T.C
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi
Nöroşirurji Anabilim Dalı

VENTRİKÜLER TAP-PARANKİM HASARI İLİŞKİSİ KADAVRA ÇALIŞMASI

CANER FAHRETTİN KARA

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Hakan Hadi KADIOĞLU

Dr. Öğretim Üyesi Mete ZEYNAL

Bu araştırma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TTU-2021-9497 kodlu proje olarak desteklenmiştir.

ERZURUM-2023

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ TEZ SINAVI TUTANAĞI

I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİ ve TEZİ İLE İLGİLİ BİLGİLER			
Adı, Soyadı	:	Caner Fahrettin Kara	**Sınav tarihi:** 04 / 05 / 2023
Anabilim Dalı	:	Beyin ve Sinir Cerrahisi	
Tez Danışmanı	:	Mete Zeynal	
Tezin Konusu	:	Ventriküler Tap-Parankimal Hasar: Kadavra Çalışması	
Tezin Niteliği	:	☒ Tıpta Uzmanlık Tezi	
Tez Sınavının Nasıl Yapıldığı: ☒ Yüz yüze katılım sağlanarak ☐ Online (Jürinin teşkil edilmesinde kurum dışından belirlenecek olan jüri üyesi, aynı il sınırları içerisinde bulunmadığından, tez sınavı dijital ortamda yapılmıştır.)			

II. KARAR

Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin 19. maddesi gereğince yapılan tez savunma sınavının tamamlanması sonucunda adı geçenin tezinin, jüri üyelerince "Tıpta Uzmanlık Tezi" olarak;

☒ Kabulüne

1.Tez Sınavı ☐ Reddine (Eksikliklerin tamamlanması ve gerekli düzeltmelerin yapılması için uzmanlık öğrencisine, TUEY'nin 19. Maddesinin 5. fıkrası gereğince altı aylık ek bir süre verilmesine)

2.Tez Sınavı ☐ Reddine (TUEY'nin 19. Maddesinin 6. fıkrası gereğince, uzmanlık öğrencisinin uzmanlık öğrenciliği ile ilişiğinin kesilmesine)

☒ Oy birliği ☐ Oy çokluğu ile karar verilmiştir.

III. AÇIKLAMALAR

Lütfen, tezin reddi durumunda gerekçeli açıklamalarınızı buraya yazınız

IV. JÜRİ ÜYELERİ

	Unvanı Adı Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurum Bilgisi	İmza
Jüri Başkanı	Prof. Dr. Hakan Hadi KADIOĞLU	Beyin ve Sinir Cerrahisi	Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Gökşin ŞENGÜL	Beyin ve Sinir Cerrahisi	Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Mete ZEYNAL	Beyin ve Sinir Cerrahisi	Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi	

İçindekiler

ÖZET iii
ABSTRACT v
TABLOLAR DİZİNİ vii
ŞEKİLLER DİZİNİ viii
TEŞEKKÜR xii
1.GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 3
2.1 TEMEL BİLGİLER 3
2.1.1. Ventrikül Anatomisi ve Ventriküler Tap Tarihçesi 3
2.1.2. Lateral Ventrikül Anatomisi ve Komşu Yapılar 5
2.1.2.1. Lateral Ventrikül 5
2.1.2.2. Lateral Ventrikül Bölümleri 6
2.1.2.2.1. Frontal Horn 6
2.1.2.2.2. Gövde 6
2.1.2.2.3. Atrium ve Oksipital Horn 6
2.1.2.2.4. Temporal Horn 7
2.1.2.3. Lateral Ventrikül Nöronal Yapı İlişkisi 8
2.1.2.3.1. Talamus 8
2.1.2.3.1.1. Anterior Talamik Pedinkül 9
2.1.2.3.1.2. Posterior Talamik Pedinkül 9
2.1.2.3.2. Kaudat Nükleus 9
2.1.2.3.3. Korpus Kallozum 10
2.1.2.3.4. İnternal Kapsül 10
2.1.2.3.5. Septum Pellusidum 11
2.1.2.3.6. Koroidal Pleksus ve Koroidal Fissür 12
2.1.2.3.7. Forniks 12
2.1.2.4. Lateral Ventrikül Arteriyal Yapı İlişkisi 13
2.1.2.5. Lateral Ventrikül Venöz Yapı İlişkisi 15
2.1.2.6. Lateral Ventrikül Ak Madde İlişkisi 16
2.1.2.6.1. Ak Madde Tanım ve Cerrahideki Önemi 16
2.1.2.6.2. Ak Madde Anatomisi 17
2.1.2.6.3. Lateral Ventrikül Cerrahisinde İlişkili Ak Madde Yolları 18
2.1.2.6.3.1. Süperior Longitudinal Fasikül 18
2.1.2.6.3.1.1. Tarihçe 18

2.1.2.6.3.1.2. Tanım 19
2.1.2.6.3.1.3. Fonksiyona Giriş 20
2.1.2.6.3.1.4. SLF1 Anatomi ve Fonksiyonel Özellikleri 20
2.1.2.6.3.1.5. SLF2 Anatomi ve Fonksiyonel Özellikleri 20
2.1.2.6.3.1.6. SLF3 Anatomi ve Fonksiyonel Özellikleri 21
2.1.2.6.3.1.7. Arkuat Fasikül Anatomi ve Fonksiyon Özellikleri 21
2.1.2.6.3.2. Orta Longitudinal Fasikül 23
2.1.2.6.3.3. İnferior Longitudinal Fasikül 25
2.1.2.6.3.4. İnferior Frontooksipital Fasikül 26
2.1.2.6.3.5. Vertikal Oksipital Fasikül 27
2.1.2.6.3.6. Frontal Aslant Fasikül 28
2.1.2.6.3.7. Optik Radyasyon 29
2.1.2.6.3.8. Tapetal Lifler 30
2.2. VENTRİKÜLER TAP ENDİKASYONLAR 32
2.3. VENTRİKÜLE GİRİŞ NOKTALARI 32
2.3.1. Ön Erişim Noktaları 32
2.3.1.1. Kocher Noktası 32
2.3.1.2. Paine Noktası 33
2.3.2. Arka Erişim Noktaları 34
2.3.2.1. Keen Noktası 34
2.3.2.2. Frazier Noktası 34
2.3.2.3. Dandy Noktası 34
3. GEREÇ 35
4. YÖNTEM 35
5. BULGULAR 42
5.1. Anterior Girişim Noktalarının Ak Madde ile İlişkisi 42
5.2. Posterior Girişim Noktalarının Ak Madde ile İlişkisi 51
5.3. VT Noktalarının Kadavralar ve Olgular Üzerinde Değerlendirilmesi 64
5.3.1. VT Noktalarının Kadavra Üzerindeki Açısal Ölçümleri 64
5.3.2. VT Noktalarının Olgular Üzerindeki Ölçüm Sonuçlarının İstatiksel Değerlendirilmesi 68
5.3.3. VT Noktalarının Ak Madde Hasarının Değerlendirilmesi 71
5. TARTIŞMA 72
6. SONUÇ 88
7. KAYNAKÇA 89

ÖZET

Ventriküler Tap-Parankim Hasarı İlişkisi: Kadavra Çalışması

Amaç: Nöroşirürji pratiğinde ventriküler ponksiyon (VP), kalıcı veya geçici kateter tatbiki sık uygulanan işlemlerdir. Kateter yerleştirme uygulamalarının tümünde teorik olarak parankimal hasar olması beklenir. Olası hasar klinik tablo oluşturabilir ve komplikasyon olarak değerlendirilir. Bu düşünceyle çalışmamızda VP ve ventriküle kateter yerleştirme işlemi esnasında serebral parankimde meydana gelen hasarı fiber diseksiyon ile mikroşirurjikal olarak göstermek; pratik uygulama için en az hasara yol açacak, en kısa yolu hesaplamak amaçlandı.

Gereç ve Yöntem: Çalışma, kadavra ve hidrosefali tanısı almış olgularda olmak üzere iki ana eksende planlandı. Kadavra çalışması Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD, Nöroanatomi Laboratuvarı'nda yapıldı. Temin edilen altı adet insan kadavra kafası Klingler yöntemiyle hazırlandı. Kadavra kafalarının bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile radyolojik görüntüleri alındı. Çalışma masasına üç pinli başlıkla tesbiti yapıldı. Nöronavigatör ile mutad kullanılan noktalardan [Kocher noktası (Ko), Paine noktası (Pa), Keen noktası (Ke), Frazier noktası (Fr), Dandy noktası (Da)] ventriküler kateter yerleştirildi. Kraniyal cerrahi usulle skalp, kemik, dura açığa çıkarıldı, kaldırıldı. Cerrahi mikroskop yardımıyla lateralden mediale doğru ve yerleştirilmiş ventriküler kateterler korunarak gri madde, U lifler ve ak madde fiberleri mikroşirurjikal olarak diseke edildi. Kocher, Paine, Keen, Frazier ve Dandy noktasından gönderilen kateterlerin; süperior longitudinal fasikül (SLF), arkaut fasikül (AF), frontal aslant trakt (FAT), middle longitudinal fasikül (MdLF), inferior frontooksipital fasikül (İLF), inferior frontooksipital fasikül (İFOF), unsinat fasikül (UF), vertikal oksipital fasikül (VOF), tapetal lifler, optik radyasyon, klastrum, klaustrokortikal lifler, internal kapsül (İK), talamik pedinkül, korona radiata ve kaudat nükleus ile ilişkileri ortaya konuldu. Parankimim kateterlerle ilişkisi kopma, ayrılma şeklinde olduğu gözlendi. Bütün aşamalar üç düzlemde dijital olarak görüntülenip kaydedildi.

Çalışmamızın ikinci aşamasında hidrosefali tanısı alan erişkin 50 olgunun (24 erkek, 26 kadın, ortalama yaşları 47±19) radyolojik görüntüleri incelendi. Giriş noktalarına göre anterior-posterior, lateral ve aksiyel düzlemlerde kateterlerin parankim içerisindeki ve cilt ventrikül içindeki mesafeleri ile açıları Frankfurt hattına (FH), posterior kulak hattına (PKH) ve median sagittal plana (MSP) göre hesaplandı. Verilerin istatistiki analizi için IBM SPSS Versiyon 26.0. (Armonk, NY: IBM Corp) istatistik programı kullanıldı.

Bulgular: Çalışmada elde edilen veriler iki grupta değerlendirildi. İlk grup kadavralardan sağlanan bulgulardı. Girişim yeri ve yoluna göre en sık ve en yaygın parankimal hasara Paine ve Keen noktasından gönderilen yerleştirilen kateterler neden olmuştur. Kateterlerin neden

olduğu en sık hasar parankimde sırasıyla ayrılma ve kopma olarak gözlendi. Yerleştirme noktasına göre bu hasarların Kocher noktasından lateral ventrikül frontal hornuna yerleştirilenlerde sıklık sırasıyla SLF2, SLF3 ve korona radiata düzeyinde İK ön bacak ve anterior talamik pedinkül lifleri olduğu; Paine noktasından lateral ventrikül frontal hornuna yerleştirilenlerde sıklık sırasıyla klastrum, klaustrokortilal lifler, İFOF, UF, korona radiata, İK ve kaudat nükleus olduğu; Keen noktasından lateral ventrikülün atriumuna yerleştirilenlerde sıklık sırasıyla SLF2, AF, MdLF, İFOF, tapetum lifleri ve optik radyasyon olduğu, Frazier noktasından lateral ventrikül atriumdan girip gövde kısmına yerleştirilenlerde sıklık sırasıyla VOF, SLF2, MdLF, İFOF, tapetum lifleri ve optik radyasyon olduğu, Dandy noktasından lateral ventrikül posterior hornuna yerleştirilenlerde sıklık sırasıyla VOF, İLF, İFOF ve optik radyasyon olduğu gözlemlendi.

İkinci grup verilerde parankim içerisinde en kısa yol; Dandy noktasından FH'den 12°, MSP'dan 13° açıyla uygulanan nokta olduğu, en uzun yolun ise Paine noktasından FH'den 28°, PKH'den 18° açıyla uygulanan nokta olduğu ölçüldü. Cilt ventrikül içerisindeki uzunlukları incelendiğinde en kısa yol; Keen noktasından FH'den 18°, MSP'den 78° açıyla uygulanan nokta olduğu, en uzun yolun ise Frazier noktasından FH'den 12°, MSP'den 43° açıyla uygulanan nokta olduğu ölçüldü.

Sonuç: Ventriküler kateterizasyon (VK) için yapılacak bütün girişim yollarında gri ve ak madde hasarının kaçınılmaz bir sonuç olduğu anatomik diseksiyon yöntemiyle de gösterildi. Kateterlerin en uygun doğrultuda gönderilmesi için yüzeyel belirteçlerin kullanılması yanı sıra nöronavigasyon yöntemi de kullanıldı. Teknik anlamda uygun doğrulukta uygulansa da belirli oranda gri, ak madde hasarı her girişim noktasında gözlendi. Ventriküle ulaşmak için katedilen parankim uzunluğu (PU), ventrikül içerisindeki kateter uzunluğu (VİKU), kateterin ak madde hasarı ve periventriküler anatomik yapılarla ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda Kocher ve Frazier noktalarından yapılacak girişimlerin ventriküle ulaşmada görece daha güvenilir yol olduğu sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Ak madde, Fiber diseksiyon, Ventriküler Tap, Hidrosefali, Kadavra

ABSTRACT

Ventricular Tap-Parenchymal Damage Relationship: Cadaver Study

Objective: Ventricular puncture (VP) and placement of a permanent or temporary catheter are common procedures in neurosurgery practice. Theoretical parenchymal damage is expected in all catheter placement procedures. Possible damage can create a clinical picture and be considered a complication. With this idea in mind, our aim was to demonstrate, through fiber dissection microsurgery, the damage that occurs in the cerebral parenchyma during VP and ventricular catheter placement and to calculate the shortest path that would cause the least damage for practical application.

Material and Method: The study was planned in two axes, one on cadavers and the other on patients diagnosed with hydrocephalus. The cadaver study was performed at Atatürk University Faculty of Medicine, Department of Neurosurgery, Neuroanatomy Laboratory. The six supplied human cadaver heads were prepared using the Klingler method. Radiological images of the cadaver heads were obtained with computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). It was fixed to the worktable with a three-pin header. A ventricular catheter was inserted through the neuronavigator using mutant points [Kocher point (Ko), Paine point (Pa), Keen point (Ke), Frazier point (Fr), Dandy point (Da)]. Cranial surgical methods, scalp, bone, dura was exposed and removed. With the aid of a surgical microscope, the gray matter, U fibers and white matter fibers were microsurgically dissected, preserving the ventricular catheters placed from lateral to medial. Catheters sent from Kocher, Paine, Keen, Frazier and Dandy points; süperior longitudinal fascicle (SLF), arcuate fascicle (AF), frontoaslant tract (FAT), middle longitudinal fascicle (MdLF), inferior frontooccipital fascicle (ILF), inferior frontooccipital fascicle (IFOF), uncinate fascicle (UF), vertical occipital fascicle (Relationships with VOF), tapetal fibers, optical radiation, clastrum, claustrocortical fibers, internal capsule (IC), thalamic peduncle, corona radiata and caudate nucleus were revealed. It was observed that the parenchyma was associated with the catheters in the form of rupture, rupture and separation. All stages were digitally imaged and recorded in three planes.

In the second phase of our study, radiological images of 50 adult cases (24 males, 26 females, mean age 47±19 years) diagnosed with hydrocephalus were examined. The distances and angles of the catheters in the parenchyma and skin ventricle in the anterior-posterior, lateral and axial planes according to the entry points were calculated in the anthropological plane, auricular plane and median sagittal plane. IBM SPSS Version 26.0 for data analysis. (Armonk, NY: IBM Corp) statistical program was used.

Results: The data obtained in the study were evaluated in two groups. The first group consisted of findings obtained from cadavers. The most common parenchymal damage caused by catheter insertion was observed at the Paine and Keen points according to the entry site and route. The most common types of damage caused by catheters were observed as separation and detachment in the parenchyma. Based on the placement site, the most commonly affected fibers by the damage were the SLF2, SLF3, and the anterior limb of the internal capsule at the level of the corona radiata in catheters placed from the Kocher point to the frontal horn of the lateral ventricle. In catheters placed from the Paine point to the frontal horn of the lateral ventricle, the most affected fibers were the claustrum, claustrum-cortical fibers, IFOF, UF, corona radiata, IC, and caudate nucleus. In catheters placed from the Keen point to the atrium of the lateral ventricle, the most affected fibers were SLF2, AF, MdLF, IFOF, tapetal fibers, and optical radiation. In catheters placed from the Frazier point to the body of the lateral ventricle, the most commonly affected fibers were the VOF, SLF2, MdLF, IFOF, tapetal fibers and optical radiation. In catheters placed from the Dandy point to the posterior horn of the lateral ventricle, the most commonly affected fibers were the VOF, IFL, IFOF, and optical radiation.

In the second group of data, the shortest route within the parenchyma was measured as the point applied from the Dandy point at a 12° angle from the FH and a 13° angle from the MSP. The longest route was measured as the point applied from the Paine point at a 28° angle from the FH and an 18° angle from the PKH. When the lengths within the ventricle were examined, the shortest route was measured as the point applied from the Keen point at an 18° angle from the FH and a 78° angle from the MSP. The longest route was measured as the point applied from the Frazier point at a 12° angle from the FH and a 43° angle from the MSP.

Conclusion: The anatomical dissection method demonstrated that gray and white matter damage is an inevitable consequence of all approaches for lateral ventricular catheterization (VC). Landmark points and neuronavigation were used to send the catheters in the most appropriate direction. Even when applied in a technically appropriate manner, gray and white matter damage was observed at every entry point. Considering the distance of cortex traversed to reach the ventricle, catheter length inside the ventricle, the relationship of the catheter with white matter damage, and periventricular anatomical structures, it was concluded that the Kocher and Frazier points were relatively safer options for reaching the ventricle.

Keywords: White matter tracts, Fiber dissection, Ventricular Tap, Hydrocephalus, Cadaver

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. İnternal Kapsülün Anatomik Kısımları ve İşlevleri..... 11
Tablo 2. Lateral Ventrikül Bölümlerinin Komşulukları. 31
Tablo 3. Radyolojik Olarak Ölçüm Yapılan Olgularda VT Noktalarının Trasesi Üzerindeki Parankim Uzunluğu ve Kranyum-Ventrikül Uzunluğu ile Evans İndeksleri. 68
Tablo 4. Olgulardaki Hidrosefali Derecesi ile VT Yerlerine Göre Kateter Ölçüm Değerleri ... 70
Tablo 5. Kateterlerin Ak Madde Üzerindeki Hasarı 71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Ventriküler sistemin şematik gösterimi. 6
Şekil 2. Lateral ventrikül bölümleri ve komşulukları A: Frontal Horn, B: Gövde, C: Atrium, D: Temporal Horn..... 8
Şekil 3. Lateral ventriküllerin komşu nöroanatomik yapılarla birlikte şematizasyonu. 13
Şekil 4. Lateral ventrikülün arteryal ağ ile komşulukları ve beslenmesinin şematizasyonu.. 14
Şekil 5. Lateral ventrikülün venöz ağ ile komşulukları ve venöz drenajının şematizasyonu. 16
Şekil 6. SLF-AF kompleksinin sagittal, koronal düzlemde gösterimi. 23
Şekil 7. MdLF'nin lateral ventrikül ile ilişkisi ve projeksiyonu. 25
Şekil 8. İLF ve İFOF'nin lateral ventrikül ile ilişkileri ve projeksiyonları. 27
Şekil 9. AF ile birlikte VOF'nin lateral ventrikül ile ilişkisi ve projeksiyonu. 28
Şekil 10. Optik radyasyonun lateral ventrikül ile ilişkisi ve şematizasyonu 29
Şekil 11. Tapetal liflerin forseps major ve forseps minör ile birlikte lateral ventrikül ile ilişkisi ve şematizasyonu. 30
Şekil 12. Çivili başlıkla tesbit edilmiş kadavrada nöronavigasyon uygulanması. 36
Şekil 13. Kadavra üzerinde VK noktalarının gösterilmesi. 36
Şekil 14. Girişim noktalarından kateterin nöronavigasyon eşliğinde hedeflenen ventrikül bölümüne gönderilmesi..... 37
Şekil 15. Ciltten kortekse kadar diseksiyon aşamaları (A: Cilt flebi kaldırıldı. B: Kemik flep kateter etrafı korunarak kaldırıldı. C: Dura flebi kaldırıldı. D: Araknoid membran kaldırıldı. E: Venöz ağ kaldırıldı. F: Arteryal ağ kaldırıldı). 39
Şekil 16. Dekortikasyon sonrası açığa çıkan U lifleri. 40
Şekil 17. Anterior girişim noktalarının kemik kalınlık ölçümü ve dural vasküler ağ 42
Şekil 18. Kocher ve Paine noktalarının dura kaldırıldıktan sonra kortikal arteryal ağ 43
Şekil 19. Kocher ve Paine noktalarının dura kaldırıldıktan sonra kortikal venöz ağ 44
Şekil 20. Kocher ve Paine noktalarından gönderilen kateterin korteks üzerindeki izdüşüm 44
Şekil 21. Kocher noktasından gönderilen kateterin SLF 2, SLF3, FAT ile ilişkisi. 45
Şekil 22. Paine noktasından gönderilen kateterin insular korteks ile ilişkisi. 46
Şekil 23. Dekortike edildikten sonra insular korteks ve ekstrem kapsül. 47
Şekil 24. Kaldırılan U liflerinden sonra klastrumdan AF altına uzanan klaustrokortikal lifler (dorsal eksternal kapsül), UF ve İFOF'un oluşturduğu ventral eksternal kapsül. ... 47
Şekil 25. Klastrum pin yardımıyla kaldırıldıktan sonra putamen. 48
Şekil 26. Klastrum ve UF, İFOF ekarte edildi, putamen dekortike edildi, globus pallidus ve putamenin arteryal beslenmesi açığa çıkarıldı. 49
Şekil 27. Kateterin internal kapsülün içinden geçtiği görülmektedir..... 49
Şekil 28. Süperior limitan sulkus korunurak İK ön bacak ve genu liflerinin Kocher ve Paine noktasından gönderilen kateterlerle ilişkisi. 50

Şekil 29. Uzun projeksiyon lifleri kaldırıldığında Kocher ve Paine noktalarından gönderilen kateterlerin İK lifleri, kaudat nükleus başı, lateral ventrikül frontal horn süperior ve lateral duvar ependimi ile ilişkisi. 51
Şekil 30. Posterior girişim noktalarının arteria meningea media ile ilişkisi. 52
Şekil 31. Keen noktası altındaki kortikal arteriyel ağ. 53
Şekil 32. Posterior girişim noktaları altındaki korteksin arteryal kanlanması. 53
Şekil 33. Keen noktasının altındaki kortikal venöz ağ ile olan ilişkisi. 54
Şekil 34. Frazier ve Dandy noktasının kortikal venöz ağ ile olan ilişkisi. 54
Şekil 35. Keen, Frazier ve Dandy noktalarından gönderilen kateterlerin korteks üzerinde izdüşümü. 55
Şekil 36. Keen, Frazier ve Dandy noktalarından gönderilen kateterlerin SLF 2, SLF3 ve AF lifleri ile ilişkisi. 56
Şekil 37. Oksipital U lifleri kaldırılarak VOF açığa çıkarıldı. 57
Şekil 38. AF'ün AnG ve SMG'ye olan uzantıları kaldırılarak indirekt anterior sonlanım ve indirekt posterior başlangıç lifleri açığa çıkarıldıktan sonra SLF2 ile birlikte Keen noktası ile olan ilişkisi. 57
Şekil 39. SLF2 ve AF kaldırılarak MdLF'nin seyri ve Keen, Frazier, Dandy noktalarından gönderilen kateterlerle ilişkisi gösterildi. 58
Şekil 40. MdLF, STG posterior sınırından kaldırılıp diseke edilerek İFOF'dan ayrıldı. 59
Şekil 41. İFOF'un Keen, Frazier, Dandy noktalarından gönderilen kateterlerle ilişkisi. 60
Şekil 42. İLF'nin Dandy noktasından gönderilen kateterle ilişkisi. 61
Şekil 43. İFOF kaldırıldığında Frazier ve Keen noktalarından tapetal liflerin başladığı, tapetal liflerin laterale seyri sırasında horizantal seyirli optik radyasyon liflerinin çıktığı görülmektedir. 62
Şekil 44. İFOF, İLF kaldırıldığında optik radyasyon ön (ok), orta (siyah ok), arka (beyaz ok) demetlerinin Keen, Frazier, Dandy noktalarından gönderilen kateterlerle ilişkisi. 63
Şekil 45. Meyer lupu (*) açığa çıkarıldı, optik radyasyon lifleri arka ve orta demet bir kısım lifleri alınarak ince tapetal lifler açığa çıkarıldı. 63
Şekil 46. Transluminasyon tekniği ile üstte tapetal lifler, altta optik radyasyon lifleri gösterildi. 64
Şekil 47. Ak maddenin kaldırılmasıyla lateral ventrikül iç anatomisi açığa çıkarıldı. 65
Şekil 48. Kateterlerin ventrikül içerisindeki sonlanım noktaları. 65
Şekil 49. Kateterlerin 3 düzlem ile oluşturduğu açılanmalarının gösterilmesi (A: Kocher B: Paine C: Keen D: Frazier E: Dandy). 66

KISALTMALAR

acer: Anterior serebral arter

AÇ: Aurikular çizgi

aic: İnternal kapsül anterior bacağı

AF: Arkuat fasikül

AFTR: Anterior frontal talamik radyasyon

AG: Araknoid granülasyon

AnG: Anguler girus

BA: Brodmann alanı

BOS: Beyin omurilik sıvısı

BT: Bilgisayarlı tomografi

cal: Kalvar avis

cd: Kaudat nükleus

Cl: Klastrum

CLV: Lateral ventrikül gövde

cos: Kollateral sulkus

Da: Dandy noktası

DCI: Dorsal klastrum

Dm: Dura mater

DTG: Difüzyon tensor görüntüleme

DTT: Difüzyon tensör traktografisi

Eİ: Evans indeksi

EVD: Eksternal ventriküler drenaj

ex: Eksternal kapsül

FAT: Frontoaslant trakt

FH: Frankfurt hattı

fi: Fimbria

FLV: Lateral ventrikül frontal horn

fmj: Forceps majör

Fr: Frazier noktası

fx: Forniks

gcc: Korpus kallozum genu

gic: İnternal kapsül genu bacağı

GP: Globus pallidus

HCd: Kaudat nükleus baş kısmı

Hi: Hipokampüs

İCA: İnternal karotid arter

İFOF: İnferior frontooksipital fasikül

İFG: İnferior frontal girus

İK: İnternal kapsül

İLF: İnferior longitudinal fasikül

İFGOp: Operkuler girus

İFGTr: Trianguler girus

ils: İnferior limitan sulkus

İOL: İnferior oksipital lobül

İPL: İnferior paryetal lobül

ips: İntraparyetal sulkus

İTG: İnferior temporal girus

Ke: Keen noktası

KİB: Kafaiçi basınç

Ko: Kocher noktası

kp: Koroid pleksus

KST: Kortikospinal trakt

KVU: Kranyum-ventrikül uzunluğu

LGN: Lateral genikulat nükleus

Li-Am: Lingular amigdaloidal

lsa: Lentikositriat arter

mcer: Middle serebral arter

MdLF: Middle longitudinal fasikül

MFG: Middle frontal girus

MOL: Middle oksipital lobül

MRG: Manyetik rezonans görüntüleme

MSP: Median sagittal plan

MTG: Middle temporal girus

or: Optik radyasyon

OLV: Lateral ventrikül oksipital hornu

Pa: Paine noktası

pcer: Posterior serebral arter

pic: İnternal kapsül posterior bacağı

pip: Posterior limitan sulkus

PKH: Posterior kulak hattı

pos: Paryetooksipital sulkus

PoS: Postsantral girus

PrS: Presantral girus

Pu: Putamen

PU: Parankim uzunluğu

rcc: Korpus kallozum rostrum

rlic: İnternal kapsül retrolentiküler bacağı

SPG: Süperior frontal girus

SFTR: Süperior frontal talamik radyasyon

SLF: Süperior longitudinal fasikül

slic: İnternal kapsül sublentiküler bacağı

sls: Süperior limitan sulkus

SMG: Supramarjinal girus

SOL: Süperior oksipital lobül

SPL: Süperior paryetal lobül

SptP: Septum pellusidum

STG: Süperior temporal girus

SSS: Süperior sagittal sinüs

Th: Talamus

Thr: Talamik radyasyon

TLV: Lateral ventrikül temporal hornu

tp: Tapetum

TrLV: Lateral ventrikül trigonu

U-fi: U fiber

UF: Unsinat fasikül

USG: Ultrasonografi

VİKU: Ventrikül içi kateter uzunluğu

VCI: Ventral klastrum

VK: Ventriküler kateterizasyon

VKİ: Ventrikül kateter indeksi

VKT: Ventral kallozal trakt

VOF: Vertikal oksipital fasikül

VP: Ventrikülоperitoneal

VT: Ventriküler tap

TEŞEKKÜR

Anabilim dalı başkanımız ve tez danışmanım Prof. Dr. Hakan Hadi Kadıoğlu'na, tüm eğitimim boyunca ve tezimi hazırladığım süre zarfında bana yol gösterdiği ve öncülük ettiği için teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca klinik eğitimime emeklerinden dolayı anabilim dalımızın diğer öğretim üyelerine, özellikle asistanlık sürecimin ilk gününden son gününe kadar her zaman desteğini hissettiğim ve tez çalışması sürecinde yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğretim Üyesi Mete Zeynal, tez çalışmamın başlangıcından bitimine dek her daim yol gösterici olan Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Hakan Şahin'e, deney sürecinde de kliniğimizde olduğu gibi ekip çalışmasının hazzına vardığım değerli arkadaşlarım Dr. Muhammet Elveren ve Dr. Ufuk Temtek'e, spesmenlerin radyolojik incelenmesinde yardımcı olan Radyoloji ABD Öğretim Doç. Dr. Ahmet Yalçın'a teşekkür ederim.

