasyon Kursu

2017, Mayıs Eans Training Course Spine, Czech Republic

2018, Nisan TND 32. Bilimsel Kongresi

2018, Mayıs Eans Training Course Head Injury/Functional, Serbia

2018, Kasım GÜDAM Hayvan Deneyleri Kursu

2018, Kasım HÜKAM Klinik Araştırmalar

2019, Mayıs Eans Training Course Tumor, Russia

2019, Temmuz-Ekim, Acıbadem Üniversitesi Nöroanatom Fellowship

2019, Temmuz, Acıbadem Üniversitesi I. Ak Madde Disseksiyon Kursu

Eğitmeni

Poster Bildirimler

2015, Nisan Frontal Kitle Olarak Prezente Olan Nörobruselloz: Olgu Sunumu, Göktuğ Ülkü, Günhan Güngör, Emrah Çeltikçi, Aydın Paşaoğlu, Ahmet Memduh Kaymaz, Ömer Hakan Emmez

2015, Sol Serebellar Hemisferde Nadir Görülen Bir Kitle: Lhermitte Duclos: Olgu Sunumu, Göktuğ Ülkü, Ayfer Aslan, Erkut Baha Bulduk, Ömer Hakan Emmez, Ahmet Memduh Kaymaz, Aydın Paşaoğlu

2015, Servikomedüller Kitle, Ependimom, Nöromonitorizasyon: Olgu Sunumu, Göktuğ Ülkü, Erkut Baha Bulduk, Harun Demirci, Burak Karaaslan, Gökhan Kurt

2016, Nisan Mercedes Benz Kraniosinotiz: Olgu Sunumu Göktuğ Ülkü, Burak Karaaslan, Pelin Çolak, Alp Özgün Börcek, Mustafa Kemali Baykaner

2016, Nisan Kalsifiye Membranlı Kronik Subdural Hematom: Olgu Sunumu Göktuğ Ülkü, Pelin Çolak, Burak Özaydın, Alp Özgün Börcek, Hakan Emmez

2017, Nisan Pineal Papiller Tumor Pelin Kuzucu, Oğuz K. Demirtaş, Göktuğ Ülkü, Alp Ö. Börcek, A. Memduh Kaymaz

2018, Nisan İntramedüller Spinal Kord Tümörler: Retrospektif Değerlendirme: Olgu Sunumu, Oğuz Kağan Demirtaş, Göktuğ Ülkü, Mesut Emre

Yaman, Alp Ö. Börcek, Ömer Hakan Emmez, Gökhan Kurt, Ahmet Memduh Kaymaz, Hüseyin Fikret Doğulu, Şükrü Aykol

2019 Nisan, Olgu Sunumu: İnfratentorial Yerleşimli Trigeminal Nevraji İle İlgili Arteriyö-Venöz Malformasyon: Olgu Sunumu Prof Dr Şükrü Aykol, Doç Dr Mesut Emre Yaman Dr. Pelin Kuzucu, Dr Yiğit Aksoğan, Dr Gökтуğ Ülkü

2019 Nisan, Olgu Sunumu: Nadir Görülen Bir Sendrom Kombine Hiperaktifdisfonksiyon Sendromu Prof Dr Şükrü Aykol, Doç Dr Mesut Emre Yaman Dr. Pelin Kuzucu, Dr Tolga Türkmen, Dr Gökтуğ Ülkü