Tabi ki asistanlığımın her aşamasında bana desteklerini esirgemeyen aileme ve bu zorlu sürecin en büyük destekçisi sevgili eşim Ayşenur ve motivasyon kaynağım kızım Zeynep'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Dr. Caner Fahrettin Kara

Nisan 2023

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Ventriküler tap (VT), ventrikül içi basıncın arttığında veya beyin omurilik sıvısı (BOS) numunesi alınması gerektiğinde uygulanan invaziv bir kateterizasyon işlemidir. Kafa içi basıncının arttığı hidrosefali, ventrikül içi kitle ve ventrikül içi kanama durumlarında basıncı düşürmek ve akabinde BOS'u zararlı metabolitlerden arındırmak maksadıyla da uygulabilir (1-3). VT; ayrıca intratekal ilaç uygulamaları, ventrikül içi kanamalarda antifibrinotik verilmesi gibi nedenlerle de kullanılan bir işlemdir (4). VP ve VK için Kocher, Frazier, Keen, Dandy noktaları güvenilir olarak ifade edilmiş ve halen kullanılmaktadır (5).

VK'nın en sık tatbik edildiği klinik durum hidrosefalidir. Hidrosefali, fazla miktarda BOS'un ventriküler sistem içinde ve subaraknoid boşlukta birikmesi sonucunda kafaiçi basıncının (KİB) artması durumudur (6). Pediatrik yaş grubunda hidrosefali sebepleri; intraventriküler kanama(%24), myelomeningosel (%21), tümör (%9), aquaduktal stenoz (%7), enfeksiyon (%5), kafa travması (%1.5) olmakla birlikte olguların %11'inde etyolojik sebep bulunamamıştır (7). Edinsel hidrosefali nedenleri ise; postenfeksiyöz (menenjit), post hemorajik (subaraknoid kanama, intraventriküler kanama), non-neoplastik (vasküler malformasyonlar) ve neoplastik kitleler (medulloblastom, kolloid kist, hipofiz adenomları) ve geçirilmiş posterior fossa cerrahisi sonrası gibi sebeplerle oluşabilmektedir.

Cerrahideki amaç; KİB'i azaltmak, parankim kalınlığını 3 cm'nin üzerinde tutarak bilişsel fonksiyon kaybını ve hayatı tehlikeyi önlemektir. Günümüzde hidrosefalinin esas tedavisi cerrahidir. Cerrahi tedavide en etkin, en yaygın tedavi şant olarak adlandırılan BOS'un emilim kapasitesi yüksek olan başka bir potansiyel boşluğa (periton, plevra, kalp atriumu, sisterna, mesane) bir aracı tüp vasıtasıyla drene edilmesi girişimidir. Şant cerrahisi sonrası tercih edilen alternatif cerrahi teknik ise Kocher noktasından uygulanan endoskopik üçüncü ventrikülostomidir. Üçüncü ventrikülün prepontin veya interpedinküler sisterne ağızlaştırılması esasına dayanır. Bu yöntem semptomatik obstrüktif hidrosefalisi olan iyi seçilmiş olgularda ilk seçilen tedavi yöntemidir.

VP, ventrikülоperitoneal şant cerrahisi, endoskopik ventrikülostomi uygulamalarında; ventrikül içerisindeki BOS'u drene edebilmek amaçlı pek çok girişim yeri tanımlanmıştır. Şant ve endoskopik tedavilerde girişim yeri neresi seçilirse seçilsin sağlam olan serebral korteks ve subkortikal alanlar belirli oranda zarar görebilmektedir. Bu sebeple, zarar gören gri ve ak madde içerisindeki nöroanatomik yapıları bilme ve tedaviyi ona göre şekillendirme ihtiyacı doğmuştur. Ak madde içerisindeki traktlarda meydana gelebilecek hasarlar korteks hasarına göre daha ağır ve geri dönüşümsüzdür (8). Bu

sebeple son yıllarda ak madde üzerine yapılan çalışmalara ağırlık verilmiştir. Difüzyon ağırlıklı MRG in vivo olarak doku mikroyapısını araştırmak için benzersiz bir noninvaziv yöntemdir (9). Günümüzde difüzyon tensör görüntüleme (DTG), ak madde mikroyapısını ve bağlantılarını değerlendirmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir (10). Fakat bu görüntüleme yönteminin çoklu fiber organizasyonu içeren alanlarda yetersiz olduğu gösterildi (11, 12). Bu tür bölgelerde difüzyon tensöründen çıkarılan oryantasyonun; izlenimin sona erdiği yanlış negatifliklerle veya izlenimin ilgisiz bir yolakla devam ettiği yanlış pozitifliklerle sonuçlandığı görüldü (13, 14). Kullanılan cerrahi girişim noktalarının karşılaştırılması, en az hasar veren ve fonksiyon kaybına neden olan noktanın tespiti için görüntüleme tekniklerinin anatomik temelli kadavra diseksiyon çalışmalarıyla desteklenmesi gerekliliğini ortaya koymuştur (15).

Çalışmanın amacı, VK ve VP amacıyla kullanılan cerrahi yaklaşımların kadavra üzerinde mikronöroşirurjikal teknikle ak madde yollarıyla birlikte incelenmesi neticesinde en uygun ve en az nörolojik hasara sebep olacak cerrahi giriş yolunu anatomik çalışma olarak literatüre kazandırmak ve bu sayede nöroşirurjiyenlerin başarı oranının artmasının ümit edilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 TEMEL BİLGİLER

2.1.1. Ventrikül Anatomisi ve Ventriküler Tap Tarihçesi

Beynin içerisinde bir *"boşluk"* olduğu eski zamanlardan beri bilinmekteydi. Fakat boşluğun kökeni, işlevi ve içeriği belirsizdi. MÖ 3. yüzyılda Herophilus ve Erasistratus, tarihte ilk defa insan diseksiyonları yapabildiler. Bu sayede ventriküllerin daha iyi anlaşılmasını sağladılar ve dört *"küçük mide"* olarak tanımladıkları ventriküllerin tam anatomik tanımını verdiler. Bu ventriküllerin işlevinin; kalpten gelen kanla dolaşan hayati ruhun (pneuma zooticon), hayvan ruhuna (pneuma psychikon) dönüştürülmesi olduğuna inanılıyordu. Bu sürecin düşünceleri ve duyguları ürettiği düşünülüyordu. Bu düşünce Galen zamanında da yerleşti. Bununla birlikte Emasa'lı Nemesius hayal gücünü ve beş duyu ile olan bağlantısını frontal lobun ventriküllerine bağladı. Rönesans'a kadar *"cellulae"* olarak bilinen ventriküllerin sayısı üçten beşe kadar sayıldı ve birçok tıbbi illüstrasyon beyindeki görünümlerini göstermeye çalıştı. Bunlardan biri, 1506'da Albertus Magnus tarafından ince beyin dokusuyla çevrili üç boşluğun resmedildiği bir temsildir. Bu boşlukların işlevlerinin önden arkaya hayal gücü, akıl yürütme ve hafıza olduğuna inanıldı. Leonardo da Vinci, 1504 civarında bir öküzün ventriküllerine erimiş balmumu enjekte ederek bilinen ilk ventrikülografiyi gerçekleştirdi ve ventriküllerin doğru tasvirini yapan ilk kişi oldu. Bununla birlikte ventriküllerin işlevleriyle ilgili eski inançlarda küçük değişiklikler dışında genel düşünce devam etti. Da Vinci'nin ventrikül illüstrasyonlarını takiben, Rönesansın anatomistleri bu boşlukları incelemeye daha fazla önem vermeye başladılar, ancak Vesalius'un Fabrica'sında bile ventriküller ilham sırasında dolan ve hayvan ruhunu içeren hava dolu boşluklar olarak tanımlandı. 1569'da Nicolo Massa'nın da aralarında bulunduğu bazı anatomistler ventriküllere dair yaygın inanca karşı çıkmışlardır. 1764'te Domenico Felice Antonio Cotugno BOS'u keşfeden ve ventriküller ile subaraknoid boşluk arasındaki sürekliliği tanımlayan ilk kişi oldu. Alexande Monro tarafından foramen Monro tanımlandı. 1663'te Franciscus Sylvius tarafından de Disputations adlı kitabında akuaduktus sylvii tanımını kullanmış, adına atfedilmiştir. François Jean Magendie tarafından 1828'de, Hubert von Luschka tarafından 1855'te foramen Magendie ve foramen Luşka tanımlandı (16).

Ventriküler drenaj uygulamaları çok eski zamanlara dayanmakta olup halen yaygın olarak kullanılmaya devam eden cerrahi bir prosedürdür (17). Müslüman hekim Al-

Zahrawi (936-1013) çocuklarda kafa içi sıvının cerrahi olarak boşaltılmasını icat ettiği özel bir alet kullanarak yapmış ve tarif etmiştir (18). Türk hekimi Şerafeddin Sabuncuoğlu (1385-1468) Türkçe yazdığı Cerrahiyet-ül Hanniye isimli eserinde hidrosefali tanılı bir hastada BOS tahliyesini anlatmıştır (19). Daha sonra geliştirilen teknik ve uygulamalar yatak başı yöntemler olup tekrarlayan VP'a dayanmakta; aşırı drenaj, ventriküler kollaps ve ölüm ile ilişkiliydi (20). Sürekli ve etkili eksternal ventrikül drenajı (EVD) kullanmak için bildirilen ilk girişim, Fransız cerrah ve anatomist Laude-Nicolas le Chat (1700-1768) tarafından yapılmıştır (20). Le Chat lateral ventriküle yerleştiren ve bir seferde az miktarda BOS'u boşaltan özel bir kanül icat etmiştir. Benzer teknikler 19. yüzyılda geliştirilerek popülerlik kazanmıştır.

EVD'nin tarihi 4 aşamada incelenebilir: tekniğin geliştirilmesi (1850-1908), teknolojik gelişmeler (1927-1950), endikasyonların genişletilmesi (1960-1995) ve enfeksiyon kontrolu, güvenirliğini arttırma (1995-günümüz).

Carl Wernicke 1881'de steril VP'yi ve EVD'yi gerçekleştirdi ve bu işlem için *"Aseptik önlemlerle yapıldığında, bu operasyon özünde tamamen güvenlidir."* demiştir (21). W. W. Keen sterilite şartları iyileştirmiş, kendi adını taşıyan ventriküle giriş noktası tarif etmiştir (21). Tiroid cerrahı olarak bilinmesine rağmen Harvey Cushing de dahil olmak üzere birçok beyin cerrahıyla birlikte çalışmaları olan Kocher 1894'te yayınlanan Texbook of Operative Surgery'de yer alan kendi adını verdiği ventriküle giriş noktasını tanımladı (22). Kaufmann ve Clark tarafından alın insizyonuyla ventriküle giriş noktası, yine birkaç yıl sonra Dandy tarafından posteriordan ventriküle giriş noktası tarif edildi (23, 24). Tillmanns derialtı tünellemeyi kullanmasıyla, uzun süreli kateter kullanımlarında dahi enfeksiyon ihtimali yüksek oranda düşürmüştür (25). Walter Dandy 1918'de VP noktasından hava enjekte ederek ventrikülografi tekniğini tanımladı (26). Ventriküler drenajın uygulanabilirliği ve tekniğin oluşturulması ile ilgili çalışmaların ardından yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılması yoluna gidilmiştir. Ingraham ve Campbell tarafından kapalı EVD sistemi ve yatakbaşı kontrollu BOS drenajı sağlayan sistemler geliştirdi (26). Kullanılan ilk materyallerden at kılı, katgüt fitil, metal kanül, sığır kemiği ile sabitlenmiş kanül yerine gelişen teknolojiyle birlikte flanşlı gümüş kanül, kauçuk boru, polietilen tüp, silastik katetere bırakmış ve geliştirilerek günümüzde de revaçta kalmıştır (17). 1948'de Franklin Robinson ventriküler basıncı ölçmeyi sağlayan manometre tabanlı drenaj sistemini geliştirdi (27). Robert White ve meslektaşları Spitz-Holter valfi ve silastik kateter içeren

sistem geliştirdiler. Uygulama kolaylığı, güvenirliği ve artan drenaj süreleri ile EVD'nin endikasyonların giderek genişledi (17). Lundberg'in yaptığı çalışmalarda, KİB monitörizasyonun yaygınlaşmasıyla; KİB ve dalga formaları hakkında daha fazla bilgi edilmiş oldu (28). Bu sebeple Reye sendromu, subaraknoid hemoraji, travmatik beyin hasarı olgularında tedavisi ve takibinde kullanıldı (29-31). Geliştirilen görüntüleme tekniklerinin EVD uygulamalarına entegre edilmesiyle doğruluğunu kontrol etme imkanı sağlandı. Aynı zamanda görüntüleme tabanlı nöronavigasyon yardımlı tekniklerin kullanılmasına olanak sunuldu. Ayrıca profilaktik antibiyoterapi enfeksiyonun önüne geçilmesinde kullanıldı ve cerrahinin başarı oranını arttırdı.

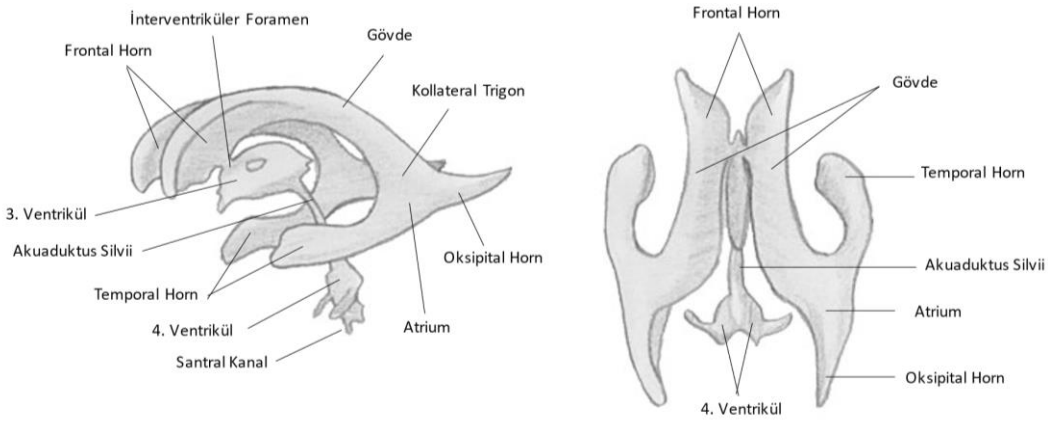
2.1.2. Lateral Ventrikül Anatomisi ve Komşu Yapılar

2.1.2.1. Lateral Ventrikül

Lateral ventriküller, talamus tarafından beynin derininde yerleşim gösteren çift "C" şekilli boşluklardır. Frontal, temporal, gövde, atrium ve oksipital hornlar olmak üzere beş parçadan oluşur (Şekil 1) (32). Foramen Monro aracılığıyla 3. ventriküle bağlanır. Lateral ventriküllerin toplam hacmi sağlıklı bireylerde 21.185±16.71 mm^3 olup tüm ensefalona göre %1.93±1.52'si olarak ölçülmüştür (33). Lateraller ventriküller ventriküler sistemin %83.2±6.84'ünü oluşturmaktadır. Lateral ventriküller içinde frontal horn %28.1±4.70, gövde 21.1±4.93, atrium %24.2±5.96, temporal horn %4.8±2.74 ve oksipital horn %4.9±2.61 oranında yer almaktadır (33).

Her bir lateral ventrikül parçası çatı, taban, medial ve lateral duvarlardan oluşurken; ventrikülün atrium, frontal ve temporal hornlarının aynı zamanda ön duvarı da bulunur. Lateral ventrikül duvarlarındaki komşu yapılar bu yapıya şekilde vermekte olup; talamus, septum pellusidum, derin serebral ak madde, korpus kallozum, kaudat nükleus ve fornikstir (Şekil 1)(32).

Lateral ventriküllerin nöral dokuların içinde yer alması, şekil ve ölçüsünün değişkenliği, esnek ve genişleyebilir yapısı, duvarlarından önemli motor, duysal ve endokrin merkezler gibi otonomik yolların geçmesi bu yapıyı son derece önemli hale getirmektedir. Derin venöz sistemlerle de yakın ilişkisi olan lateral ventriküllerin üç boyutlu anatomisinin tüm nöroşirurjiyenler tarafından iyi bilinmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Ventriküler sistemin şematik gösterimi.

2.1.2.2. Lateral Ventrikül Bölümleri

2.1.2.2.1. Frontal Horn

Frontal horn lateral ventrikülde foramen Monro'nun önünde yerleşen bölümdür (Şekil 2A). Medial duvarı septum pellusidum, ön duvar ve tavanı korpus kallozum genusu, lateral duvarı kaudat nükleus başı tarafından oluşturulur. Lateral ventrikülün dar tabanı ise korpus kallozumun rostrumu tarafından oluşturulur. Foramen Monro'nun anterior bölümünü kolumn forniks oluşturur (34).

2.1.2.2.2. Gövde

Lateral ventrikül gövdesi foramen Monro'nun posteriorundan başlayıp septum pellusidumun bittiği yerde korpus kallozum ile forniksin birleşimine kadar uzanır. Lateral ventrikül gövdesinin tavanını korpus kallozumun gövdesi oluştururken, lateral ventrikül gövde duvarının medialinde yukarıda septum pellusidum, aşağıda forniks korpusu yer alır (Şekil 2B). Lateral duvarda ise kaudat nükleusun gövdesi ve talamusun alt yüzeyi bulunur. Kaudat nükleus ve talamusu ayıran striotalamik sulkusta talamostriat ven uzanır (35).

2.1.2.2.3. Atrium ve Oksipital Horn

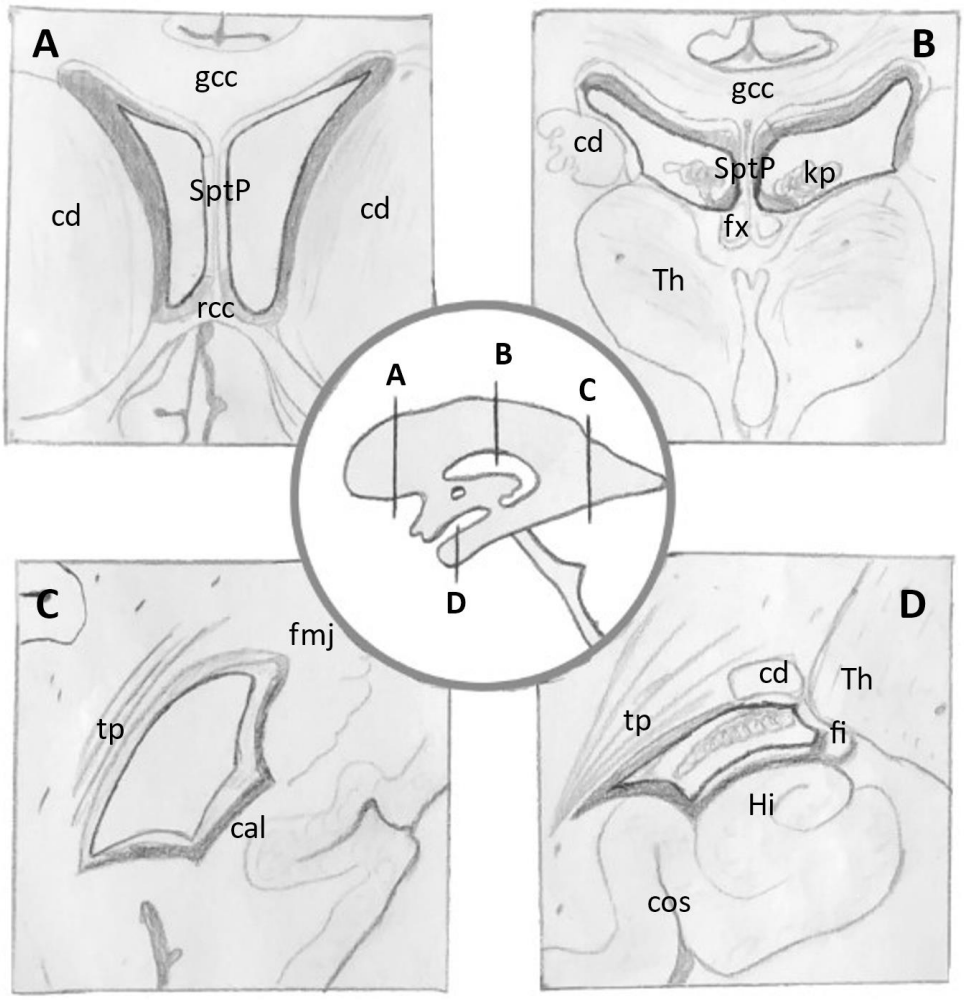
Atrium ve oksipital horn üçgen bir kavite şeklinde olup tepesi posteriorda oksipital lob içinde, tabanı anteriorda pulvinar talami üzerinde yer alır (Şekil 2C). Atriumun tavanını korpus kallozumun gövdesi, splenium ve tapetum oluşturur. Atrium medial duvarında üst

üste yerleşen iki adet çıkıntı yer alır. Bunlardan üstte yer alan çıkıntı korpus kallozumun bulbi olarak isimlendirilir. Bu yapı forseps major denilen geniş lif demetlerinden oluşur. Alttaki çıkıntı ise kalkar avis olarak adlandırılır ve kalkarin sulkusun en derininde yerleşir. Atriumun lateral duvarları anterior ve posterior bölümlerden oluşur. Anterior kısımda, pulvinar talamiyi lateralden saran kaudat nükleus, posterior kısımda ise ventrikülün lateral kenarı boyunca anteroinferiorda uzanan tapetum lifleri bulunur. Atrium ön duvarı lateral ve medial kısımlardan oluşur, medialde pulvinar talamiyi medialden saran krus forniks, lateralde pulvinar talami bulunur. Atrium tabanında kollateral trigon olarak adlandırılan kollateral sulkusun posterior ucundaki üçgen bulging bulunur. Atrium içindeki koroid pleksus, glomus olarak adlandırılır (36).

Oksipital horn, atriumdan posteriora, oksipital loba doğru uzanır ve oksipital lob içindeki alan varyasyon gösterir. Aynı kişide sağ ve sol lobdaki alanlar farklı olabilmektedir (37). Oksipital hornun medial duvarını korpus kallosumun bulbi ve kalkar avis, tavanını ve lateral duvarını tapetum ve tabanını kollateral trigon oluşturur (36).

2.1.2.2.4. Temporal Horn

Temporal horn, talamusun altındaki atriyumdan öne doğru uzanan ve amigdalada sonlanan en uzun lateral ventrikül bölümüdür (Şekil 2D). Temporal horn tabanının medialinde hipokampüs, lateralinde kollateral eminens yer alır. Temporal lobun tavanını talamus inferior yüzeyi ve kaudat nükleus kuyruğu oluşturur. Tavanın posterior lateral kısmı ise korpus kallozumun tapetumu tarafından oluşturulur. Tapetum temporal hornu optik radyasyondan ayırır (32).



Şekil 2. Lateral ventrikül bölümleri ve komşulukları A: Frontal Horn, B: Gövde, C: Atrium, D: Temporal Horn.

gcc: korpus kallazum genu, rcc: korpus kallozum rostrum, SptP: septum pellusidum, cd: kaudat nükleus, fx: forniks, kp: koroid pleksus, Th: talamus, fmj: forceps major, tp: tapetum, cal: kalvar avis, fi: fimbria, Hi: hipokampüs, cos: kollateral sulkus

2.1.2.3. Lateral Ventrikül Nöronal Yapı İlişkisi

2.1.2.3.1. Talamus

Talamus, foramen Monro'nun hemen kaudalinde, lateral ventrikülün merkezinde yerleşmiş diensefalon duvarında yer alan çeşitli modalitelerden duysal girdiler alıp işlenmiş bilgiyi serebral korteksin uygun alarına ileten önemli bir entegrasyon merkezidir. Her bir lateral ventrikül talamusu süperior, inferior ve posteriordan sarar (Şekil 3). Talamusun üst yüzeyi lateral ventrikül gövdesinin tabanını yapar. Pulvinar talaminin arka yüzeyi lateral ventrikül atriumunun ön duvarını yapar. Talamusun inferior yüzeyi temporal horn çatısının medial sınırında yerleşmiştir. Lateral ventrikülün gövdesi talamusun gövdesi

üzerinde, atrium ve oksipital horn talamusun posteriorunda, temporal horn ise talamusun inferolateralindedir (34).

Korono radiata ve İK'den ayrılan ve dorsal talamusun rostral ve kaudal kısmında sonlanan, talamokortikal ve kortikotalamik lif demetleri; talamik radyasyon veya talamik pedinküller olarak isimlendirilir. Bu pedinküller beyinsapı ve spinal korda ulaşır. Klingler talamik pedinkülleri 4 segmente ayırır: anterior, posterior, süperior(santral) ve inferior pedinküller (38). Çalışmamızla ilgili segmentler olan anterior ve posterior pedinküllerden bahsedilecektir.

2.1.2.3.1.1. Anterior Talamik Pedinkül

Anterior talamik pedinkül İK'nin ön bacağından geçerek talamusun en rostral bölgesine giriş yapar ve bu lif demetleri korteksin prefrontal ve orbitofrontal kısmı ile singulat girus arasında karşılıklı bir bağ oluşturur. Talamus ile supplementer motor alan arasındaki lif demetlerini de içerir (39). İşlev olarak, değişik çevresel uyaranlara aktif olarak odaklanma ve dikkati değiştirme kabiliyetleri ile ilişkilidir (40). Sağ taraf İK anterior bacağının bütünlüğündeki mikroyapısal bozukluğun şizofreni ve Alzheimer hastalarındaki apati ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (41, 42).

2.1.2.3.1.2. Posterior Talamik Pedinkül

İK'nin posterior kısmı içinde ilerleyen talamusun pulvinar ve lateral genikülat nükleusu ile posterior paryetal ve oksipital korteks arasındaki bağlantıyı sağlayan ayrıca optik radyasyonunda dahil olduğu lif projeksiyon demetidir. Motor ve görsel entegrasyonda rol oynamaktadır. Etkilenme bölgesine göre hemianopsi veya kuadranopsi, homonim hemianopsi, süperior kuadranopsi gibi görme fonksiyon bozuklukları gelişebilir. Ak madde yollarındaki bozukluk görsel algıda bozukluğa yol açarak aneroksiya nervoza hastalığında da rolü olduğu düşünülmektedir (43).

2.1.2.3.2. Kaudat Nükleus

Kaudat nükleus, talamusu C şeklinde saran, lateral ventrikülün duvarının önemli kısmını oluşturan gri cevher yapısıdır (Şekil 3). Baş, gövde ve kuyruktan oluşmaktadır. Baş kısmı lateral ventrikülün frontal hornu ve gövdesine doğru çıkıntı oluşturur. Gövde kısmı, atriumun lateral duvarının bir bölümünü oluşturur. Kuyruk kısmı ise atriumdan temporal hornun çatısına uzanır ve temporal hornun anterior ucuna yakın seyrederek amigdala ile devam eder. Lateral ventriküle yakın olan talamus ve kaudat nükleusun kendi

komşulukları da önemlidir. Talamusun süperolateralinde kaudat nükleus, posterolateralinde atrium, inferolateralinde temporal horn bulunur. Stria terminalis talamostriat vene paralel uzanan liflerden oluşmaktadır ve amigdaloid nükleustan başlayarak kaudat nükleus ve talamus arasındaki sınırda ventrikül duvarında seyreder (44).

2.1.2.3.3. Korpus Kallozum

Dört bölümden oluşmaktadır; önde rostrum ve genu parçaları, santralde korpus, posteriorda spleniumdan meydana gelir. Korpus kallozum ventrikül duvarının en geniş sınırlarını oluşturmakla birlikte, lateral ventrikülün beş parçasına da katılır (Şekil 3). Frontal horn çatısını rostrum oluşturur. Frontal hornun anterior duvarını oluşturan genu, frontal lobları birbirine bağlayan, frontal ve laterale doğru uzanan lif demetidir ve forseps minör adını alır. Lateral ventrikül, frontal horn ve gövdesinin tavanını korpus kalluzumun genu ve gövde kısmı oluşturur. Atriumun medial duvarının üst parçasını oluşturan splenium, forseps major denilen geniş bir trakt içerir. Forseps major oksipital lobları birbirine bağlamak üzere posteriora doğru ilerler. Tapetum; atrium, oksipital horn ve temporal horn tavanını oluşturmak üzere korpus kallozumun gövde ve splenium parçalarının posteriorundan başlar, lateral ve inferiora ilerler. Tapetum, optik radyasyon liflerini temporal horndan ayırır (34).

2.1.2.3.4. İnternal Kapsül

İK inen ve çıkan lifleri içeren derin beyin bölgelerinde yerleşmiş beyindeki önemli kompleks yapılardan biridir. Lateral ventriküle yapılan cerrahi girişimlerde sıklıkla gözardı edildiğinden anatomisini bilmek önem teşkil etmektedir. Lateral ventrikülün frontal hornunun ve gövdesinin dış kısmını oluşturur. İK, ön bacak, genu, arka bacak, sublentiküler alan ve retrolentiküler alan olmak üzere 5 bölümden oluşur. Kaudat nükleus ve lentiform nükleus arasında İK'nin anterior bacağı bulunur. Ön bacak prefrontal korteks ve anterior singulat korteksten lifler alır. Talamus ve lentiform nükleus arasında İK arka bacağı bulunur. Arka bacak talamokortikal ve kortikospinal lifleri içerir. Genu, anterior ve posterior bacaklar arasındadır. Retrolentiküler alan lentiform nükleusun arkasında, sublentiküler bölüm lentiform nükleusun altındadır. Talamus ve kuadat nükleus arasına yerleşmiş olan İK genusu, lateral ventrikül duvarlarıyla komşuluk yaparak foramen Monro'nun lateraline kadar uzanır (45). Genu kısmı kortikotalamik, talamokortikal ve kortikobulbar lifleri içerir. Sublentiküler bölüm işitsel ve görsel lifleri içerirken,

retrolentiküler bölüm görsel lif demetlerinin bir kısmını taşır (46). İK, radial düzlemde merkez çekirdeğin üst sınırını geçtikten sonra kortekse ışınsal tarzda yayılırken korono radiata adını almaktadır.

Tablo 1. İnternal Kapsülün Anatomik Kısımları ve İşlevleri (47).

Anatomik Kısım	İçerik	Köken	Hedef
Ön Bacak	Anterior talamik radyasyon	Anterior nükleus	Prefrontal korteks Singulat girus
Genu	Motor alanla ilişkili	Ventrolateral nükleus	Premotor korteks Primer motor korteks
Arka Bacak	Kortikospinal yolak Korikospinal yolak Somatosensorial yolaklarla ilişkili	Motor nükleus Ventromedial nükleus Ventrolateral nükleus	Motor yolaklar -Spinal kord -Beyinsapı Somatosensorial Yolaklar Primer somatosensorial yolaklar
Retrolentiküler	Assosiyasyon lifleri Optik radyasyon	Pulvinar Lateral genükulat nükleus	Assosiyasyon alanı Görme alanı
Sublentiküler	Optik radyasyon Akustik radyasyon	Medial genikulat nükleus Lateral genikülat nükleus	Görme alanı İşitme alanı

2.1.2.3.5. Septum Pellusidum

Önden arkaya kısalarak devam eden septum pellusidum ön-arka uzanımı 28-50 mm arasında değişen bir çift laminadır. Korpus kallozumun alt yüzeyi ile krus forniks ve hipokampal komissurun birleştiği yerde kaybolur. Frontal horn içinde aşağıda korpus kallozumun rostrumuna, üstte gövdesine, önde genusuna tutunur (Şekil 3). Lateral ventrikül gövdesi içinde üstte korpus kallozumun gövdesine aşağıda forniks gövdesine tutunur.

2.1.2.3.6. Koroidal Pleksus ve Koroidal Fissür

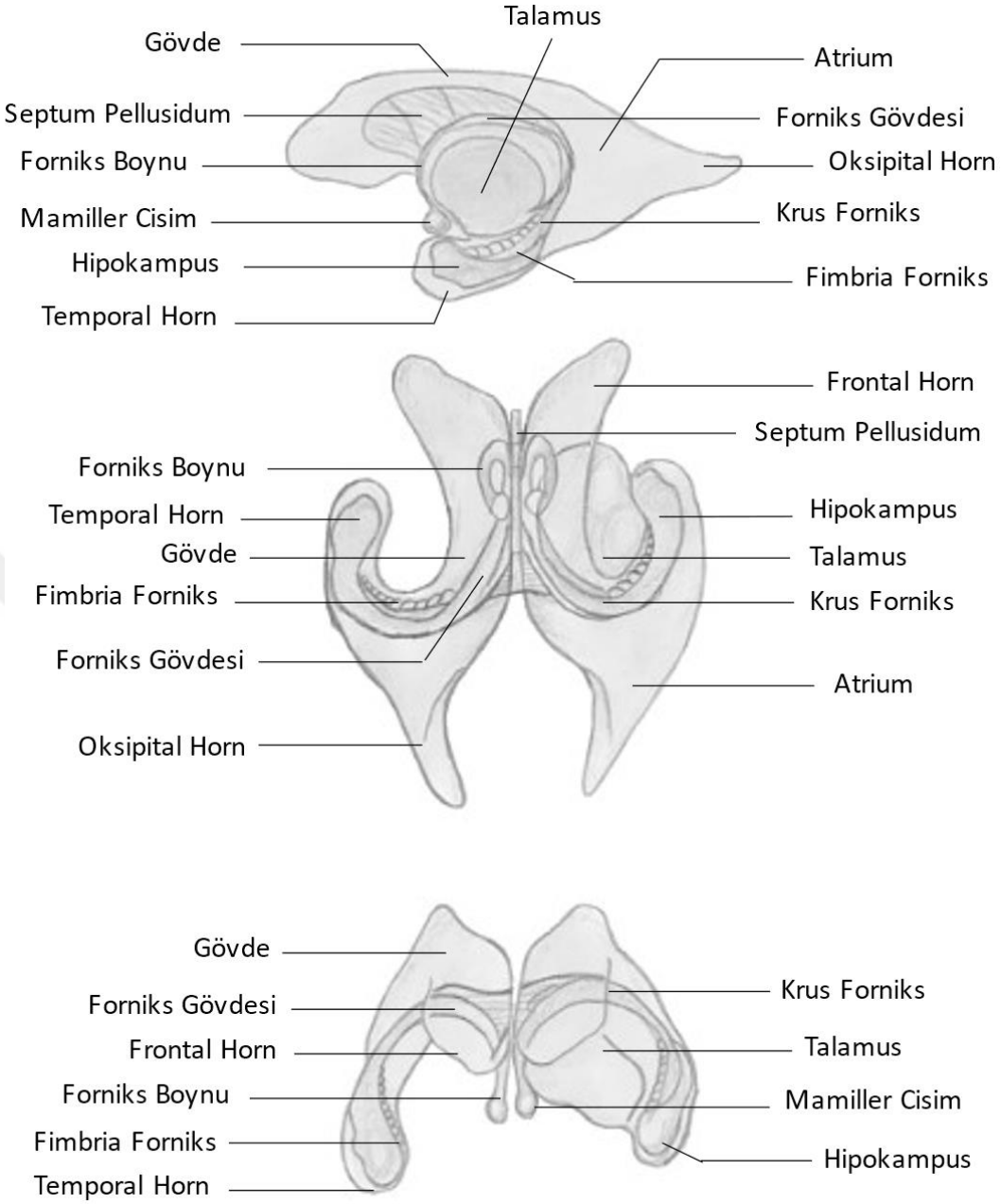
Koroidal fissür; talamusun süperior, inferior ve posterior yüzeyinden foramen Monro'ya doğru uzanan C şeklinde bir oluktur (Şekil 3). Koroidal fissür; temporal hornun medial duvarındaki tek yapı olup forniks gövdesini ve talamusu birbirinden ayıran sulkustur. İnferior koroidal nokta koroidal fissürün en altta sonlandığı yer olup temporal horndaki koroid pleksusun yapıştığı hipokampus başının hemen arkasında, lateral genikulat nükleusun (LGN) lateralinde yer alır (48). Koroid pleksus, her iki lateral ventrikül tabanı boyunca uzanarak, foromen Monro seviyesinden 3. ventrikül içerisine sarkarak, 4. ventrikül çatısını oluşturacak şekilde seyretmektedir.

2.1.2.3.7. Forniks

Forniks, hipokampomamiller trakt liflerinden oluşan ventriküle komşu talamusu C şeklinde saran yapıdır. Hipokampus, subikulum ve dentat gyrustan kalkan lifler birleşerek hipokampomamiller lifleri oluşturur. Forniksin fimbria kısmı, temporal horn tabanında, hipokampal formasyonun ventriküler yüzünden başlar ve pulvinar talamiyi posteriordan çevreleyerek krus adını alırak temporal horn posteriorunda devam eder (Şekil 3). Krus forniks ise korpus kallozumun splenium parçasının altından süperomediale doğru kavis yaparak ilerler.

Lateral ventrikül gövdesi ve atriumun birleştiği yerde bir çift krus forniks birleşerek korpusu oluşturur. Lateral ventrikülün medial duvarında, talamus süperomedialinde forniksin korpusu bulunur. Korpus forniks; lateral ventrikülün gövdesinin tabanını üçüncü ventrikül çatısından ayırır. Talamusun anterior kısmında; forniks korpusu iki parçaya ayrılıp, foramen Monro'nun anterior ve süperior sınırını oluşturup mamiller cisimlere doğru devam eder.

İnce bir lif tabakası olan hipokampal komissur; krus forniksin medial kenarları arasında, korpus kallozumun splenium parçası altında bulunur. Forniks gövdesi lateral ventrikülün gövdesinin medial duvar inferiorunda bulunur. Krus forniks, fimbria forniksi atriumun ön duvarında temporal hornun tabanının medialinde oluşturur. Korpus forniksin lateralinde kalan talamus parçası, lateral ventrikül tavanını oluşturur (36).



Şekil 3. Lateral ventriküllerin komşu nöroanatomik yapılarla birlikte şematizasyonu.

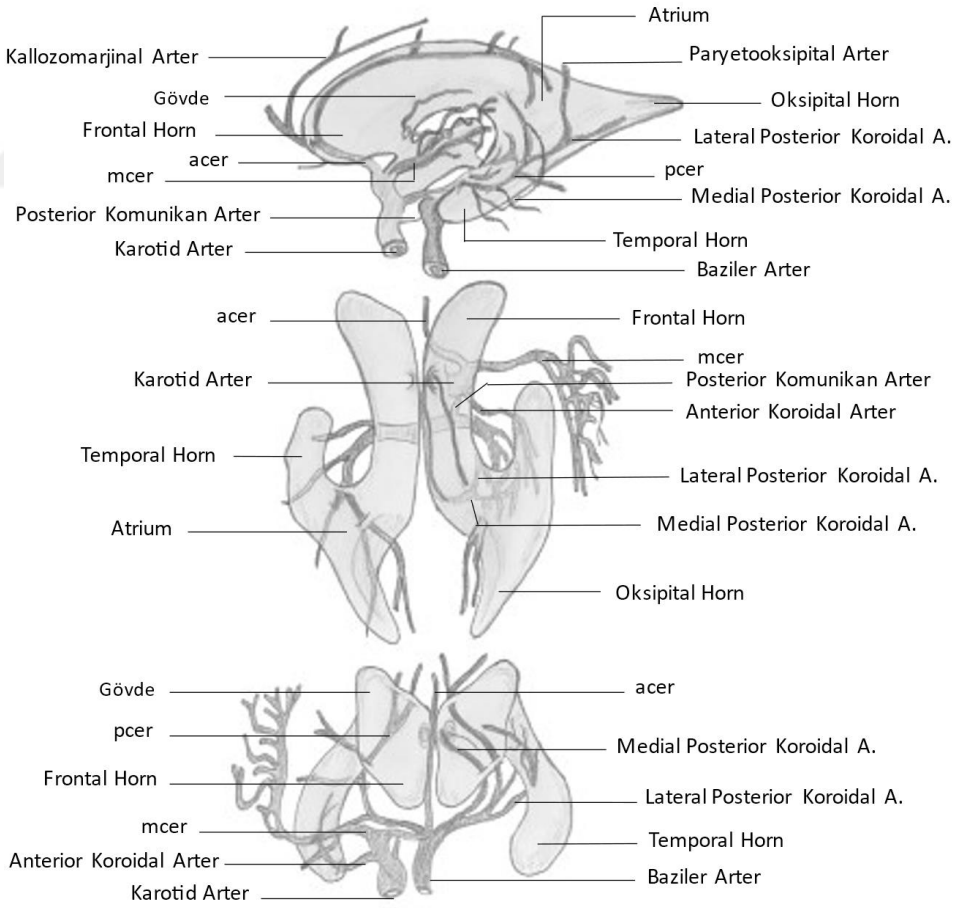
2.1.2.4. Lateral Ventrikül Arteriyal Yapı İlişkisi

Lateral ventriküller cerrahi açıdan önemli arteryal komşulukları vardır. Willis poligonunun bütün arterleri lateral ventrikülün gövdesi ve frontal hornun altındaki ön incisural boşlukta bulunmaktadır (Şekil 4). Frontal horn altındaki sahada internal karotid arter (ICA), orta serebral arter ve anterior serebral arter olmak üzere iki dala ayrılır,

koroidal fissür aracılığıyla koroid pleksusa dallar gönderen anterior koroidal arterler de ICA'dan köken almaktadır (34).

Lateral ventrikül tabanındaki koroid pleksuslar, koroidal arterler tarafından beslenir. ICA'nın terminal segmentinin posteromedial yüzünden anterior koroidal arter çıkmaktadır. Sisternal ve pleksal segmentler olmak üzere iki dala ayrılmaktadır. Sisternal segment optik trakt altında ilerler, serebral pedinkülün lateral yüzünü sardıktan sonra koroidal fissüre ilerler. Unkusun süperomedial bölümüne ulaşır ve temporal horndaki koroid pleksusun ön kısmına dallar vermektedir.

Posterior koroidal arterin ise medial ve lateral olmak üzere iki dalı vardır. Posterior serebral arterin P1 dalından medial dalı çıkar. Üçüncü ventrikülün koroid plekusunu besler. Lateral dalı P2, P3 segmentlerinden ya da dallarından çıkar. Glomus, serebral pedinkül, forniks, pulvinar ve kaudat nükleusa dallar verir. Lateral dal koroid pleksusu besler (49).



Şekil 4. Lateral ventrikülün arteryal ağ ile komşulukları ve beslenmesinin şematizasyonu.

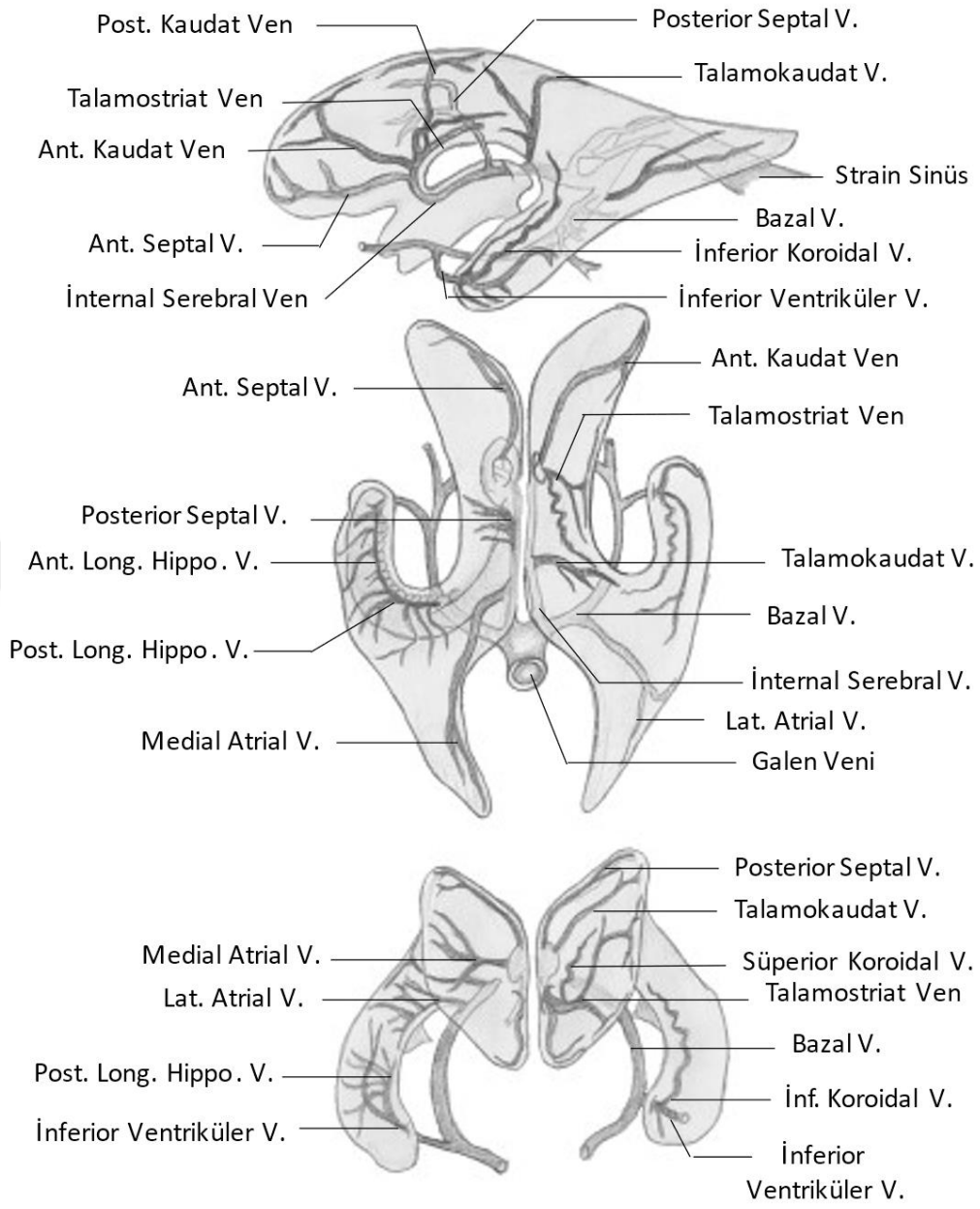
acer: anterior serebral arter, mcer: middle serebral arter, pcer: posterior serebral arter

2.1.2.5. Lateral Ventrikül Venöz Yapı İlişkisi

Lateral ventrikül venöz ağını; internal serebral ven, Rosentalin bazal veni ve Galen veni oluşturur (Şekil 5). Lateral ventrikülün yanında 3. ventrikül, periventriküler beyaz cevher, korpus kallozum, splenium, mezensefalon üst kısmı, lateral ve 3. ventrikül koroid pleksusu ve serebellum üst kısmını drene ederler (50).

Pleksusları, koroidal ven grubu drene eder. Süperior koroidal ven koroid pleksusun ve lateral ventrikülün gövdesinde uzanır. Talamostriyat vene ya da internal serebral vene dökülür. Atrium ve temporal horn koroid pleksusunu inferior koroidal ven drene eder. Bazal ven ya da inferior serebral vene dökülür (51).

Lateral ventrikül duvarındaki venler, ventrikül ependimi değil aynı zamanda komşu yapıları da drene ederler. Anterior-posterior septal ven, medial atriyal ven, hipokampüs transversal ven ve amigdala gövdesini drene eden venler medial duvarda bulunan venlerdir. Anterior-posterior kaudat ven, talamostriyat ven, talamokaudat ven , lateral atriyal ven ve inferior ventriküler ven ise lateral duvarda venöz drenajı sağlayan ven grubudur (51). Septal ven ve talamostriat ven foramen Monro seviyesinde birleşerek internal serebral vene drene olur. Bu birleşim noktasına venöz açı denilir (51).



Şekil 5. Lateral ventrikülün venöz ağ ile komşulukları ve venöz drenajının şematizasyonu.

2.1.2.6. Lateral Ventrikül Ak Madde İlişkisi

2.1.2.6.1. Ak Madde Tanım ve Cerrahideki Önemi

İnsan beyni yapısındaki neo-korteks, lameller yapısı sayesinde özellikle gelişimin erken dönemlerinden itibaren büyük oranda gelişmektedir. Özellikle ak madde gelişiminin, çocukluk çağından ergenliğe geçişte lineer biçimde büyümesiyle gri maddenin

gelişiminden daha hızlı olduğu görülmektedir. En yüksek beyin gelişim ve myelinizasyonun yaşamın ilk iki yılında gerçekleşiyor olduğu düşünülse de ak madde ve beynin diğer kısımlarının gelişimi bu dönemden sonra da devam etmektedir (52, 53). Öğrenmenin gri madde içerisindeki nöronların sinaps sayısını arttırdığı bilinen bir gerçek olmakla birlikte gelişen teknolojiyle MRG alanındaki iyileştirmeler tekrarlayan kompleks görev gerektiren işlemlerin yinelenmesiyle ak maddede yapısal değişikliklere sebep olduğunu göstermiştir. Yapılan çalışmalarda, okumayı öğrenmede ak maddenin yapısal, anatomik organizasyonun; okuma ile ilgili gri madde arasında önemli bağlantısal değişikliğe sebep olduğunu göstermiştir (54). Başka bir çalışma; öğrenmenin en büyük değişikliği henüz myelin kılıf gelişmeyen bölgelerde oluşturduğunu tesbit etmiştir (55). Ayrıca öğrenmenin myelinsiz aksonlarda myelinizasyonu sağladığına, myelinize aksonlarda ise myelin kılıf kalınlığını arttırdığına dair histolojik çalışmalarda mevcuttur (56).

Ak madde tek başına insan beyninin yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Otopsi çalışmalarında ak maddenin toplam hacminin yaklaşık 420 cm^3 olduğu bu da toplam hacmin %42'sine denk geldiği belirtilmiştir (57). Nöroradyolojik çalışmalarda ak maddenin erkeklerde 456$\pm$48 cm^3, kadınlarda ise 392$\pm$28 cm^3 olduğu belirtilmiştir (58).

2.1.2.6.2. Ak Madde Anatomisi

Gri maddeyi nöronal hücre gövdesi ve dendritleri ayrıca aksonların lokal dalları, glial hücreler ve kan damarları oluştururken, ak maddeyi en yüksek oranda (%87) myenli ve myelinsiz aksonlar oluşturmaktadır. Dolayısıyla ak madde hacmi; aksonların sayısı, çapı ve onları çevreleyen myelin kılıf miktarı ile doğru orantılıdır. %13'lük kısmı ise oligodendrositler ve astrositler oluşturmaktadır. Erişkin beynindeki tüm aksonların uzunluğu 176.000 km'ye ulaştığı belirtilmektedir (59). Ak madde içeriğindeki yoğun myelinize aksonal yapılardan ötürü bilişsel fonksiyonlar gibi hızlı işlem gerektiren görevlerde yoğun olarak kullanıldığından, frontal lobda diğer bölgelere göre ak madde sıklığı artmış olarak görülmektedir. Aksonlar aksiyon potansiyelinin iletilmesini sağlananın yanı sıra anatomik yerleşimine göre periventriküler ve derin olmak üzere iki ayrı grupta incelenebilir. Ak madde fiberleri korteksle subkortikal bölge arasındaki bağlantıyı sağlamanın yanı sıra farklı kortikal bölgeler arasındaki bağlantıyı da sağladığı düşünülmektedir (60). Ak maddenin iletişimini sağladığı bu yapıları 3 grupta inceleyeceğiz (37).

1. Projeksiyon fiberleri: serebral korteksi, beyin sapı, spinal kord, serebellum gibi subkortikal yapılara bağlayan yapılardır.
2. Assosiyasyon fiberleri: aynı hemisferdeki kortikal yapıları birbirine bağlayan yapılardır.
3. Komissural fiberler: her iki hemisferdeki benzer yapıları birbirine bağlayan yapılardır. Örnek olarak korpus kallozum sayılabilir.

2.1.2.6.3. Lateral Ventrikül Cerrahisinde İlişkili Ak Madde Yolları

2.1.2.6.3.1. Süperior Longitudinal Fasikül

2.1.2.6.3.1.1. Tarihçe

İlk olarak Reil kaba diseksiyon tekniği ile SLF ve AF sistemini 1809'da önden arkaya uzanan silvian fissür arkasında ark yapan lif demeti şeklinde rapor etti (39). SLF-AF sistemi ilk tanımlanan lif demetlerinden biri olmakla birlikte 200 yıldan fazla zamandır en çok üzerinde durulan ve tartışılan lif demetidir (61, 62).

Daha sonra Alman Fizyolog Burdach, Reil'in tasvirini benimsemiş ve daha kapsamlı açıklama getirdi. Burdach, SLF-AF sisteminin temporal loptan arkaya ve süperiora ilerlediğini, okspital loptan geçerek ve silvian fissürden kavis yaparak paryetal ve frontal lobtan geçtiğini belirtti (39, 61). Sonrasında Mayo (1827), Arnold (1838), Foville (1844) ve Wernicke (1897) tarafından aynı bulgular saptanmasıyla, SLF-AF sistemi geniş kabul gördü (63).

SLF-AF kompleksinin dil yollarındaki ana bağlantı olduğunu Alman psikiatrist ve nöroanatomist Karl Wernicke (1848-1905) ortaya koydu (63). Wernicke'nin hipotezine göre dil frontal ve temporal bölgeler arasında psişik refleks arkının bütünlüğüne dayanmaktadır. Buna rağmen SLF-AF kompleksi Wernicke'nin anatomik modelinde yer almamış, frontal ve temporal bağlantıyı insular kortekste uzanan eksternal kapsül içinden geçen lif demetleriyle sağlandığını düşünmüştür (63).

SLF-AF kompleksini daha detaylı ele alan Dejerine (1895); hemisferin dış yüzeyinde, silvian operkulumda olduğunu belirtiyor. Paryetal operkulumda fasikülün kompakt bir yapı aldığını yüzeyel ve inferior liflerinin insulanın supramarjinal sulkusuna vardığını belirtiyor. Korona radiatanın lateralini kapsadığını, silvian fissür arka kenarında ark yaptığını, yüzeyel lifleri rostrale ilerleyip UF'nin lateral yüzünü kapsadığını ve diğer

liflerinin temporal bölgede sonlandığını en derin liflerinin supramarjinal girus (SMG) ve angular girusta (AnG) sonlandığını kapsamlı şekilde tarif ediyor (64).

Zürih Üniverisitesinden nöropatolog Constatin von Monakow (1853-1930) 1897'de ilk kez motor ve sensoriyal afazi ile SLF-AF kompleksi arasındaki bağlantıya dikkat çekmiş, yaptığı çalışmalar bu konuda dönüm noktası niteliğinde olmuştur (65). Ludwing ve Klingler (1956), Gluhbegoviç ve Williams (1980), Türe (2010) daha ileri tekniklerle çalışmalara devam etmiştir. Makris ve arkadaşları 2005 yılında SLF-AF kompleksini SLF 1, SLF 2, SLF 3 ve AFv şeklinde 4 ayrı komponente ayırıyor (66). Jaun C. Fernandez-Miranda ve arkadaşları fronto-paryetal segment (horizontal), frontotemporal segment (arkuat) ve temporaparyetal segment (vertikal) olarak 3 komportmana ayırıyor (67). Aslında yapılan birçok traktografi çalışmaları SLF'i tek bir demet olarak tarif etmekte, AF'den net ayrımını olmadığını belirtiyor (68-70).

2.1.2.6.3.1.2. Tanım

Dejerine göre SLF, serebral beyaz cevherin ortasında singulum demetinin lateralinde yer alan paryetal operkulum üzerinde kompakt bir demet olarak görünür. Dorsal silvian operkulum ve sirkular sulkusun üzerinde ve korona radiatanın lateralinde yer alır. Koronal kesitlerde üçgen şeklinde olup: infero-lateral açısı silvian operkulumun tabanına karşılık gelir, infero-medial açısı eksternal kapsül ile klastrum arasındaki boşluğa giren eksternal kapsüle karşılık gelir, üçgenin tabanı komşu lif tabakalarının birleşmesiyle oluşturulur. Kaudal olarak, silvian fissürün arka ucu seviyesinde, SLF korona radiata ve korpus kallozum liflerini geçerek ve paryeto-oksipito-temporal girusa inerek aşağı doğru kıvrılır. En yüzeysel lifler, süperior temporal girusun (STG) ön kısmına yayılır; orta lif tabakası STG ve orta temporal girusun (MTG) arka kısmında biter. En derin lifler SMG'a, AnG'e ve dış oksipital yüzeyin giruslarına yayılır (Şekil 6) (64).

SLF'in ana lifleri SLF2 olarak adlandırılmıştır. SLF2 lifleri dorsal frontal bölgeden Brodmann alan (BA) 6, 8'in yanı sıra BA 46'da sonlanır. Kaudal STG'den ve süperior temporal sulkusun korteksinden kaynaklanan lif birliği, silvian fissürün kaudal bölümünün derinliği etrafında kıvrılır ve SLF2 lifleri ile birlikte seyreder. Bu lif grubuna arkuat fasikül adı verilmiştir (71). AF lifleri frontal lobda devam eder ve ağırlıklı olarak BA 8 dorsal kısmında ve BA 46'da sonlanır. AF esas olarak paryetal operküler seviyesinde belirginleşir (Şekil 6). Seyri boyunca komşuluğunu yaptığı korona radiata, subkallozal fasikül, frontooksipital fasikül, eksternal ve ekstrem kapsül ve U lifleri ile ayrımı yapılabilir.

SLF1 süperior ve medial paryetal korteksten kaynaklanır, singulat sulkusun yanı sıra süperior paryetal ve frontal bölge beyaz cevherde devam eder, BA 6,8,9 ve supplementer motor alanda sonlanır. SLF3, SMG'nin rostral kısmından kaynaklanır ve BA 6'nın ventral kısmında ve frontal lobda BA 44,46'da son bulur. SLF1, SLF2, SLF3 ve AF lifleri çift yönlü liflerdir (71).

2.1.2.6.3.1.3. Fonksiyona Giriş

SLF sistemi frontoparyetal bir ağdır. İki küme şeklinde incelebilir. Dorsal ağ istemli motor bilginin işlenmesinde, ventral ağ istemli olmayan motor bilginin işlenmesinde görev alır. Dorsal ağ SLF1 ile yakın ilişkili, ventral ağ SLF3 ile ilişkili olup SLF2 multimodal olup ventral ve dorsal ağları bağlayan bir ağ görevi görür (72).

2.1.2.6.3.1.4. SLF1 Anatomi ve Fonksiyonel Özellikleri

SLF1 prekuneus ve süperior paryetal bölge ile frontal suplementer motor bölge, BA 9 dorsali, BA 6 arasında uzanmaktadır. SLF1 singulumun hemen üzerinde, kallozal liflerin medialindedir. SLF1, süperior frontal girusta (SFG) yüzeyden 2.2 cm, süperior paryetal lobülde (SPL) yüzeyden 3.5 cm derindedir. SLF1, SFG'un ve SPL'nin derininde seyreder ve koronal kesitlerde singulumun üzerinde seyreder.

SLF1; yüksek motor fonksiyonların düzenlenmesinde, somatosensoryal ve kinestetik bilginin taşınmasında, motor aktivitenin başlatılmasında rol almaktadır (39, 72-75).

SLF1, DTG çalışmalarında da süperior-medial paryetal bölgeden, supplementer motor alan ve premotor alan arasında olduğu gösterildi. SLF1 dağılımı SLF2, SLF3'e göre farklı olup simetriktir. SLF1 lateral ventrikül frontal hornunun, gövdesininin ve atriumunun süperior medialindedir. Ventriküle yönelik cerrahilerde özellikle posterior hemisferik prekuneal yaklaşımlarda SLF1 hasar görebilir (76).

2.1.2.6.3.1.5. SLF2 Anatomi ve Fonksiyonel Özellikleri

SLF2, middle frontal girus (MFG) ve inferior paryetal lobül (İPL) derininde yer alır. Sol hemisferde SMG dorsal presantral girus ile bağlantılıdır. Sağ hemisferde bu bağlantı gözlenmemiştir (77). SLF2'nin AF ile yakın anatomik ilişkisi olup AF'nin frontal segmenti, SLF2, SLF3 ile yakın ilişkilidir. Koronal kesitlerde SLF2, AF'nin dorsal segmentinin dorsomedialindedir.

İnsan kadavra çalışmalarında, MRG ve DT-MRG ve traktografi çalışmalarında SLF2'nin visuaspatial dikkat ve farkındalık görevi, okülomotor fonksiyonlarda görevi olduğu anlaşılmıştır. SLF2 hasarlanması, uzaysal çalışma hafızası ve dikkatte problemlere yol açar. Neglect sendromu, spatial hemineglect ve Gerstman Sendromuna yol açabilir (78-80).

SLF2, lateral ventrikül atriumunun üst kenarının ve lateral ventrikülün gövdesinin yüzeyelinde, dalgalı seyir gösteren uzun bir assosiasyon lifidir. Ventriküle anterior, posterior transkortikal yolla yapılacak cerrahilerde zarar görebilir.

SLF2'nin volümü SLF3'ün volümünün yaklaşık 2 katıdır. Solda 18.9 cc, sağda 19.9 cc'dir (77). Sol SLF2 ortalama 8.8 cm, sağ SLF2 ortalama 8.7 cm'dir (77).

2.1.2.6.3.1.6. SLF3 Anatomi ve Fonksiyonel Özellikleri

Pars operkularisi ve SMG'i birbirine bağlar. BA 6, 44, 46' da sonlanır. SLF3 en yüzeyel assosiasyon lifidir. Yüzeyden derinliği 1 cm'dir. AF'nin ventral segmenti SLF3'ün medialindedir. Traktografi çalışmalarına göre de SLF3, SMG'nin derininde başlar.

SLF3 dominant hemisferde dilde artikülasyon görevi non-dominant hemisferde görsel-uzaysal dikkati ve müzik işleri ile ilgilidir. Hasarında diskonnekt sendromu, spatial hemineglect sendromu, dizartri, anartriye yol açar (81-83).

SLF3 lateral ventrikülün frontal horn ve gövdesinin süperior 2/3'ünün lateralinde yer alır. SLF2'nin inferior ve lateralindedir.

SLF3 solda 8.5 cc, sağda 10.1 cc'dir. Uzunluğu solda ortalama 6 cm, sağda ortalama 7.9 cm'dir (77).

2.1.2.6.3.1.7. Arkuat Fasikül Anatomi ve Fonksiyon Özellikleri

AF Catani tarafından 3 bölüme ayrılarak sınıflandırıldı. Bunlar uzun direkt segment, anterior indirekt ve posterior indirekt segment olarak incelendi (84). AF direkt segment frontalden temporale kadar uzanır. Anterior indirekt segment başlangıcının daha anteriorundan, STG ve MTG'nin orta kısmından başlayıp, insulanın posterosüperior noktasından devam ettikten sonra horizontal seyir gösterip pars triangularise (BA 45) ulaşmaktadır. AF indirekt segment anterior ve posterior olarak iki segmente ayrılır. Catani İPL'yi oluşturan SMG ve AnG'leri Geschwind Bölgesi olarak tanımlamıştır. AF indirekt anterior segment; Broca alanı ile Geschwind bölgesi arasında İPL'den frontale uzanır. AF

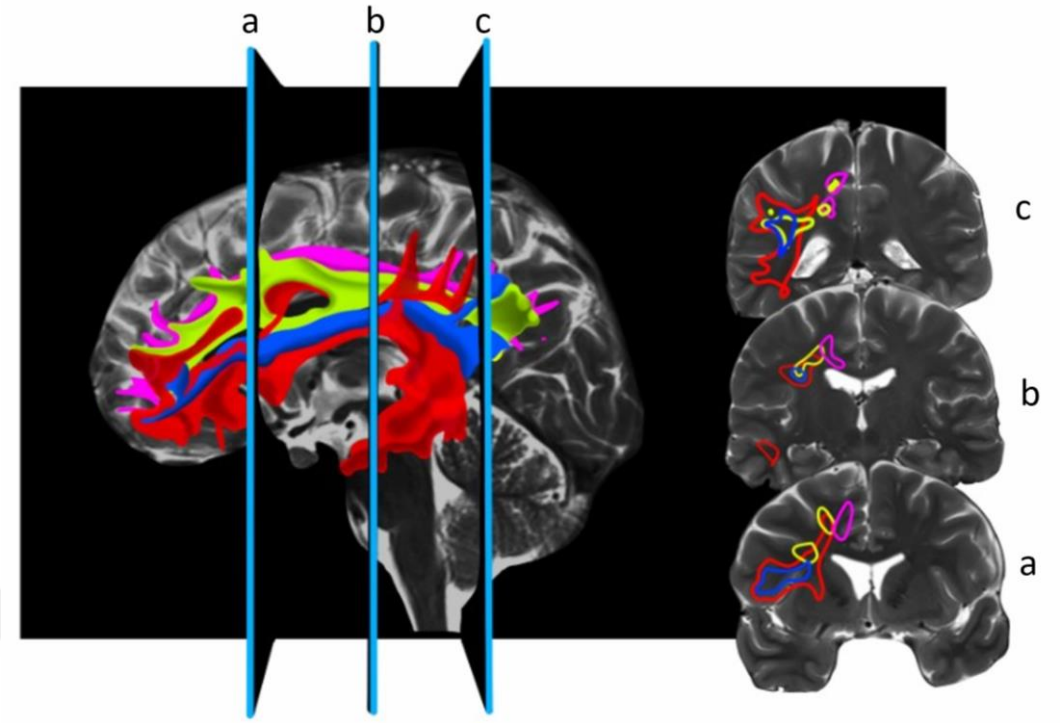
posterior indirekt segment; Wernicke alanı ile Geschwind bölgesi arasında temporalden İPL'e uzanır.

AF ile ilgili yapılmış başka bir çalışma da Yağmurlu ve ark. tarafından yapılmış ve ventral ve dorsal bölüm olarak ikiye ayırmıştır. Ventral bölüm dorsal bölümün anteroinferiorunda yerleşmiştir. STG orta ve posterior kısımlarından, MTG'nin arka kısımlarından köken alarak SMG inferior alt kısmından geçerek MFG, ventral premotor kortekse ve inferior frontal girusün (İFG) pars operkularisine ve triangularisine yönelmektedir. Dorsal bölüm ise MTG ve inferior temporal girusün (İTG) posterior kısımlarından köken aldıktan sonra AnG inferior kısmının altından geçerek MFG'nin posterior kısmına, ventral premotor kortekse ve İFG'nin pars operkularisine yönelmektedir (85).

AF'nin ventral bölümü fonolojik dil işlevleri ile ilişkili olup dorsal bölüm dilin leksikal (sözlük ile ilgili), prosodik (ritm) ve semantik (anlamsal) işlevleri ile yakından ilişkili bulunmuştur. SLF ile birlikte "çift akımlı dil" modeline göre dorsal dil akımını oluşturmaktadır (86).

AF'nin frontal kısmı zedelenmesi durumlarında afazi veya disfazi (konuşmanın içeriğinin bozulması) gelişebilmektedir. AF'nin ventral bölümünün zedelenmesinde parafazi (anlamsız ve içeriği karışık konuşma) ve konuşmanın tekrarlama işlemi ile ilgili bozukluk geliştiği görülmüştür.

Catani sınıflamasına göre AF uzun direkt segment; tekrarlama, AF anterior indirekt segment; anlamsal konuşma ve AF posterior indirekt segment sesin anlaşılması ile ilgili segmentlerdir (86). AF posterior indirekt segmentinin hasarında (Wernicke ve Geschwind alanları arasındaki hasarı) transkortikal duysal afazi gelişir. AF anterior indirekt segment hasarında (Geschwind ile Broca alanları arasındaki hasarı) transkortikal motor afazi gelişir. AF uzun direkt segment hasarında ise kondüksiyon iletim tipi afazi görülmektedir (87).



Şekil 6. SLF-AF kompleksinin sagittal, koronal düzlemde gösterimi.

pembe: SLF1, sarı: SLF2, mavi: SLF3, kırmızı: AF

2.1.2.6.3.2. Orta Longitudinal Fasikül

MdLF ilk kez 1984 yılında Seltzer ve Pandya tarafından rhesus maymunlarında otoradyografi yöntemi ile incelenirken keşfedilmiştir (88). Gelişen radyolojik yöntemlerle 2009 yılında Makris ve ark. tarafından DT-MRG kullanılarak ilk kez insan beyninde tanımlanmıştır (89). Maldonado ve ark. lif diseksiyon yöntemiyle ayrıntılı olarak mikroanatomisini göstermiştir (90).

DTG ve traktografi incelemelerine göre BA 38'den başladığı STG'nin içinden geçtiği ve BA 22,42 dorsaline ilerlediği görülmüştür. Sagittal stratumun üst, korona radiatanın alt kısmından kaudale uzanarak İPL, AnG (BA 39,40) ve SPL'e (BA 7) ulaşmaktadır (Şekil 7). Lif diseksiyonu yöntemiyle incelendiğinde ise posterior uzanınımının İPL yerine oksipital korteks lateral yüzeyine kadar uzandığı görülmüştür (90). Sagittal striatum seviyesinde MdLF, AF medialinde, İLF ve İFOF süperolateralinde yer almaktadır (89). İFOF ile birlikte özellikle temporal lob içinde uzanımları vardır. MdLF sagittal striatumu daha lateralden terk ederek temporal operkuluma girer. İFOF ise temporal lobun derininde medialde ilerleyerek eksternal kapsüle ve insulaya ilerlemektedir (90).

MdLF 3 segmentte incelenir. Anterior segment temporal operkulum ak maddesi içinde seyreder. Orta segment STG ile sagittal striatum arasındaki kısımdır. Posterior segment sagittal planda en uzun ve geniş segment olup AF medialinde dar bir katman şeklinde dağılmaktadır (90).

MdLF fonksiyonları açısından halen çalışılmakta olan bir yolaktır. AnG ve STG gibi işlevleri iyi bilinen kortikal alanlarla olan bağlantısı göz önünde bulundurulduğunda dil ve dikkat fonksiyonlarında rol aldığı düşünülmektedir (91). Kelimelerin akustik, fonetik olarak işlenmesinde, kelimelerin üretilmesinde, ses ve hecelerin düzenlenerek artiküler bir forma çevrilmesinde rol aldığı öngörülmektedir (92). Sağ hemisferin dominant fonksiyonlarından biri olan vizyospasyal algı ile objelerin ve vücudun uzaydaki konumunun belirlenmesinde rolü olan SPL ile AnG ve STG arasındaki bağlantıların bir kısmının MdLF ile iletildiği görülmüştür (93). Ayrıca SPL'nin temporal pol ile bağlantısını sağlayan MdLF görsel ve işitsel bilginin entegrasyonun sağlanmasında rol almaktadır (94).

MdLF'nin lezyonlarında, dorsal temporal pol, STG, AnG ve SPL ile ilgili çeşitli nörolojik ve psikiyatrik bozuklukları içeren klinik etkileri olabilir. Primer progresif afazi, frontotemporal demans, Alzheimer hastalığı, posterior kortikal atrofi ve kortikobazal dejenerasyon gibi nörodejeneratif hastalıklarda bu yolağın etkilendiği gösterilmiştir (95).

Ayrıca bağlantılı olduğu sol STG'de olan lezyonlarda şizofreni ve afazik sendromlar, sağ STG ve AnG'de ise dikkat eksikliği-hiperaktivite bozukluğuna neden olduğunu gösteren çalışmalar yapılmıştır (89, 96).



Şekil 7. MdLF'nin lateral ventrikül ile ilişkisi ve projeksiyonu.

2.1.2.6.3.3. İnferior Longitudinal Fasikül

Burdach tarafından ilk defa 1822 yılında tanımlanmıştır. Oksipital ve temporal loblar arasında çift yönlü bilgi ileten uzun bir bağlantı lif sistemidir. Oksipital-paryetal bölgede İLF lifleri ak madde içerisinde dikey formda ilerleyerek paryetal, oksipital ve temporal lobların yerel U lif sistemine dahil olurlar. Oksipital lobdan gelen liflere ek olarak singulat girus kaudal bölüm, İPL ve STG'den de lifler taşır (Şekil 8) (39).

İLF'nin bileşenleri merkezi görme ve bununla ilişkili görsel-uzaysal analiz arasında iletişim sağlar. Oksipitotemporal bölgeleri ve parahipokampal girus, amigdalayı da içine alan rostral temporal bölgeler İLF aracılığıyla görsel algının erken safhalarına dahil olarak görsel bölgelere geri yönlendirilirler. İnferotemporal kortekslerden oksipital loba ve bu iki bölgeden amigdalaya olan geri bildirim bağlantıları hafıza, dikkat ve görsel eşlemede rol oynar (97).

Ventral temporal ve ventral oksipital korteksleri birbirine bağlayan İLF cisimlerin tanımlanmasına, ayırt edilmesine ve tanınmasına olanak sağlamaktadır (98). Yüz tanıma özelliği de ventral akış ile sağlanmaktadır (99).

Oksipital-parietal lifleri dorsal akış yolağı olarak görsel algının uzaysal konumunu bulmaya yöneliktir (100).

Fusiform girus ve oksipital lobun yüz bölgesi işlevlerini kapsayan alanlarının çift yönlü lezyonlarında yüz tanıma yeteneğinin yitirilmesi olarak bilinen prosopagnozi gelişir (101).

Son yapılan çalışmalarda İLF ile aleksi arasında sıkı bir ilişkinin olduğu varsayılmıştır. İLF'nin posterior yarısının mutlak okuma yeteneğinde bozukluğa sebep olacağından rezeke edilmemesi gerektiğini öne sürülmüştür (102).

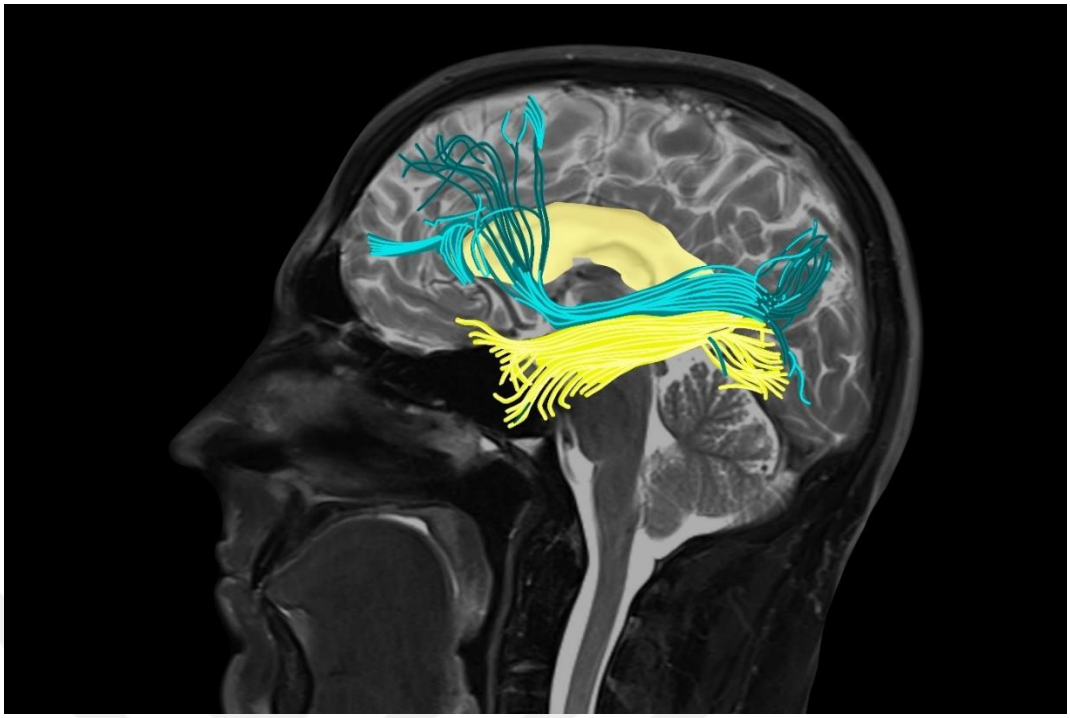
2.1.2.6.3.4. İnferior Frontooksipital Fasikül

Frontal lobun insanın doğumdan sonra hacimsel olarak en fazla gelişim gösteren beyin bölgesi olmasının arkasında insana özgü gelişen yüksek bilişsel yeteneklerin işlevsel merkezi olması olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple frontal lobun ak madde bağlantıları da zengindir. Serebrumun iki zıt kutbu oksipital ve frontal lob arasında birbiri ile bağlantılı çok sayıda ak madde lif demetleri ile bağlantı kurarlar. Bu lifler SLF, singulum, İFOF sayılabilir.

Konuşma işlevinin iki ak madde yol sistemi dorsal ve ventral yol ile işlevsel olduğu görüşü hakimdir (103). SLF tarafından meydana getirilen dorsal sistem, işitsel uyarının anlaşılması ve karşılığında konuşmanın başlatılmasını sağlar. Ventral sistemi oluşturan İFOF konuşmanın anlam kazanması aşamasında semantik görevi yerine getirmektedir.

MFG ve İFG'den başlayan, arka ve inferior yönde ilerleyerek temporal steme ulaşıp geçtikten sonra paryetal lobun arka kısımlarına ve oksipital lobun hem medial hem de lateral yüzeylerine dağılarak sonlanan İFOF, en belirgin fronto-oksipital bağlantıdır (Şekil 8) (104).

Uzun yıllardır anatomisinden haberdar olduğumuz İFOF'un klinik ve fonksiyonel önemi son yirmi yılda anlaşılmıştır. İFOF sözel uyarının işlenmesinde semantik aşamada temel rol aldığı, iletişimin görsel etmenlerinde görev aldığı ve motor işlev, yazma ve okumanın planlanmasında rol oynadığı bilinmektedir (105, 106).

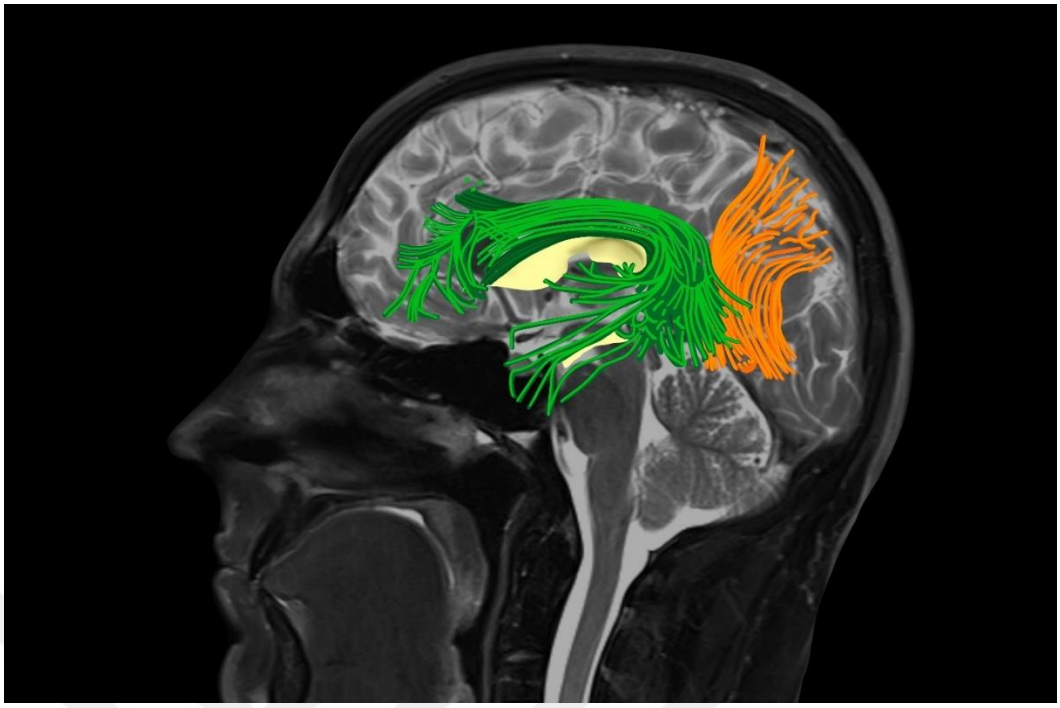


Şekil 8. İLF ve İFOF'nin lateral ventrikül ile ilişkileri ve projeksiyonları.

yeşil: İFOF, sarı: İLF

2.1.2.6.3.5. Vertikal Oksipital Fasikül

İlk defa insanda Heinrich Obersteiner tarafından tanımlanmıştır (107). Sonrasında yapılan radyolojik çalışmalarda VOF'un AnG ve süperior oksipital lob (SOL) arasında uzandığı ve medialinde İLF olduğu tesbit edilmiştir (Şekil 9) (108). Okuma ile ilgili önemli fonksiyonları olduğu, cerrahi sonrası pür aleksi gelişen hastalarda VOF'un etkilenmesiyle ilişkili olduğu gösterilen olgu çalışmaları ile ortaya konulmuştur (109). Oksipital ve paryetal loblar arasında VOF dışında direk bağlantı yapan lif demeti bulunmamaktadır.



Şekil 9. AF ile birlikte VOF'nin lateral ventrikül ile ilişkisi ve projeksiyonu.

yeşil: AF, turuncu: VOF

2.1.2.6.3.6. Frontal Aslant Fasikül

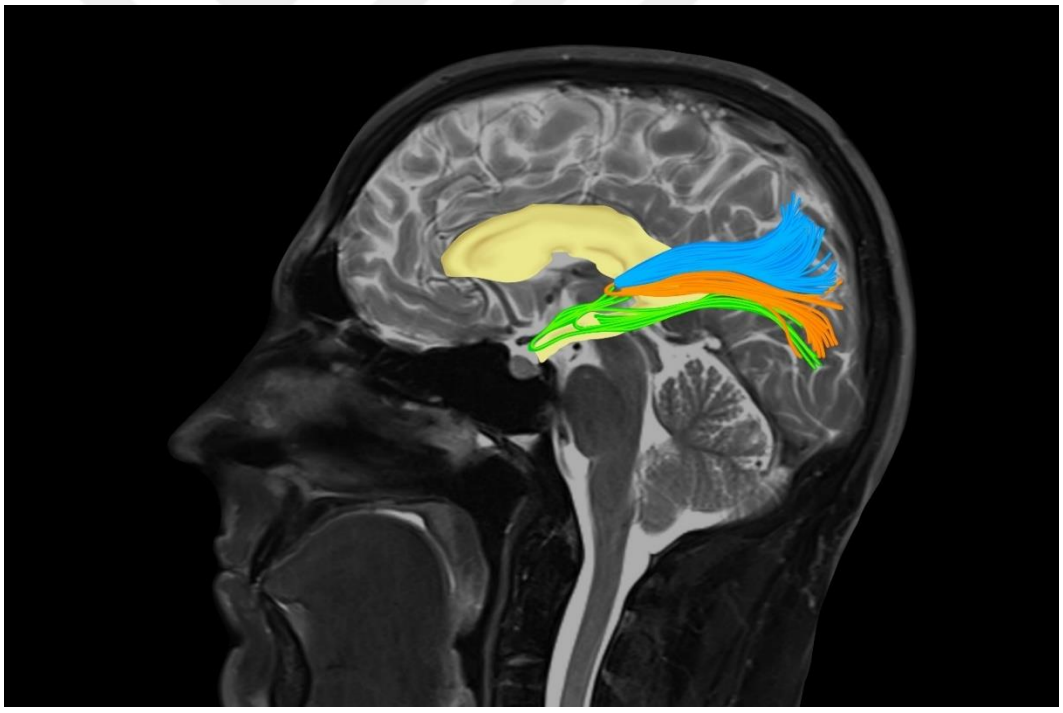
Gelişen MRG ve diseksiyon teknikleri farklı yöntemlerle ak madde incelemesinde iyileştirmeler sağlamasıyla yeni ak madde yollarının keşfedilmesine yol açmıştır. Frontal aslant fasikül de yakın zamanda tanımlanan bir ak madde yoludur. *"Ön eğimli yol"* manasına gelmektedir. Ön SMG ile İFG arasındaki bağlantıdan ilk 2007'de bahsedildi (110). FAT'ı ilk tarifleyenler Catani ve Thiebaut de Schotten olmuştur (111, 112). Koronal planda bir bağlantı yolu olup SFG ve ipsilateral İFG'yi birbirine bağlar. FAT; SMG kompleksini ve dorsolateral prefrontal korteks ile İFG, ön operkulum ve ön ile orta insular bölgeleri birbirine bağlar (113, 114). FAT'ın İFG içindeki ana sonlanım alanları pars operkularis olsa da bazı lifleri pars triangularise ve presantral girusun alt bölgelerine ulaşmaktadır (115).

FAT fonksiyonları açısından karmaşık birçok fonksiyona sahiptir. Konuşma ve dil işlevlerinin (sözlü akıcılık, konuşmanın başlatılması ve engellenmesi, cümle üretimi ve sözcüksel karar verme) yanı sıra yürütücü işlevlerde (görsel motor faaliyetler, ağız-yüz hareketleri, engelleyici kontrol, çalışma belleği, sosyal topluluk bilinci, dikkat etme, müzik farkındalığı) üstlenmektedir (116).

2.1.2.6.3.7. Optik Radyasyon

Optik radyasyo, Meyer halkası olarak da bilinen anatomisiyle karmaşık ve sıklıkla tartışmalara yol açan bir ak madde yoludur. Anatomisini tanımlamak üzere birçok anatomik diseksiyon ve traktografik çalışmalar yapılmıştır (117).

Optik radyasyo 3 beyaz madde lif demetinden oluşmaktadır. 1907'de Meyer'in tanımladığı ön demet veya Meyer halkası; LGN'den çıktıktan sonra lateral ventrikül duvarı posterior komşuluğunda uzanıp, keskin dönüş yapmadan önce ipsilateral temporal boynuz ön ucunun süperior yönü boyunca öne doğru uzanarak kalkarin fissür alt kenarındaki oksipital pole ulaşır (118). Merkezi demet LGN'yi lateral yönde terk ederek lateral ventrikül duvarı boyunca oksipital kortekse kadar uzanır. Dorsal demet ise kalkarin korteksin üst kısmına ulaşmak için doğrudan posteriora uzanmaktadır (Şekil 10) (119).



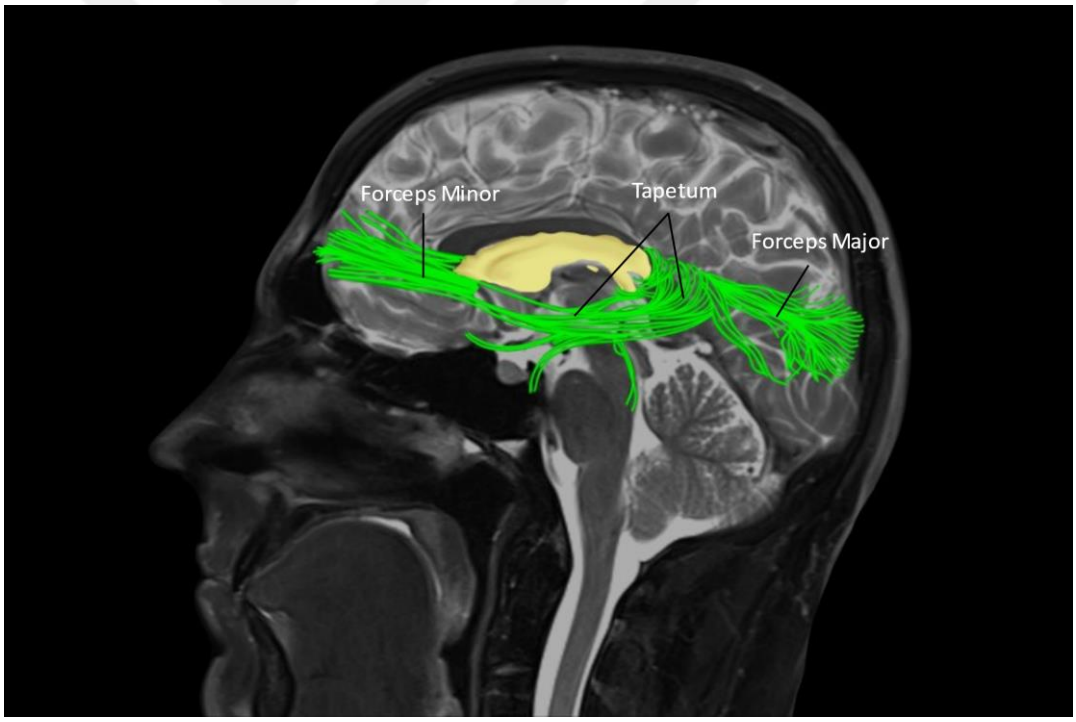
. **Şekil 10.** Optik radyasyonun lateral ventrikül ile ilişkisi ve şematizasyonu

mavi: dorsal demet, turuncu: merkezi demet, yeşil: ön demet

2.1.2.6.3.8. Tapetal Lifler

Johann Cristian Reil (1759-1813) tarafından ilk kez tanımlanan tapetum, lateral ventrikül üst bölümünde korpus kallozumdan geçen liflerin oluşturduğu tabakadır. Tapetum, korpus kallozumun arkasından geçerek, karşılıklı MTG ile bağlantı sağlayan liflerin oluşturduğu yoldur (Şekil 11).

Tapetum, lateral ventrikülün kornu posterior ve kornu inferior lateral duvarları boyunca bir örtü gibi epandimal tabakanın altında görüntülenir. Tapetumun medialden laterale sıralanan lifleri internal sagittal stratum, eksternal sagittal stratum, fasciculus longitudinalis lifleridir. Bu liflerin işlevi de bilateral görme, konuşma ve işitme duyusu bilgi iletimidir (120). DTG ile gösterilen epileptiform aktiviteyi beynin karşı taraf sağlıklı alanlarına ileten lif grubudur (121).



Şekil 11. Tapetal liflerin forseps major ve forseps minör ile birlikte lateral ventrikül ile ilişkisi ve şematizasyonu.

Tablo 2. Lateral Ventrikül Bölümlerinin Komşulukları (122).

Ventrikül Duvarı	Komşu yapılar
Frontal horn	
Lateral	SLF 3, AF, İFOF, klostrokortikal, frontopontin, AFTR, SFTR, VCF, UF
Medial	Forceps minör, korpus kallozum, septum pellusidum
Süperior	SLF 2, SLF 1, Singulum, Korpus Kallozum
İnferior	UF, singulum, korpus kallozum rostrum
Anterior	Singulum, Korpus Kallozum
Gövde	
Lateral	SLF 3, AF, klostrokortikal, frontopontin, SFTR, VCF, kaudat nükleus, CST, PTR
Medial	Septum pellusidum
Süperior	SLF 1, SLF 2, singulum, Korpus Kallozum
İnferior	Forniks gövdesi, ön komissur, talamus, koroid pleksus, stria medüllaris talami, stria terminalis
Atrium	
Lateral	AF, klostrokortikal, parietopontin, PTR, MdLF, İFOF, oksipitopontin, VOF, anterior komissür, optik radyasyon, tapetum
Medial	Singulum, forseps majör
Süperior	Tapetum, SLF 1, singulum, tapetum
İnferior	Li-Am, optik radyasyon ön kısmı
Anterior	Forniks, talamus, koroid pleksus, kaudat nükleusun krurası
Temporal Horn	
Lateral	AF, İFOF, oksipitotempopontin, anterior komissür, optik radyasyon, tapetum
Medial	Talamus, hipokampüs, forniks fimbria
Süperior	MdLF, kaudat nükleusun kuyruğu, koroid pleksus
İnferior	Singulum, Li-Am, optik radyasyon ön kısmı
Anterior	UF, amigdala, anterior komissür
Oksipital Horn	
Lateral	VOF, İFOF, oksipitopontin, ön komissür, optik radyasyon, tapetum
Medial	Forseps majör, sledge runner
Süperior	Tapetum
İnferior	Optik radyasyon ön kısmı

SLF: süperior longitudinal fasikül, İFOF: inferior frontooksipital fasikül, UF: unsinat fasikül, AF: arkuat fasikül, MdLF: middle longitudinal fasikül, VOF: vertikal oksipital fasikül, KST: kortikospinal trakt, AFTR: anterior frontal talamik radyasyon, SFTR: süperior frontal talamik radyasyon, Li-Am: lingular amigdaloidal, VKT: ventral kallozal trakt

2.2. VENTRİKÜLER TAP ENDİKASYONLAR

VP veya VK uygulamalarının ana endikasyonları modern nöroşirurji tarihi boyunca önemli ölçüde değişmemiştir. Teşhis endikasyonları olarak sitolojik değerlendirme için BOS toplanmasında ve radyolojik görüntülemeyi kolaylaştırmak için kontrast maddelerin verilmesinde, KİB'in ölçülmesinde ve endoskopik olarak intraventriküler aralığın gösterilmesinde VT işlemi kullanıldı. Terapötik endikasyonlar; genellikle artan KİB'i BOS drenajı yoluyla rahatlatması, kemoterapötik ajanların verilmesi ve endoskop ile ventrikül içi cerrahi prosedürlerin uygulanması gibi nedenlerdir (123). Ayrıca geçici BOS diversiyonu; acil şant ihtiyacı olup şant cerrahisinin sağlanamadığı durumlarda ve enfekte şantın yönetiminde, tekrarlayan LP veya lomber drenajın uygun olmadığı menenjit vakalarının yönetiminde kullanılmaktadır (5).

Modern anlamda hem terapötik hem de tanısal amaçlar için ventriküle erişim gerekli olsa da en yaygın kullanım alanları artmış KİB ölçülmesi ve BOS drenajını sağlayan sistemlerin entegrasyonu olmuştur (123).

2.3. VENTRİKÜLE GİRİŞ NOKTALARI

Ventrikül içindeki lezyona ulaşılması veya BOS ponksiyonu yapılması amacıyla geçen yüzyılda farklı giriş noktaları tanımlandı. Bu giriş noktaları, çeşitli yüzeyel belirteçler kullanılarak, farklı açılar ve farklı uzunluklar hesaplanarak tarif edildi.

Dış kulak yoluna göre ön ve arka olarak iki kategoride önemli görülen noktalar tarif edilecektir. Ön erişim alanları: Kocher, Kaufman, Paine, Menovksy ve Tubb noktalarını; posterior erişim alanları: Keen, Frazier, Dandy ve Sanchez noktalarını içerir.

2.3.1. Ön Erişim Noktaları

2.3.1.1. Kocher Noktası

İsviçreli beyin cerrahı Emil Theodor Kocher'in (1841-1917) tarif ettiği düşünülmektedir (124). Sonrasında bu nokta üzerinden Cushing ve Tilmanns'ın ventrikülostomiyi tarif etmeleri tıp camiası içinde kabul edilebilirliğini arttırmıştır (125).

Kocher noktası acil durumlarda BOS drenajı sağlamak amaçlı EVD sistemi yerleştirilmesinde kullanılmasının yanı sıra ventriküloperitoneal şant yerleştirilmesi (126), endoskopik üçüncü ventrikülostomi (127), kolloid kistin endoskopik çıkarılması (128) ve ventrikül içi kanamaların endoskopik çıkarılması (129) gibi amaçlarla da kullanılmaktadır.

Patolojiye ve cerrahi hedeflere bağlı olarak taraf seçimi değişebilmekle birlikte genellikle dominant olmayan taraf seçilir. Burr-hole nasiondan 11 cm üst-arkada ve orta hattan 3 cm lateralindedir. Bu konum koronal suturun 1-2 cm önünde SSS'nin ve sinüse drene olan venlerin lateralinde yer alır. Lateral ventrikülün frontal hornuna ulaşmak için verilmesi gereken açı, ipsilateral medial epikantus ve ipsilateral dış meatus akustikustan çizilen çizgilerin kesişimine dik bir açıyla yönlendirilmesi ile belirlenir. Cilt insizyonu, koronal sütür insizyonun alt kısmında görülebilecek ve saçsız deriye ulaşmayacak şekilde yaklaşık 2-3 cm vertikal insizyon şeklindedir. Gönderilmesi gereken katater uzunluğu, ipsilateral lateral ventrikülün frontal hornuna ulaşana kadar gönderilmek şartıyla cilt yüzeyinden yaklaşık 6 cm'dir. Katater ucu frontal hornun içine veya foramen Monro'nun yakın konumuna yerleştirilir ki koroid pleksus tarafından obstrüksiyon riski azalsın (130). Yaygın kullanılması ve uygulabilirliği nispeten kolay olmasına rağmen klinik pratikte %4-40 arasında yanlış uygulanması söz konusudur (131, 132).

2.3.1.2. Paine Noktası

İlk olarak Paine ve arkadaşları tarafından tanımlanmıştır (133). Anevrizmal subaraknoid kanamalarda yapılan kraniotomi sonrası intraoperatif BOS ponksiyonu yapılmasına olanak vermektedir. Ciddi beyin ödemi şüphesi varsa retraksiyonu azalmak ve diseksiyonu kolaylaştırmak amacıyla uygulanır. Bu teknik dura açıldıktan sonra ön kranyal fossa tabanından 2.5 cm yukarıda ve silvian fissürün 2.5 cm önünde bir nokta belirlenir. Pia koterize edildikten sonra beyin yüzeyinin dış bükeyliğine dik bir açıda ipsilateral lateral ventrikül ön boynuzuna ulaşana kadar yaklaşık 4-5 cm kadar kateter ilerletilir. Paine noktasının güvenirliğini ve etkinliğini gösteren seri çalışmalar yoktur fakat birçok yazar teorik olarak kaudat nükleusun başı, Broca alanı ve talamusa zarar verme riskinin olduğu sonuca varmışlardır. Bu sebeple Paine noktasında modifikasyona gidilmiştir (134, 135). Hyun ve arkadaşları (134) tarafından Paine üçgeninin ön kolunun (ön kraniyal fossa tabanı) 2 cm uzatılması benimsenmiştir. Kateter beynin dışbükeyliğine dik olarak yönlendirilip 5 ila 6.5 cm derinliğe veya ipsilateral lateral ventrikülün frontal hornuna ulaşana kadar gönderilir. Hyun ve arkadaşları 10 hasta üzerinden yaptığı çalışmada %100 başarı oranı bildirmiş, Paine noktasına göre giriş yerlerinin doğru bir yörüngede olduğu sonucuna varmışlardır. Bu çalışmadaki başarının yüksek olmasında tekniğin uygulanırken nöronavigasyon sistemi kullanılmasının da etkisi olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Park ve Hamm (135) giriş noktasını Paine üçgeninin arka ucundan (silvian fissür önü) 2 cm

arkaya uzatılmasını önerdi. Katater yine beynin dışbükeyliğine dik olarak yönlendirilip 5 ila 6 cm derinliğe veya ipsilateral lateral ventrikülün frontal hornuna ulaşana kadar gönderilir. Bu teknik, kaudat nükleus başının Paine tekniğindeki %90 oranında yaralanma riskine karşın sadece %2,5'lik yaralanma riski ortaya konulmuştur.

2.3.2. Arka Erişim Noktaları

2.3.2.1. Keen Noktası

Keen tarafından tarif edilmiştir (21). Posterior fossa cerrahisinde acil BOS ponksiyonu için endike olup sıklıkla ameliyat alanına dahil edilir. Daha yaygın olarak proksimal ventrikülöperitoneal şant cerrahisinde kullanılır. Burr-hole kulak kepçesinden yaklaşık 2,5 -3 cm yukarısında ve arkasından açılır. Açılandırılması hafif sefalik yöne temporal lob korteksine dik olarak yapılır. Kateter ipsilateral lateral ventrikül trigonuna ulaşacak şekilde yaklaşık 4-5 cm ilerletilir. Doğruluğunu belirleyen klinik seri olmamakla birlikte çok sayıda raporda başarılı kanülasyonun sağlandığı belirtilmiştir (129, 136).

2.3.2.2. Frazier Noktası

Frazier veya parieto-oksipital nokta adını muhtemelen, 1928'de ekstradural trigeminal transeksiyon cerrahisi için kullanılan burr-hole'u tanımlayan Frazier ve Gardner'den almıştır (137). Bu nokta lambdoid sütür kolunun paryetal tarafında, paryetal ve oksipital kemiklerin birleştiği yerde bulunur. İnionun 6 cm üstüne, 4 cm lateraline tekabül etmektedir. Açılandırma kateterin medial ve süperior olarak kontralateral medial kantusun 4 cm yukarısındaki bir noktaya verilerek yapılır. Korteks geçilip BOS ile karşılaştıktan sonra stile çıkarılıp 4-5 cm daha ilerletilerek ipsilateral lateral ventrikül gövdesi içine yerleştirilir.

2.3.2.3. Dandy Noktası

Dandy tarafından ilk olarak 1918'de pediatrik vakalarda hava ventrikülografisi yapmak, ventrikülün oksipital hornuna ulaşmak amaçlı tarif edilmiştir (138). Oksipital veya retrosigmoid kraniotomi planlanmış vakalarda BOS drenajı gerektiren durumlarda kullanılabilir. Burr-hole oksipital kemiğin lambdoid sütür altında, inionun 3 cm yukarısında ve orta hattın 2 cm lateralinde açılır. Açılandırma glabellanın 2 cm yukarısında bir noktaya verilir. Kateter, BOS ile karşılaşıncaya kadar 4-5 cm ilerletilir. Kateter trasesinin, optik radyasyonun içinden veya yakınından geçtiği göz önünde bulundurulursa daha yüksek oranda görme bozukluğuna neden olma riski vardır (139).

3. GEREÇ

Bu çalışma, Erzurum Atatürk Üniversitesi Etik Kurulu'nun B.30.2.ATA.0.01.00/293 sayılı kararı ve TTU-2021-9497 onay kodu ile BAP projesi olarak 2021-2023 tarihleri arasında Erzurum Atatürk Üniversitesi Nöroanatomi Laboratuvarı'nda yapıldı.

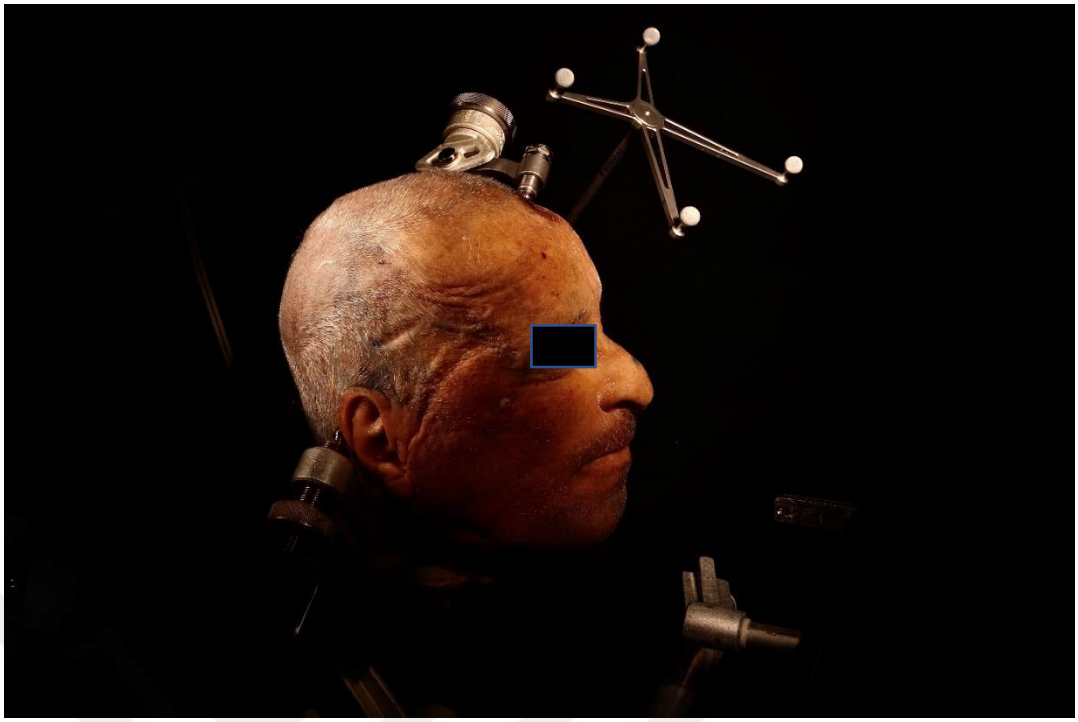
Diseksiyonda kullanılmak üzere 6 adet tahnitli insan kadavra kafası temin edildi. İstatistiksel analizde kullanılmak üzere hastanemizde hidrosefali tanısı alan ve rastgele seçilen 50 adet erişkin olgunun beyin BT ve beyin MR görüntüleri retrospektif olarak incelenerek araştırmaya dahil edildi. Diseksiyon işlemi Zeiss Universal S3 model mikroskop altında saatçi penseti, mikrodisektör, tahta spatula, mikrohook, mikromakas kullanılarak yapıldı. Verilerin analizi için IBM SPSS Versiyon 26.0. (Armonk, NY: IBM Corp) istatistik programı kullanıldı.

4. YÖNTEM

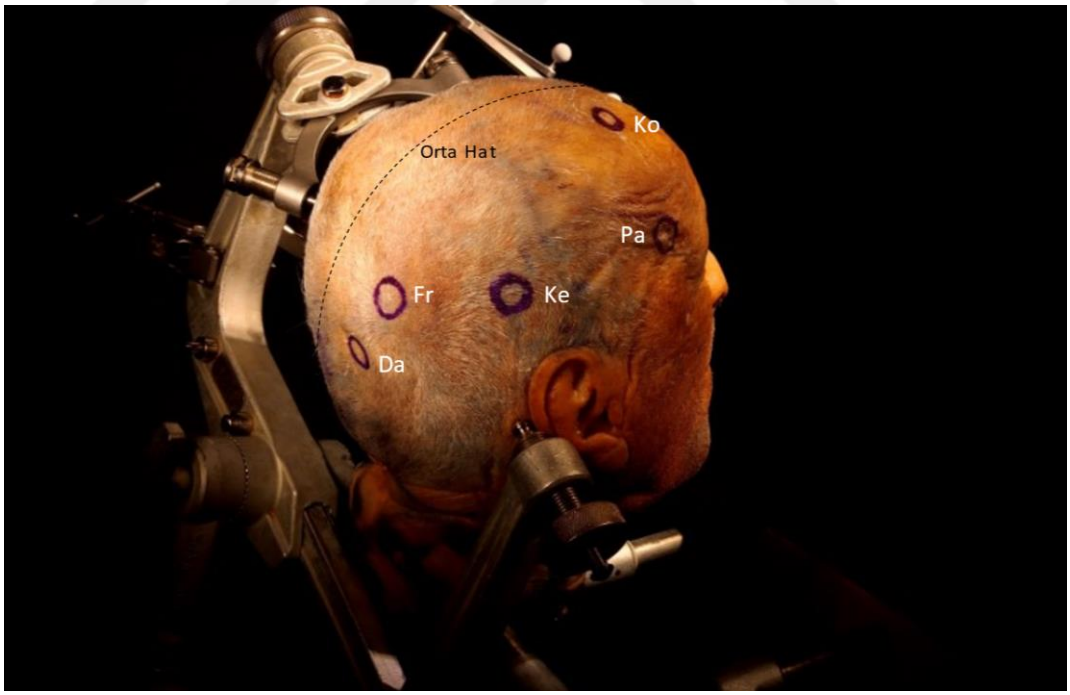
Çalışmamız iki aşama olarak planlandı. Birinci aşamada anatomik diseksiyon yapıldı. Çalışmada tedarikçi firma tarafından 6 adet tahnitli olarak alınan soğuk zincirde teslim edilen insan kadavra beyinleri kullanıldı. Kadavraların dördü erkek, ikisi kadın olup yaşları 65/69/71/73/74/81 idi. Kadavralar %10 formalin solüsyonu içinde Atatürk Üniversitesi Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD Anatomi Laboratuvarı'nda buzdolabında muhafaza edildi.

Beyin spesmenlerinin, kemik ve parankim dokularını incelemek, ventriküler sisteme girilmesinde engel olup olmadığını görmek, nöronavigasyon sistemine entegre edebilmek amacıyla kateter yerleştirilmeden önce BT (Toshiba marka TSX-301C) ve MRG (Simens marka Magneta Skyra 3.0T) ile 3 planda 1 mm kesit aralıklarla görüntülemeler yapıldı. Çalışmada lateral ventriküle kateter yerleştirmeye elverişli ventrikül yapısına sahip ve atrofik parankimi olmayan kadavralar kullanıldı.

Literatürde tariflenen ön ve arka girişim noktalarından kullanılmaya devam edilen en popüler giriş noktaları seçildi. Bu noktalar Kocher noktası, Paine noktası, Keen noktası, Frazier noktası ve Dandy noktası olarak belirlendi. Girişim yapılacak noktalar, literatürde yaygın olarak kullanıldığı bilinen yüzeyel belirteçler ve ölçüler kullanılarak tayin edildi (Şekil 12). Uygun doğrultuda yerleştirmek amacıyla nöronavigasyon sistemi ile optimize edildi. Kadavralar, Mayfield Triad Skull Clamps ile operasyon masasına sabitlenip nöronavigasyon sistemine (Brainlab Buzz version 2.0) daha önceden çekilen beyin MRG ile entegre edildi (Şekil 13).

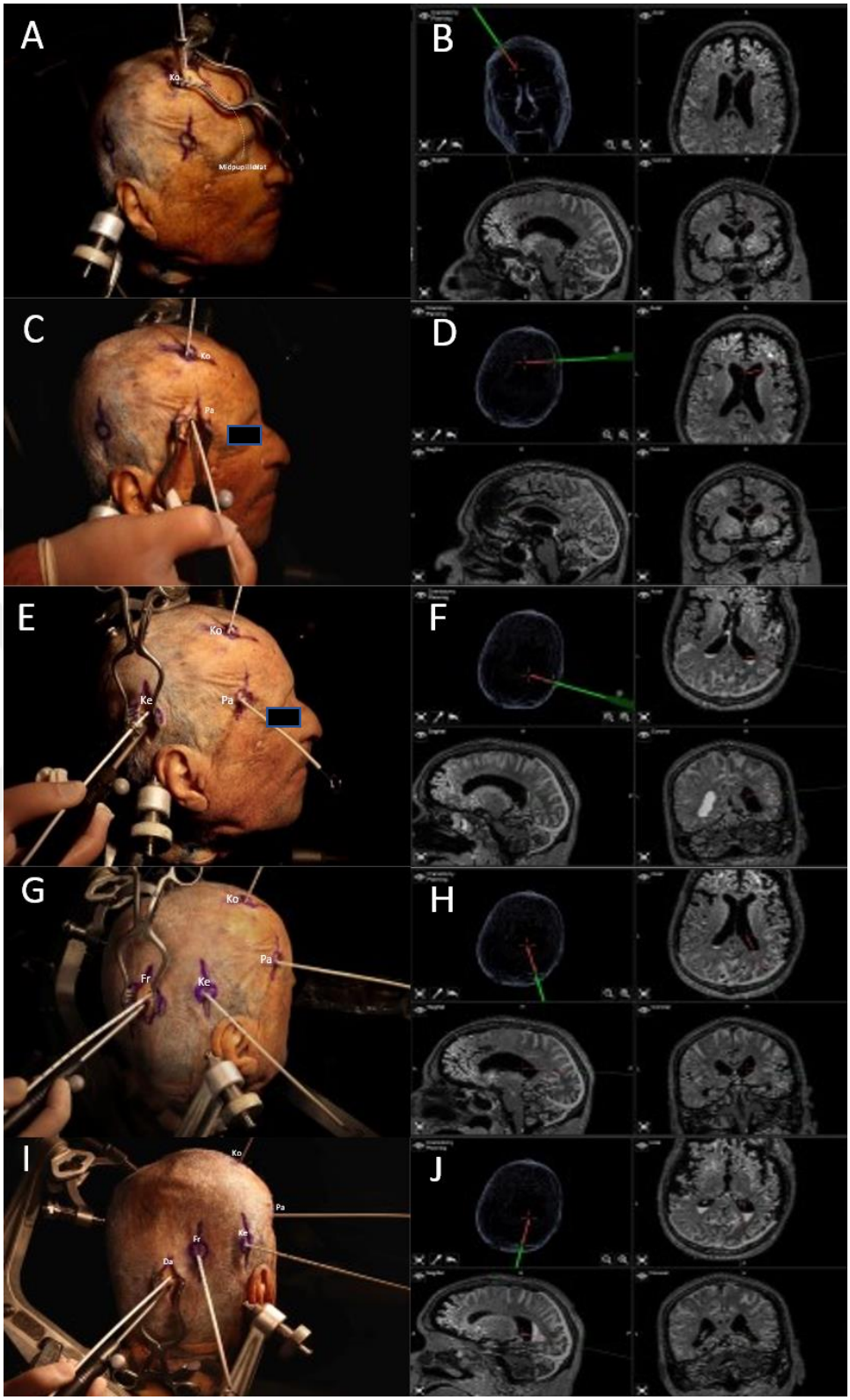


Şekil 12. Çivili başlıkla tesbit edilmiş kadavrada nöronavigasyon sistemi uygulanması.



Şekil 13. Kadavra üzerinde VK noktalarının gösterilmesi.

Ko: Kocher Noktası, Pa: Paine Noktası, Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası



Şekil 14. Girişim noktalarından kateterin nöronavigasyon eşliğinde hedeflenen ventrikül bölümüne gönderilmesi.

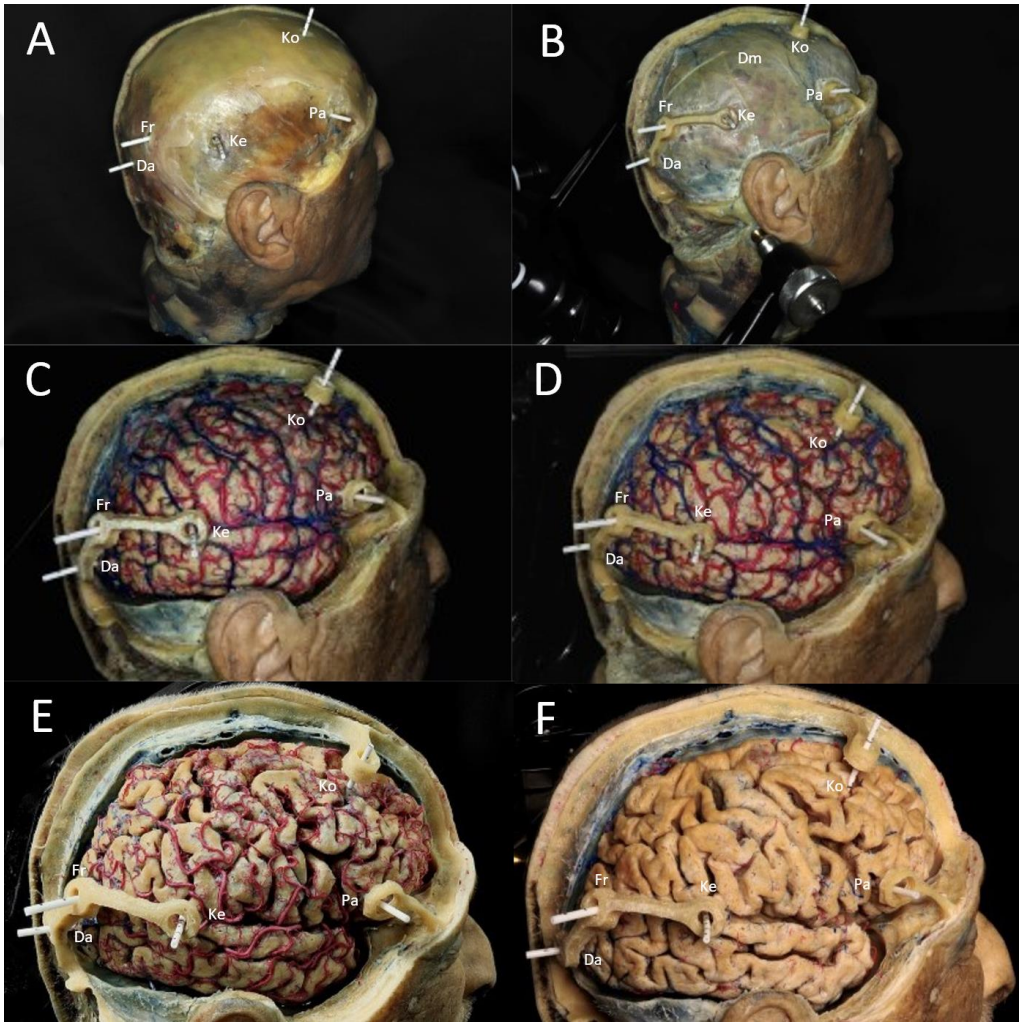
(A: Kocher noktası (Ko) B: 3 plandaki nöronavigasyon görültüsü C: Paine noktası (Pa) D: 3 plandaki nöronavigasyon görüntüsü E: Keen noktası (Ke) F: 3 plandaki nöronavigasyon görüntüsü G: Frazier noktası (Fr) H: 3 plandaki nöronavigasyon görüntüsü I: Dandy noktası (Da) J: 3 plandaki nöronavigasyon görüntüsü)

Belirlenen girişim noktalarına 2 cm uzunluğunda vertikal cilt insizyonu yapıldı, cilt, ciltaltı geçildikten sonra yüksek devirli drill ile 1 cm çapında 1'er adet burr-hole açıldı. Dura artı insizyon ile geçildi. Literatürde belirtildiği gibi uygun açılar verildi ve nöronavigasyon yardımı ile hedeflenen lateral ventrikül bölümüne her bir giriş noktası için hesaplanan uzunlukta kateter, guide yardımıyla ilerletilerek lateral ventrikülün ilgili bölümlerine ulaştırıldı (Şekil 14). Kateterler, kraniyumdan ventrikülün hedeflenen bölümüne; Kocher noktasından ortalama 60 mm, Paine noktasından ortalama 55 mm, Keen noktasından ortalama 65 mm, Frazier noktasından ortalama 80 mm, Dandy noktasından ortalama 62 mm uzunluğunda gönderildi.

Ak madde diseksiyonunu kolaylaştırmak üzere Klingler metodu baz alınarak fiksasyon işlemi uygulandı (62). İşlem öncesi Atatürk Üniversitesi Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD Anatomi Laboratuvarı'nda spesmenler çivili başlık ile sabitlenerek sırasıyla skalp, galea, periost kaldırıldı (Şekil 15). Her bir girişim yeri burr-hole civarı korunup kemik flep midasla şekillendirilip, kaldırılarak dura açığa çıkarıldı. Zeiss Universal S3 model mikroskop altında x3 büyütme kullanılarak dura kaldırıldı, parankim yüzeyel anatomisine hakim olunarak venöz ve arteryel anatominin girişim noktaları ile ilişkisi ortaya konuldu. Mikroskop altında araknoid membran kaldırıldıktan sonra fiksasyon işlemine geçildi. Klingler metodu, tesbit işlemi sonrası dondurup çözme yöntemine dayanmaktadır. Bu sayede kadavra üzerinde ak madde diseksiyonu yapılmasına olanak sağlandı. Zamanla bu yöntem üzerinde çeşitli modifikasyonlara gidildi. Tesbit işlemi formalin çözeltisinde farklı konsantrasyonlarda (%5-15) ve farklı fiksasyon sürelerinde (24 saat-2 hafta) yapıldı. Dondurma işlemi, ilk olarak akan su altında (birkaç saatten 2 güne kadar) formalden arındırıldıktan sonra farklı donma süresinde (8 saat-1 ay) ve farklı sıcaklıklarda (-5°C ila -80°C) yapıldı. Çözdürme işlemi sonrası ve diseksiyon aralarında formalin solüsyonunda veya alkol solüsyonunda muhafaza edildi (140). Biz de çalışmamızda Güngör A. ve ark.'nın yaptığı modifikasyonda olduğu gibi %10 formalin solüsyonunda 1 ay bekletip, 1 saat akan su altında yıkama işlemi sonrası -16°C'de 2 hafta dondurulduktan sonra çözüp, %70 alkol solüsyonunda sakladık (141).

Fiksasyon işlemi sonrası kortikal arteryal ve venöz ağ kaldırıldı (Şekil 15). Ak madde diseksiyonu Klingler'in tarif ettiği üzere lateralden mediale ak madde katman katman kaldırılarak yapıldı (142). Çalışmamızda oryantasyonu kaybetmemek ve ventriküler kateterlerin lokalizasyonlarını mukayese edebilmek adına santral sulkus civarı presantral ve postsantral giruslar diseksiyon boyunca korundu. U liflerini açığa çıkarmak amacıyla korteksin dışbükeyliğine uygun olacak şekilde gri madde künt diseksiyonla uzaklaştırılarak

dekortikasyon yapıldı (Şekil 16). U lifleri de kaldırılarak frontal-temporal-paryetal operkulum açığa çıkarıldı. Uzun assosiyasyon liflerinin kaldırılmasına SLF'nin ardından AF ile devam edildi. İnferiorda uzanan İFOF ve UF lifleri de kaldırıldıktan sonra LGN'den önce öne sonra arkaya doğru ilerleyen Meyer halkası açığa çıkarıldı ve optik radyasyonun diğer bölümleri identifiye edildi. Ardından insular korteks dekortike edildikten sonra sırasıyla ekstrem kapsül, klastrum, eksternal kapsül, putamen, internal kapsül ve korona radiata diseke edildi. Diseksiyona lateral ventrikül ependimi de geçilerek ventrikül içerisine ulaşana kadar devam edildi.



Şekil 15. Ciltten kortekse kadar diseksiyon aşamaları (A: Cilt flebi kaldırıldı. B: Kemik flep kateter etrafı korunarak kaldırıldı. C: Dura flebi kaldırıldı. D: Araknoid membran kaldırıldı. E: Venöz ağ kaldırıldı. F: Arteryal ağ kaldırıldı).

Ko: Kocher Noktası, Pa: Paine Noktası, Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, *Dm: dura mater*



Şekil 16. Dekortikasyon sonrası açığa çıkan U lifleri.

Ko: Kocher Noktası, Pa: Paine Noktası, Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, SSS: süperior sagittal sinüs, PrS: presantral girus, PoS: postsantral girus, U-fi: U fiber

Diseksiyon tamamlandıktan sonra kateterlerin geçtiği kemik kalınlıkları mm cinsinden ölçüldü. Kateterlerin ventrikül içerisindeki uygun sonlanım noktasına göre kateterin katetttiği PU ve kranyum-ventrikül uzunlukları (KVU) ölçüldü. Uygulanan kateterlerin koroid pleksuslara ve ventrikül duvarlarına eşit mesafede yerleştirilmesini sağlayan girişim yöntemini matematiksel olarak en doğru şekilde 3 planda izah etmeye çalıştık. Bu sebeple kateterlerin giriş noktası ve ventrikül içerisindeki konumunun oluşturduğu doğrultuyla median sagittal plan, posterior kulak hattı ve Frankfurt düzlemlerine göre açıları ölçüldü.

Kateterlerin gri madde ve ak madde içerisinde trasesi boyunca oluşturduğu hasar makroskobik olarak ayrışma ve kopma şeklinde değerlendirildi. Bütün aşamalar Canon® 200d model fotoğraf makinası EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 DC III ve Canon Macro Art Lens® EF 100 mm f/1:2.8 lensler ile fotoğraflama yapıldı.

İkinci kısımda istatiksel çalışma yapıldı. Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği'nde Ocak 2010-Aralık 2023 tarihleri arasında tedavi edilen erişkin yaş grubundaki hidrosefali tanısı almış rastgele seçilen 50 hastanın radyolojik görüntüleri

retrospektif incelenerek çalışmaya dâhil edildi. Hastaların 24 erkek, 26 kadın, ortalama yaşları 47±19 en yaşlı 73 yaşında en genç hasta 18 yaşında idi. Çalışmada değerlendirilen olgulara hidrosefali nedeniyle EVD, şant cerrahisi veya endoskopik ventrikülostomi işlemlerinden bir veya birkaçı uygulanmış idi. Çalışmaya ölçüm sonuçlarını etkilememesi açısından atrofik beyin yapısına sahip olan veya lateral ventrikül bütünlüğünü bozacak kitlesel lezyonu olan hastalar dahil edilmedi. Beyin atrofisinde hacimsel azalmanın anlamlı olarak en erken başladığı yaş olan 60 yaş üzerindeki olgularda kallozal açı ölçümü yapılarak 90° üzerindeki olgular çalışmaya dahil edilmedi (143). Kallozal açı anterior komissür-posterior komissür hattına dik açıda posterior komissürden geçen koronal kesitteki korpus kallozum açısı baz alınarak değerlendirildi. Ayrıca Evans indeksi (Eİ) hesaplanarak olgular 3 gruba ayrıldı. Eİ, en geniş bifrontal ventrikül çapının en geniş biparyetal çapa oranına göre ölçüldü. Eİ'ne göre olgular grade 1 (%30-%40), grade 2 (%40-%50) ve grade 3 (>%50) olarak gruplandırıldı. Olguların her bir girişim noktası için kateterin katettiği parankim kalınlıkları ve kraniyum ile ventrikül içerisindeki uygun sonlanım noktası arasındaki uzunlukları ölçüldü. Ölçümler 3 planda çekilmiş beyin BT veya beyin MR görüntüleri kullanılarak iki boyutta ölçülerek hesaplandı. Her bir VK noktası için uzunluk hesabı, radyolojik görüntüler üzerinde giriş yeri tesbit edildikten sonra uygun açı verilip 2 planda yapıldı.

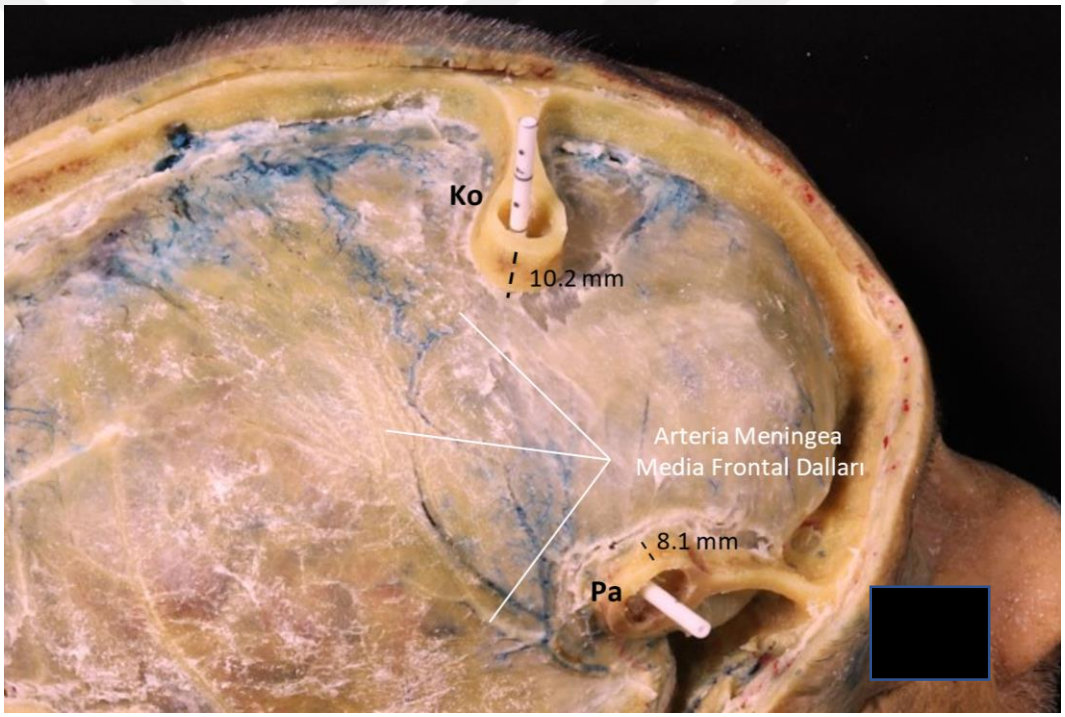
Verilerin analizi amacıyla IBM SPSS Versiyon 26.0. (Armonk, NY: IBM Corp) istatistik paket programı kullanıldı. Hasta verilerine ait sayısal değişkenler ortalama±ortalamanın standart sapması ve minimum (en düşük)- maksimum (en yüksek değerler) olarak ifade edildi. Varyansların homojenliği Levene testi ile incelendi. Parametrik test varsayımları sağlamadığı için iki bağımsız grup için Mann-Whitney U testi, ikiden fazla bağımsız grup için Kruskal-Wallis H testi kullanıldı. Karşılıklı iki değişken arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde Pearson Korelasyon testi kullanıldı. $p<0.05$ düzeyindeki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı, $p<0.001$ düzeyindeki farklılıklar istatiksel olarak güçlü anlamlı kabul edildi.

5. BULGULAR

5.1. Anterior Girişim Noktalarının Ak Madde ile İlişkisi

Anterior giriş noktaları Kocher ve Paine noktalarıdır. Katedilen kemik kalınlığı ortalama Kocher noktasında 9.75±4.59 mm, Paine noktasında 7.07±2.72 mm olduğu görüldü. Kocher noktasının diğer girişim yerlerine göre en kalın kemik dokusuna sahip nokta idi (Şekil 17).

Dura üzerinde Kocher noktası orta meningeal arterin ön segmentinin frontal dallanma noktasına, Paine noktası ise orta meningeal arterin ön segment dallanma noktasına karşılık gelmektedir (Şekil 17).



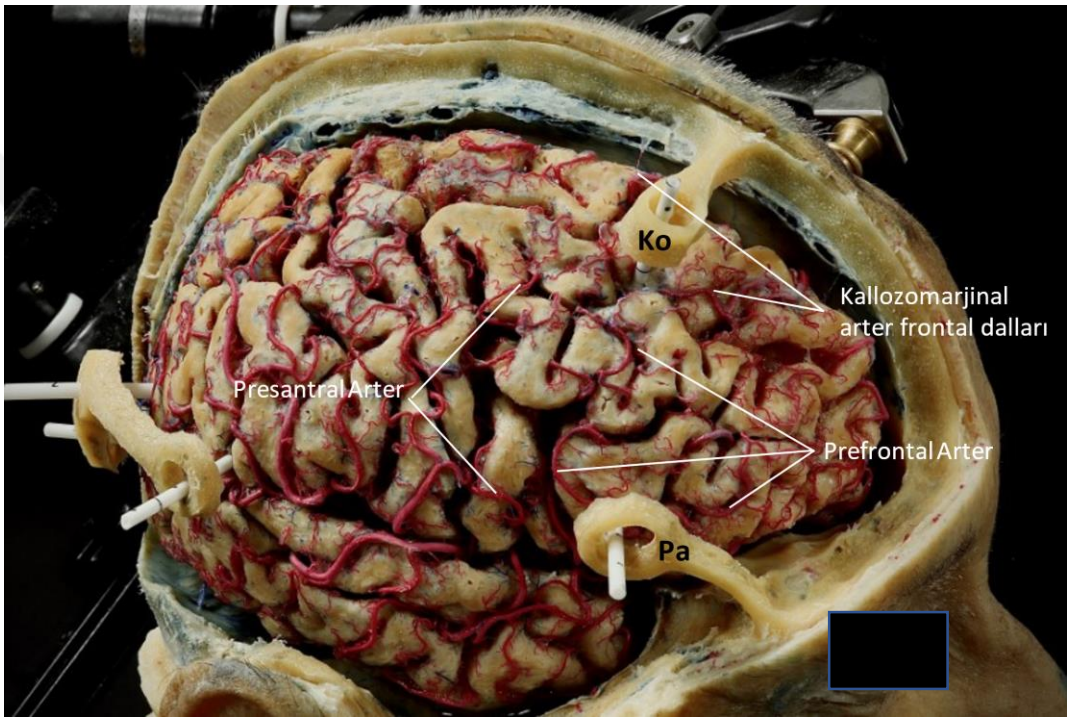
Şekil 17. Anterior girişim noktalarının kemik kalınlık ölçümü ve dural vasküler ağ ile ilişkisi.

Ko: Kocher Noktası, Pa: Paine Noktası

Kocher noktasının korteks üzerindeki izdüşümünde ilişkili olduğu arteryal ağ; orta serebral arterin dalları olan presantral sulkus arteri, prefrontal arter ve anterior serebral arterin kallozomarjinal arter frontal orta ve posterior dalları iken, Paine noktasında ise orta serebral arterin prefrontal dallarıdır (Şekil 18). Kocher noktası, SSS'e dökülen middle

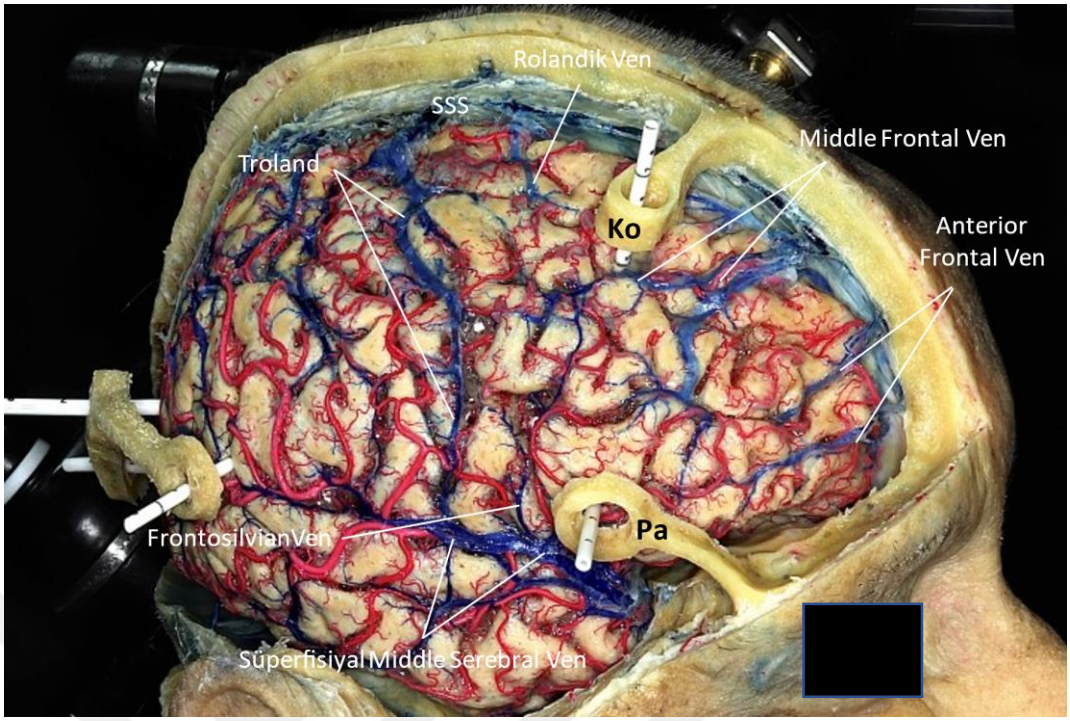
frontal ven ve Rolandik ven ile, Paine noktası ise süperfisyal middle serebral vene dökülen kortikal venöz dallar ile yakın komşuluk içindedir (Şekil 19).

Kocher noktasından gönderilen kateterin, SFG ile MFG arasından süperior frontal sulkusdan kortekse giriş yaptığı görülmektedir. Paine noktasından gönderilen kateter, İFG'nin operkular ve triangular girusları arasından lateral sulkusun anterior vertikal ramusu seviyesinden kortekse zarar vermeden giriş yapmaktadır (Şekil 20).



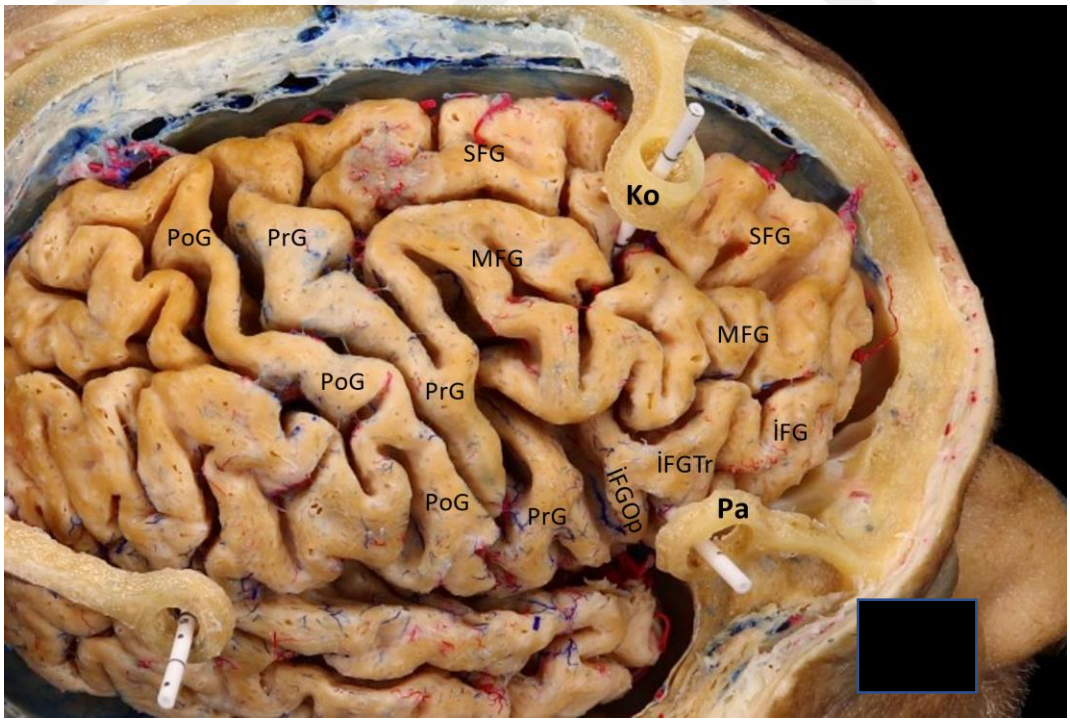
Şekil 18. Kocher ve Paine noktalarının dura kaldırıldıktan sonra kortikal arteryal ağ ile ilişkisi.

Ko: Kocher Noktası, Pa: Paine Noktası



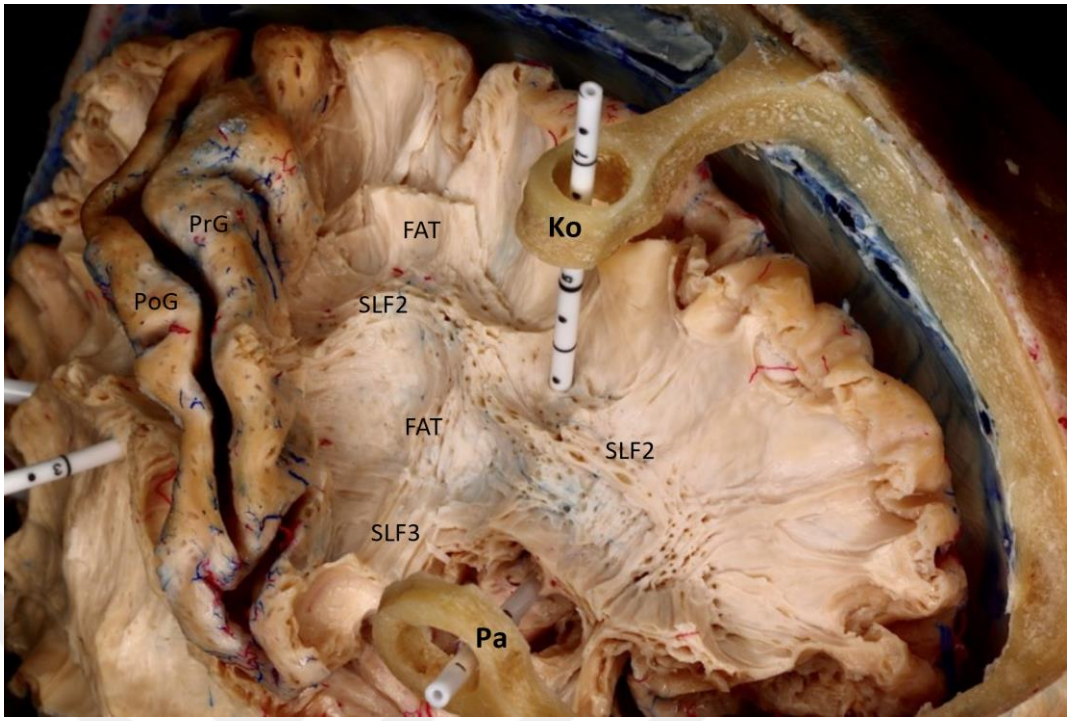
Şekil 19. Kocher ve Paine noktalarının dura kaldırıldıktan sonra kortikal venöz ağ ile ilişkisi.

Ko: Kocher Noktası, Pa: Paine Noktası, SSS: süperior sagittal sinüs



Şekil 20. Kocher ve Paine noktalarından gönderilen kateterin korteks üzerindeki izdüşümü.

Ko: Kocher Noktası, Pa: Paine Noktası, SFG: süperior frontal girus, MFG: middle frontal girus, İFG: inferior frontal girus, İFGTr: trianguler girus, İFGOp: operkuler girus, PrS: presantral girus, PoS: postsantral girus

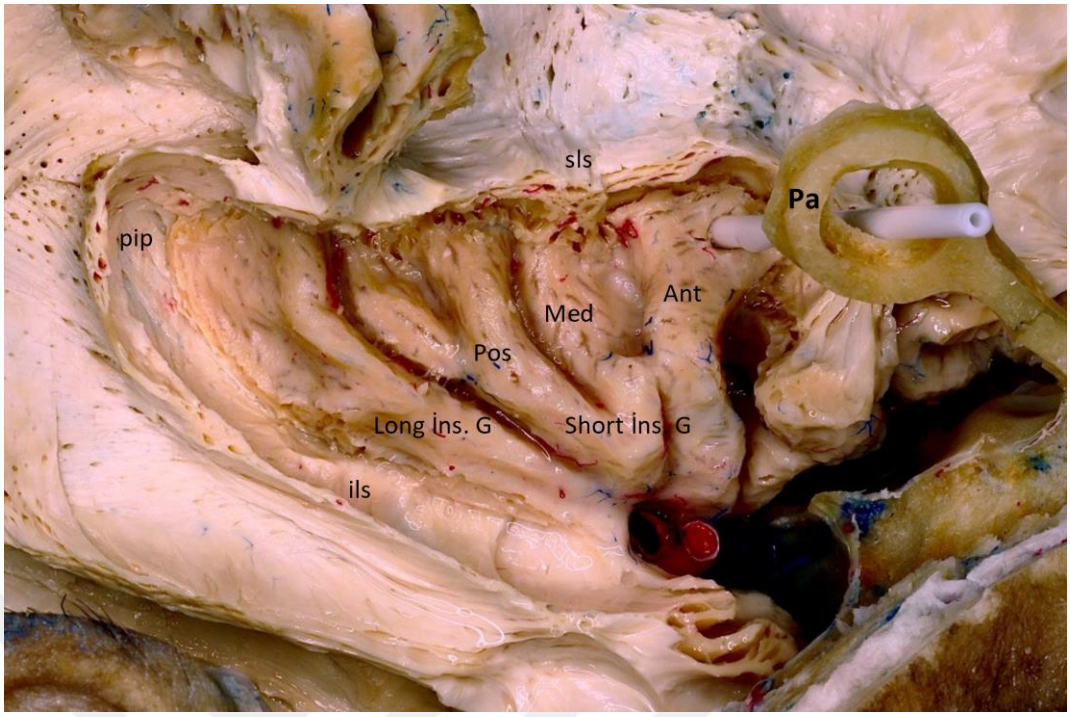


Şekil 21. Kocher noktasından gönderilen kateterin SLF 2, SLF3, FAT ile ilişkisi.

Ko: Kocher Noktası, Pa: Paine Noktası, SLF2: süperior longitudinal fasikül 2, SLF3: süperior longitudinal fasikül 3, FAT: frontoaslant trakt, PrS: presantral girus, PoS: postsantral girus

Serebral korteks ve U lifler kaldırıldığından lateral ventrikül süperiorunda yerleşen uzun assosiasyon lifleri görülmektedir. Kateterin, SLF 2 liflerini doğrudan katettiği ayrıca posteriordan SLF 3 ile, posteroinferiordan FAT ile yakından ilişkili olduğu görüldü (Şekil 21).

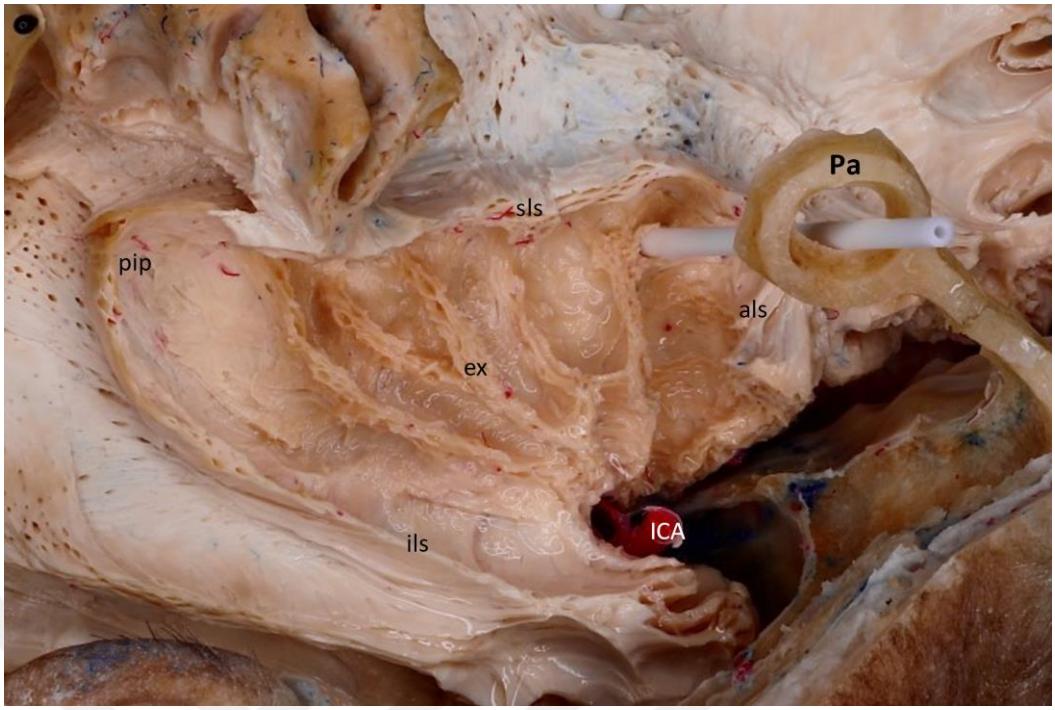
Paryetal operkulum kaldırılarak insular korteks açığa çıkarıldı. İnsula üzerindeki santral sulkus, uzun ve kısa giruslar tanındı. Paine noktasından gönderilen kateterin insular korteksin girus brevis anterior ve girus brevis sekundus arasından kortekse girmekte olduğu görülmektedir (Şekil 22).



Şekil 22. Paine noktasından gönderilen kateterin insular korteks ile ilişkisi.

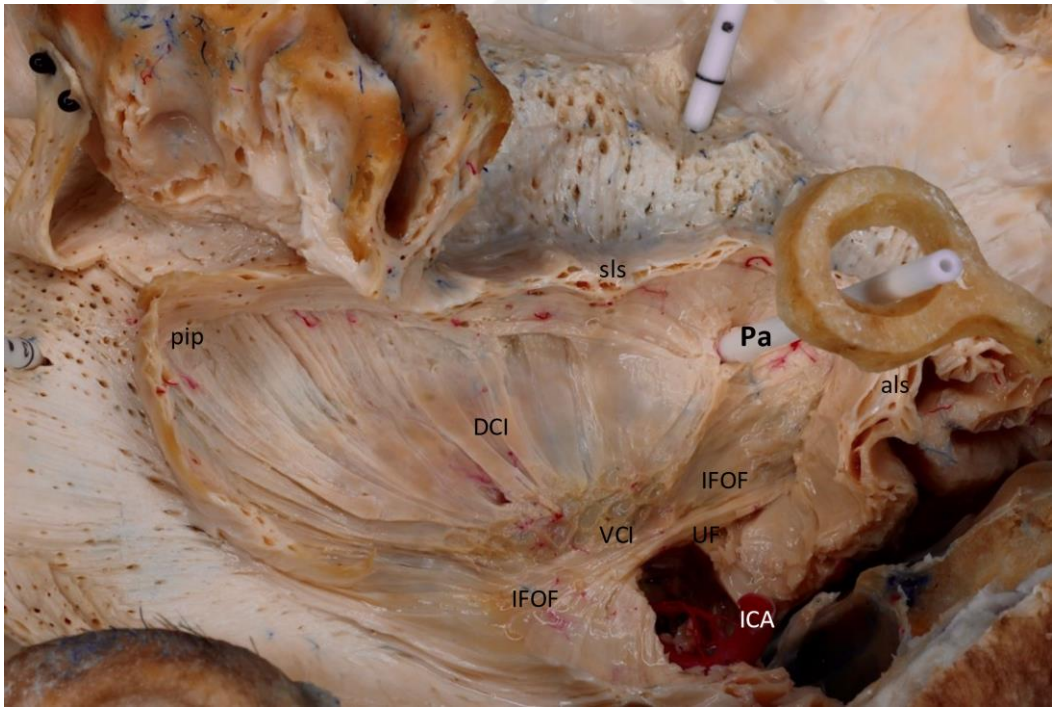
Pa: Paine Noktası, sls: süperior limitan sulkus, pip: posterior limitan sulkus, ils: inferior limitan sulkus

İnsula dekortike edilerek ekstrem kapsül açığa çıkarıldı (Şekil 23). Ekstrem kapsül de kaldırılarak dorsal klastrum ve klaustrokortikal liflerin oluşturduğu dorsal eksternal kapsül görüldü. Frontal ile temporal lobu bağlayan UF ve MFG, İFG'yi paryetal ve oksipital loblara bağlayan İFOF'un oluşturduğu ventral eksternal kapsül açığa çıkarıldı (Şekil 24).



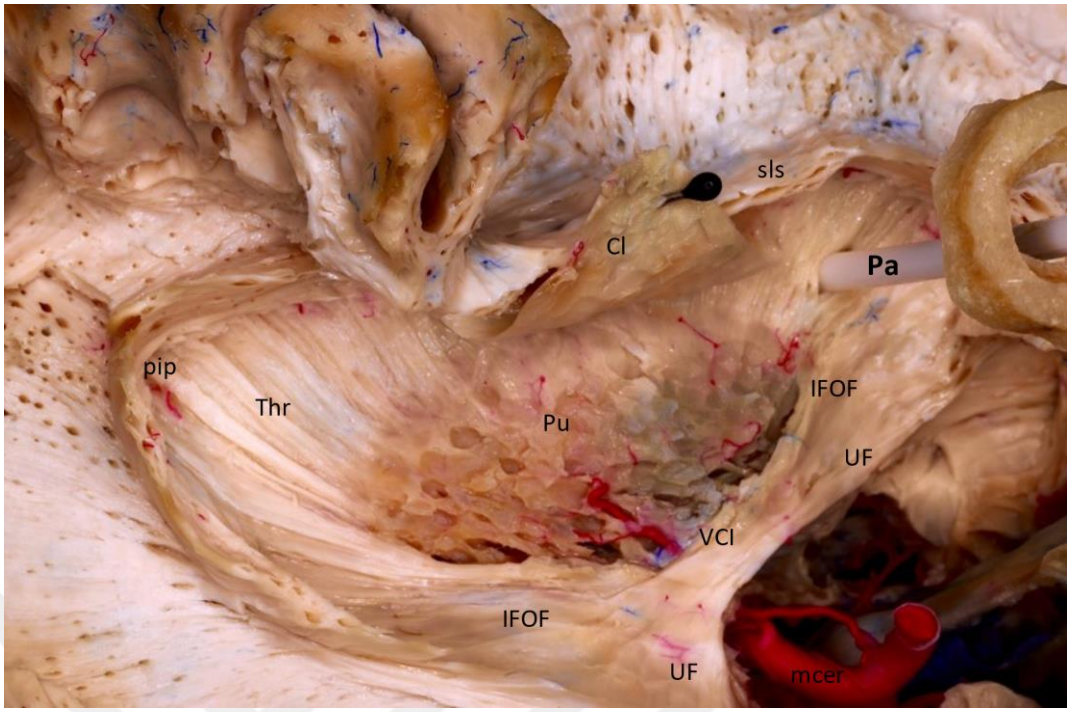
Şekil 23. Dekortike edildikten sonra insular korteks ve ekstrem kapsül.

Pa: Paine Noktası, ex: eksternal kapsül, als: anterior limitant sulkus, sls: süperior limitan sulkus, pip: posterior limitan sulkus, ils: inferior limitan sulkus, ICA: internal serebral arter



Şekil 24. Kaldırılan U liflerinden sonra klastrumdan AF altına uzanan klaustrokortikal lifler (dorsal eksternal kapsül), UF ve İFOF'un oluşturduğu ventral eksternal kapsül.

Pa: Paine Noktası, DCI: dorsal klastrum, VCI: ventral klastrum, İFOF: inferior frontooksipital fasikül, UF: unsinat fasikül als: anterior limitant sulkus, sls: süperior limitan sulkus, pip: posterior insular point, ICA: internal serebral arter

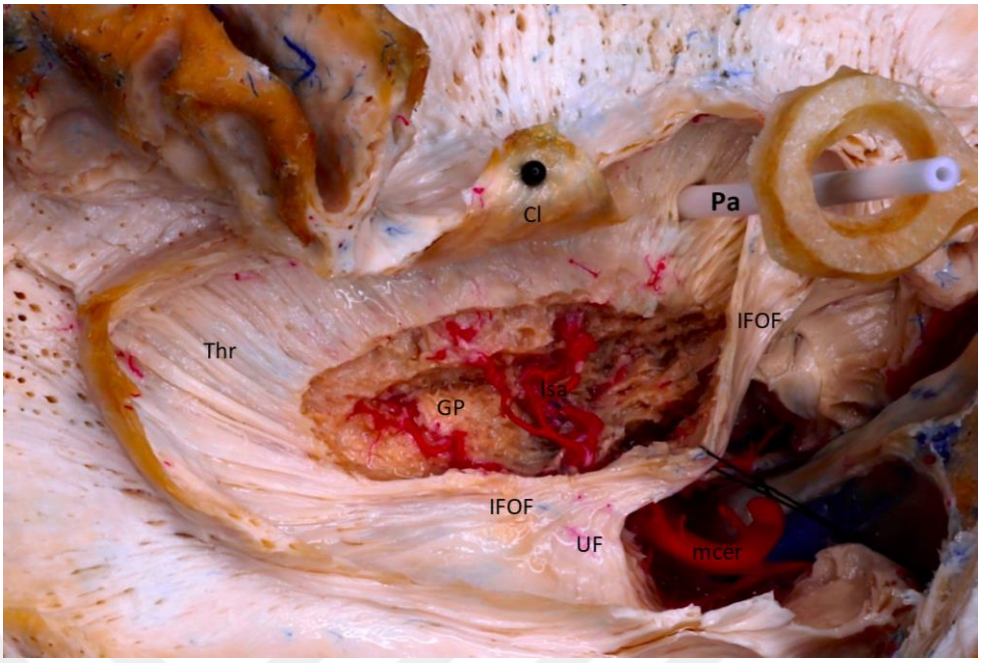


Şekil 25. Klastrum pin yardımıyla kaldırıldıktan sonra putamen.

Pa: Paine Noktası, Pu: putamen, sls: süperior limitan sulkus, pip: posterior insular point, VCI: ventral klastrum, İFOF: inferior frontooksipital fasikül, UF: unsinat fasikül, Cl: klastrum, mcer: medial serebral arter

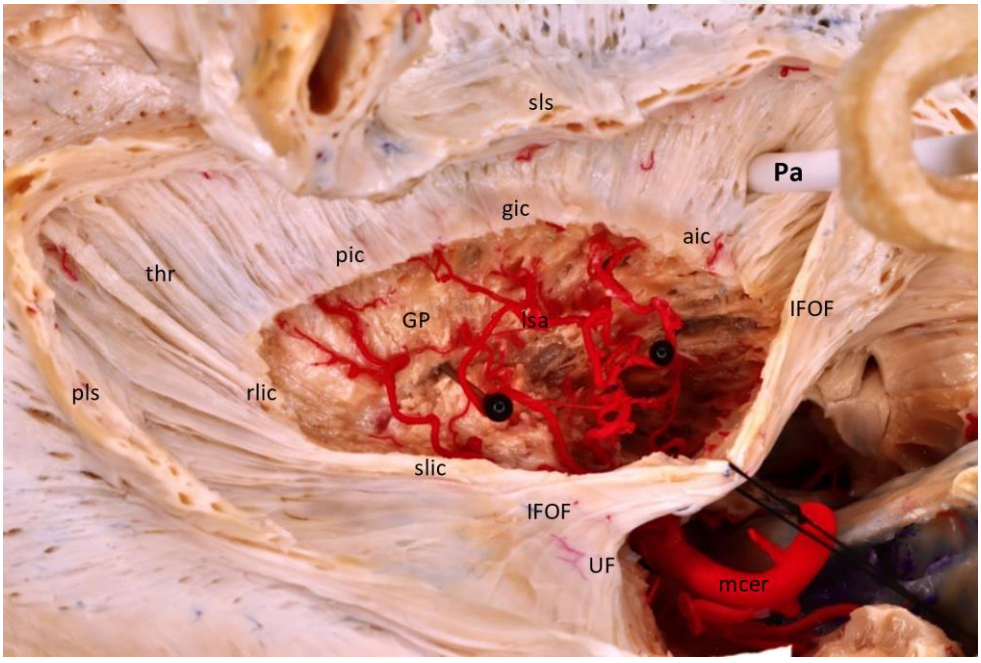
Klastrum diseke edilerek putamen görüldü (Şekil 25). Klastrum, ön beyinde bulunan, striatum boyunca rostrokaudal olarak uzanan ve insula ile putamen arasında yer alan ince bir gri madde tabakasıdır.

Putamen vasküler ağı korunarak kaldırıldıktan sonra medialinde yerleşen globus pallidus görüldü (Şekil 26,27). Putamenin kanlanmasını sağlayan mcer M1 dalı olan lentikostriat arterler açığa çıkarıldı.



Şekil 26. Klastrum ve UF, İFOF ekarte edildi, putamen dekortike edildi, globus pallidus ve putamenin arteryal beslenmesi açığa çıkarıldı.

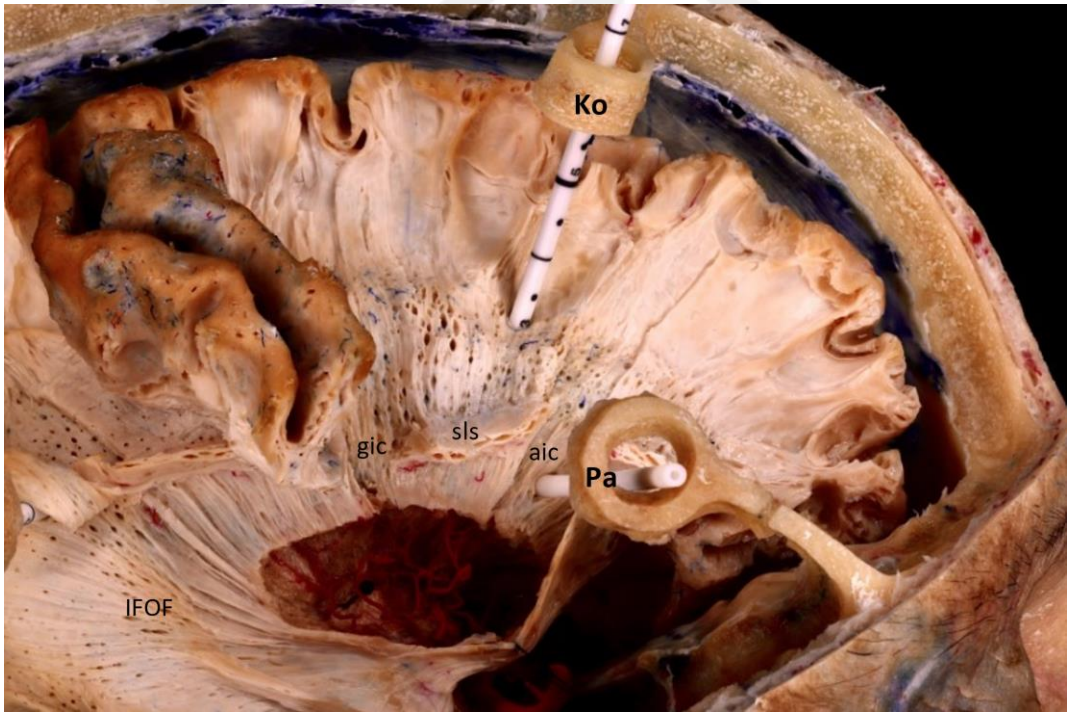
Pa: Paine Noktası, Thr: talamik radyasyon, GP: globus pallidus, lsa: lentikositriat arter, İFOF: inferior frontooksipital fasikül, UF: unsinat fasikül, Cl: klastrum, mcer: medial serebral arter



Şekil 27. Kateterin internal kapsülün içinden geçtiği görülmektedir.

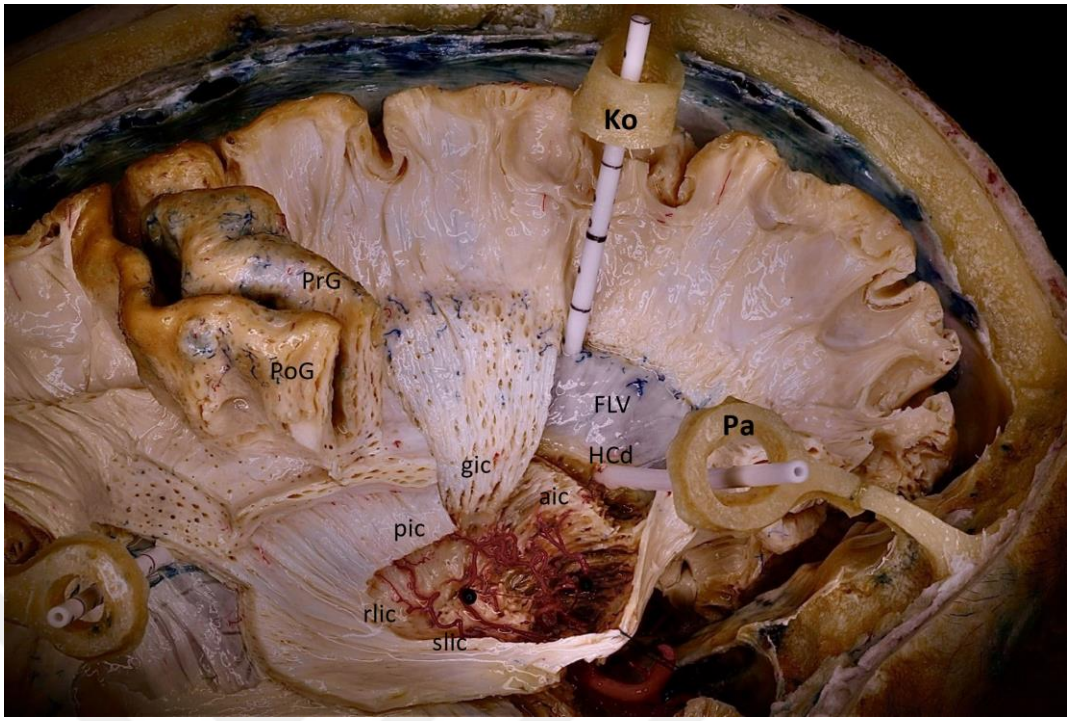
Pa: Paine Noktası, Thr: talamik radyasyon, GP: globus pallidus, lsa: lentikositriat arter, İFOF: inferior frontooksipital fasikül, UF: unsinat fasikül, pls: posterior limitant sulkus, sls: süperior limitan sulkus, aic: internal kapsül anterior bacağı, gic: internal kapsül genu bacağı, pic: internal kapsül posterior bacağı, rlic: internal kapsül retrolentiküler bacağı, slic: internal kapsül sublentiküler bacağı mcer: medial serebral arter

Diseksiyona devam edilerek uzun assosiasyon lifleri ekarte edildiğinde korona radiata seviyesinde İK'nin ön (aic), genu (gic), posterior (pic), retrolentiküler (rlic) ve sublentiküler bacak (slic) lifleri açığa çıkarıldı. Frazier noktasından gönderilen kateterin İK ön bacak ve genu lifleri ayrım bölgesi içinden geçtiği görülmekte iken, Paine noktasından gönderilen kateterin İK ön bacak (aic) lifleri içinden geçtiği görülmektedir (Şekil 28). İK ön bacak liflerini korono radiata düzeyinde anterior talamik radyasyon lifleri ile birlikte frontopontin lif grubunu oluşturmaktadır. Daha sonrasında bu lif grupları mediale yönelerek singulat girus ve prefrontal girusa ulaşmaktadır. İK genu lifleri motor işlevle ilişkili olup premotor kortekse ulaşmaktadır. Frazier noktasından gönderilen kateter İK lifleri kaldırıldığında frontal horn süperior duvar ependiminin içinden geçtiği görüldü. Paine noktasından gönderilen kateterin İK ön bacak lifleri kaldırıldıktan sonra kaudat nükleusun başı ile doğrudan ilişkili olduğu, sonrasında frontal horn lateral duvar ependiminin içinden geçtiği görüldü (Şekil 29).



Şekil 28. Süperior limitan sulkus korunarak İK ön bacak ve genu liflerinin Kocher ve Paine noktalarından gönderilen kateterlerle ilişkisi.

Ko: Kocher Noktası, Pa: Paine Noktası, İFOF: inferior frontooksipital fasikül, aic: internal kapsül anterior bacağı, gic: internal kapsül genu bacağı, sls: süperior limitan sulkus



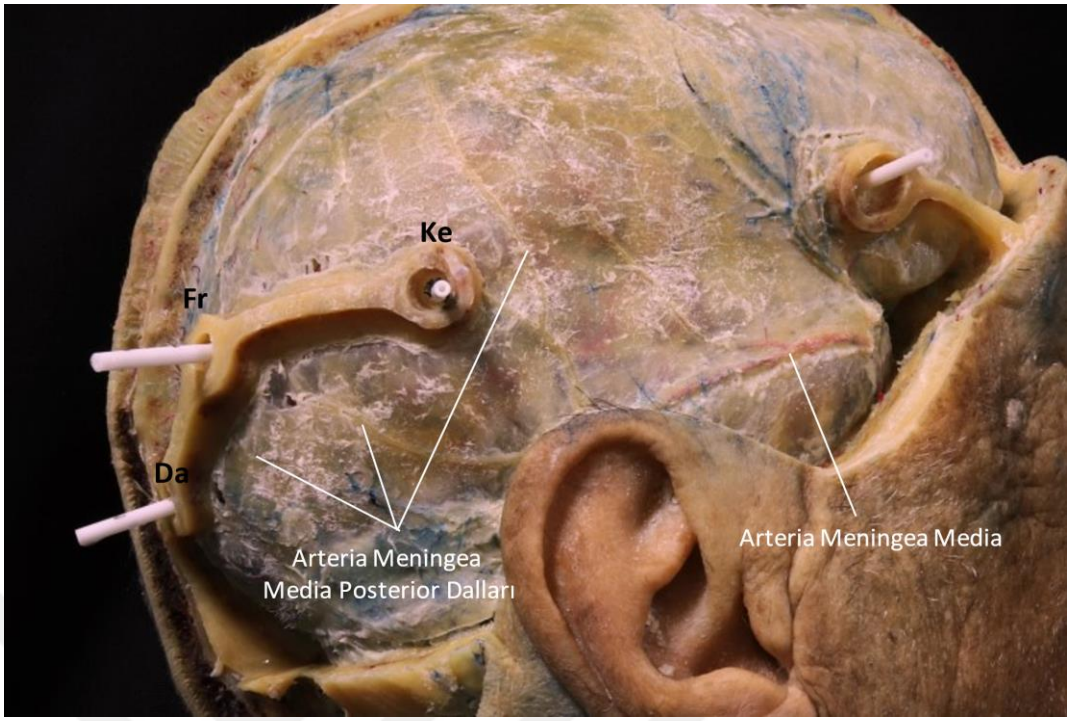
Şekil 29. Uzun projeksiyon lifleri kaldırıldığında Kocher ve Paine noktalarından gönderilen kateterlerin İK lifleri, kaudat nükleus başı, lateral ventrikül frontal horn süperior ve lateral duvar ependimi ile ilişkisi.

aic: internal kapsül anterior bacağı, gic: internal kapsül genu bacağı, pic: internal kapsül posterior bacağı, rlic: internal kapsül retrolentiküler bacağı, slic: internal kapsül sublentiküler bacağı, HCd: kaudat nükleus baş kısmı, FLV: lateral ventrikül frontal horn, PrS: presantral girus, PoS: postsantral girus

5.2. Posterior Girişim Noktalarının Ak Madde ile İlişkisi

Çalışmamızda posterior girişim noktalarından; Keen, Frazier ve Dandy noktaları incelendi. Kemik kalınlığı Keen noktası için ortalama 6.42±3.01 mm, Frazier noktası için ortalama 9.55±3.60 mm ve Dandy noktası için ortalama 9.17±3.28 mm olduğu görüldü.

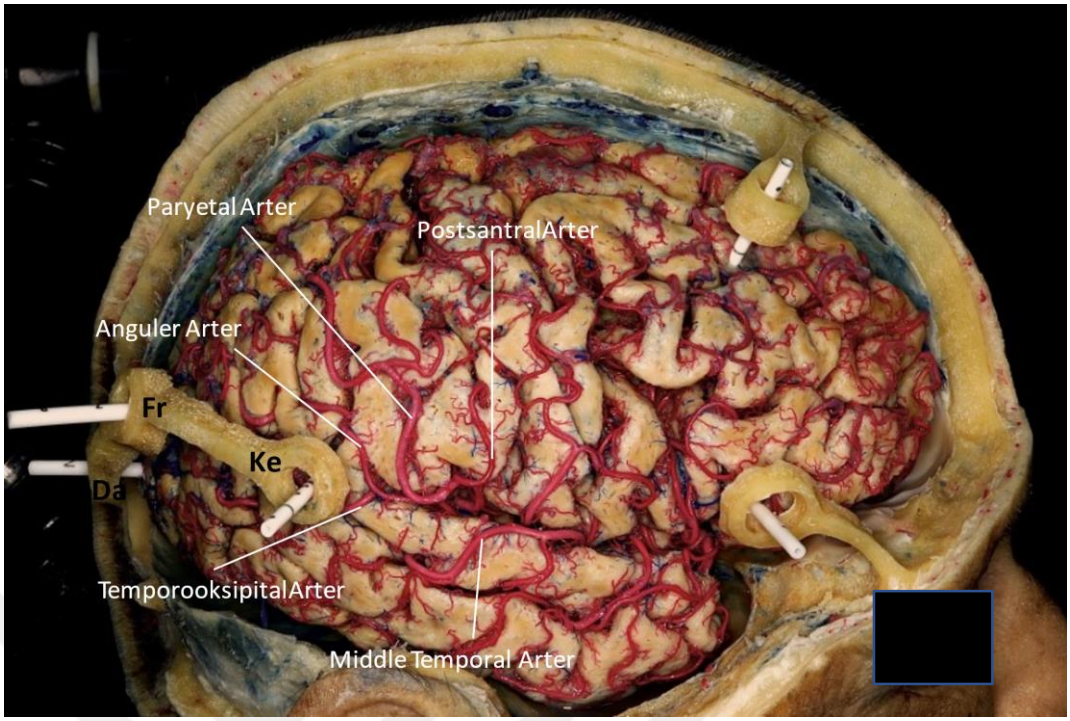
Duranın beslenmesi, bütün noktalarda middle meningeal arterin posterior dalları ile sağlanmaktaydı (Şekil 30).



Şekil 30. Posterior girişim noktalarının arteria meningea media ile ilişkisi.

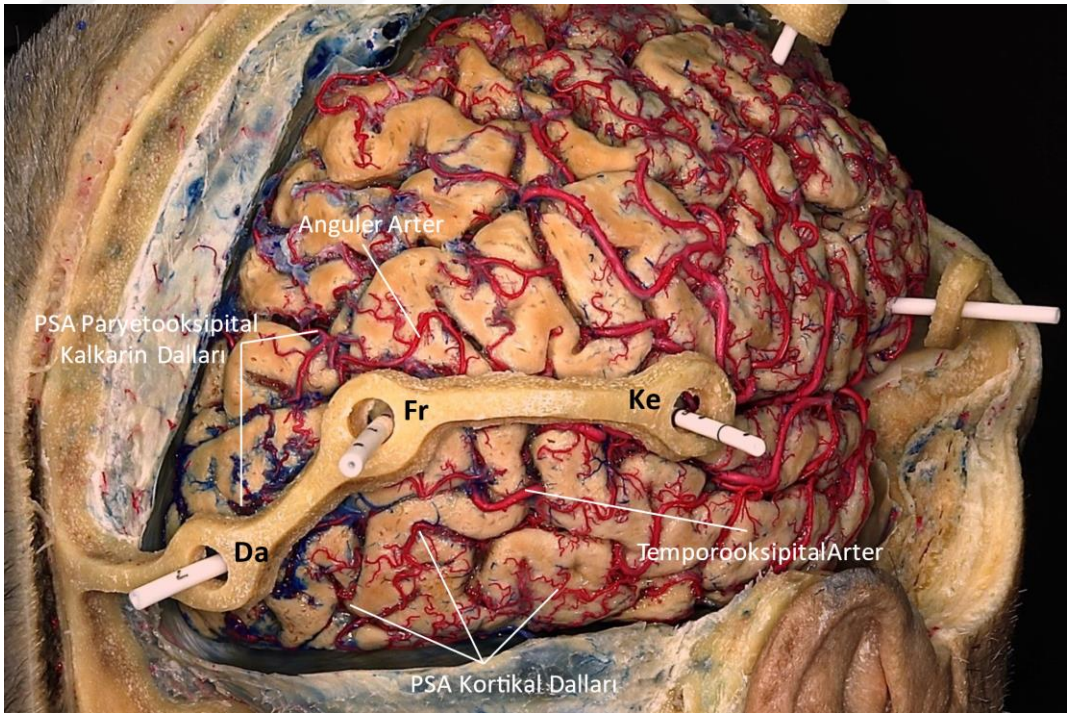
Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası

Keen noktası altında kalan korteksin yüzeyel arteryal beslenmesi; orta serebral arterin kortikal dalları olan posterior paryetal arter ile süperiordan, anguler arter ile doğrudan, temporooksipital arter ile inferiordan yakın komşuluk içinde olup yoğun arteryal ağ tarafından sağlanmaktadır (Şekil 31). Frazier noktası inferiordan temporooksipital arter, medialden posterior serebral arterin paryetooksipital arter dalları, lateralden orta serebral arterin anguler dalı ile yakından ilişkilidir. Dandy noktasıdan korteksin beslenmesi, medialden posterior serebral arterin kalkarin dalları ile inferiordan posterior serebral arterin kortikal dalları ile sağlanmaktadır (Şekil 32). Keen noktası; posterior paryetal ven, süperfisyal middle serebral ven, posterior temporal ven ve inferior anastomatik venin birlikte anastomoz yaptığı alan üzerinden kortekse girmektedir (Şekil 33). Frazier ve Dandy noktası SSS'e dökülen posterior paryetal ven, oksipital ven ve transvers sinüse dökülen inferior serebral venler ile yakın komşuluk içindedir. Özellikle Dandy noktası üzerinde yoğun venöz ağ ile drenajı sağlanmaktadır (Şekil 34).



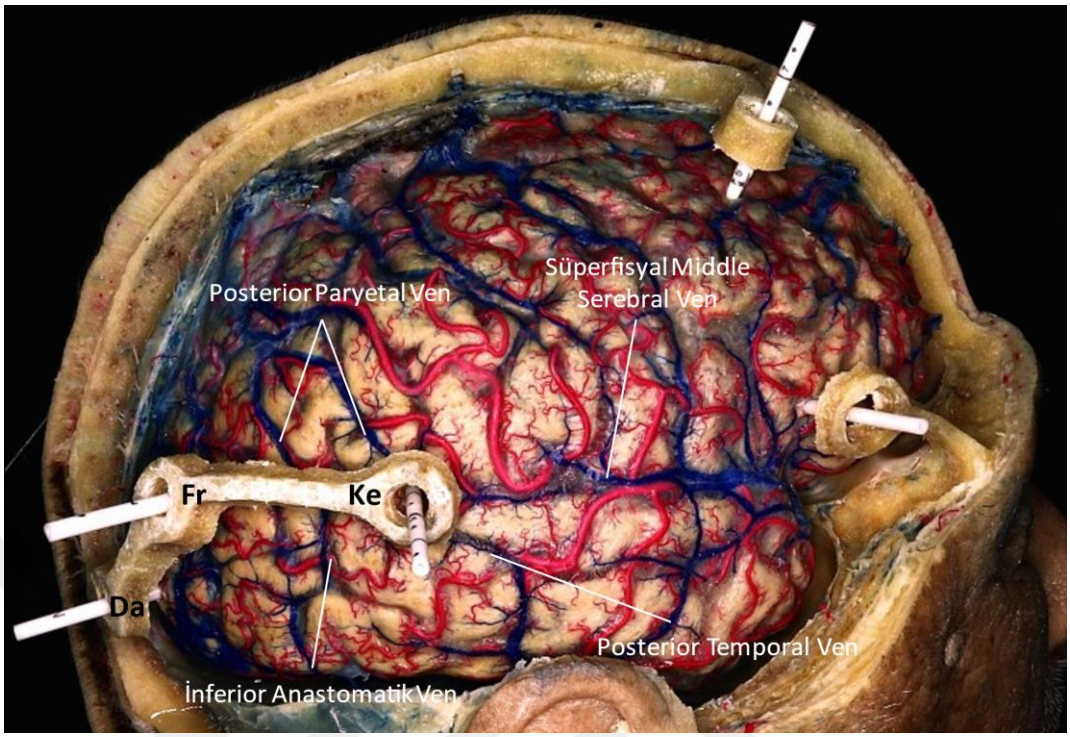
Şekil 31. Keen noktası altındaki kortikal arteriyel ağ.

Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası



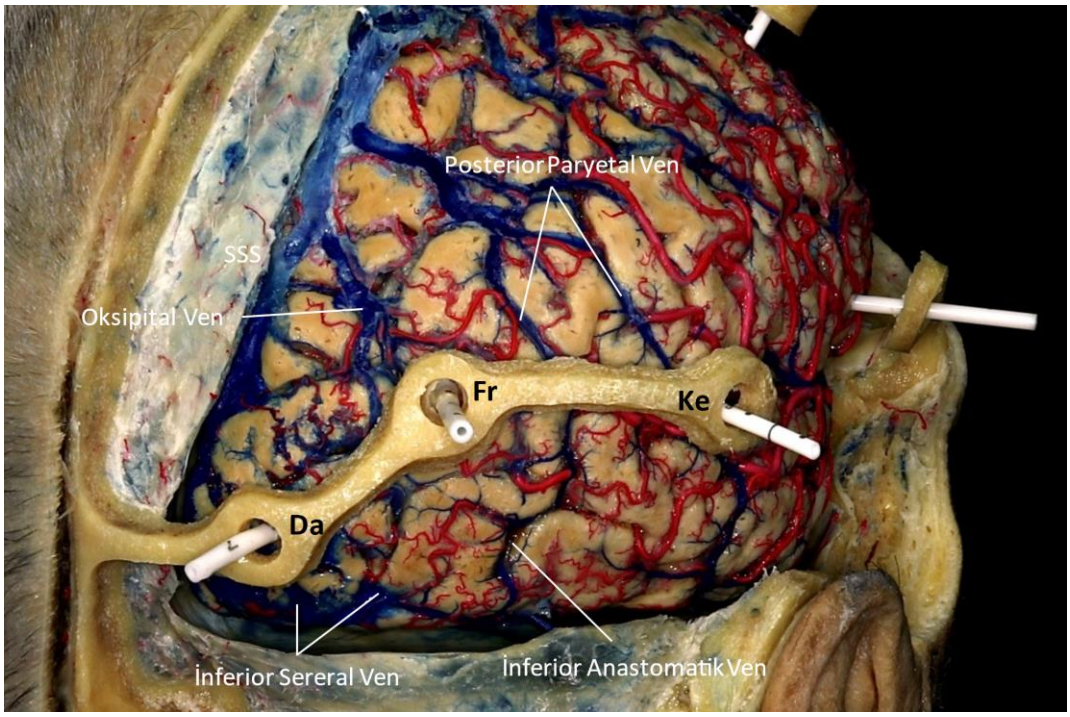
Şekil 32. Posterior girişim noktaları altındaki korteksin arteryal kanlanması.

Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, PSA: posterior serebral arter



Şekil 33. Keen noktasının altındaki kortikal venöz ağ ile olan ilişkisi.

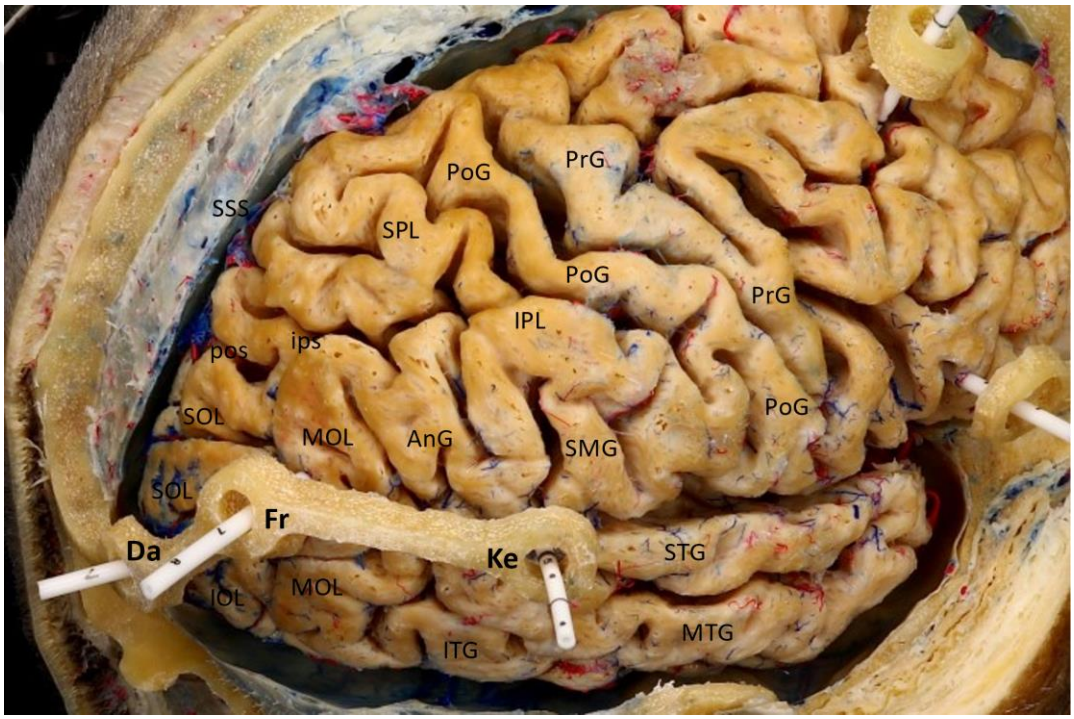
Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası



Şekil 34. Frazier ve Dandy noktasının kortikal venöz ağ ile olan ilişkisi.

Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, SSS: süperior sagittal sinüs

Keen noktasından gönderilen kateter, İPL içerisinde üstte SMG, altta AnG arasında yer alan süperior temporal sulkusun bitiş noktasından kortekse giriş yapmaktadır. Frazier noktasından gönderilen kateter, intraoksipital sulkus ile trans oksipital sulkus kesişim noktası lateralinde, middle oksipital girusun (MOL) medial bölgesinden kortekse giriş yapmaktadır. Dandy noktasından gönderilen kateter, intraoksipital sulkus mediali süperior oksipital sulkus inferior bölgesinden, BA 17 üst komşuluğunda kortekse girmektedir. (Şekil 35).

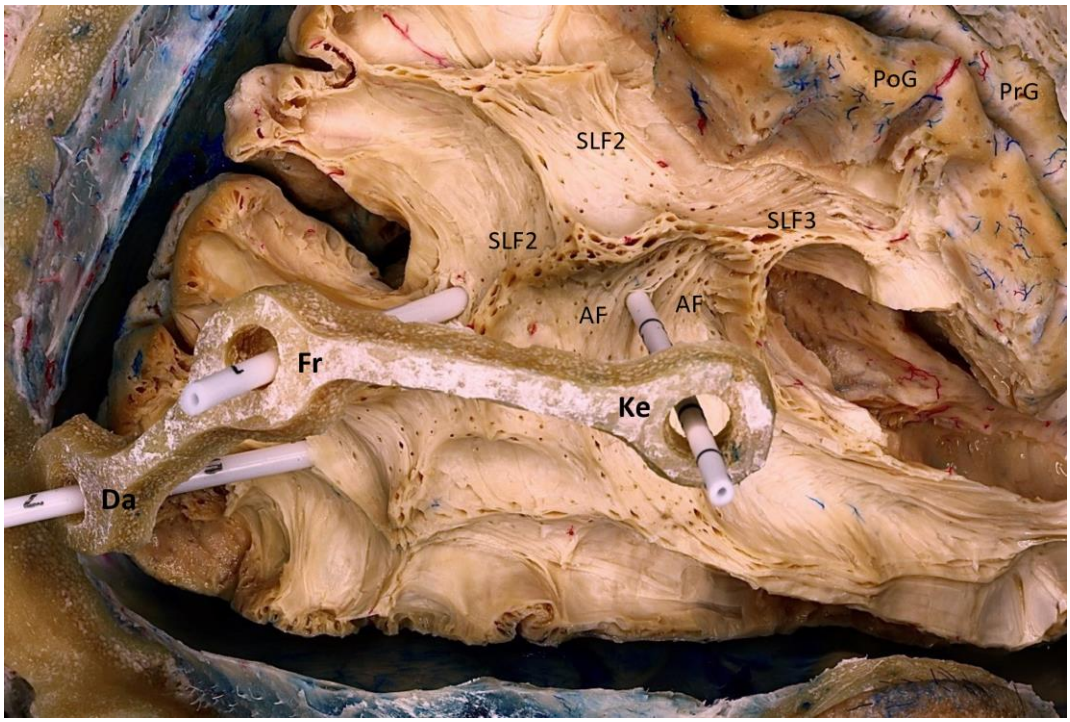


Şekil 35. Keen, Frazier ve Dandy noktalarından gönderilen kateterlerin korteks üzerinde izdüşümü.

Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, SSS: süperior sagittal sinüs, PrS: presantral girus, PoS: postsantral girus, SPL: süperior paryetal lobül, İPL: inferior paryetal lobül, SMG: supramarjinal girus, AnG: anguler girus, SOL: süperior oksipital lobül, MOL: middle oksipital lobül, İOL: inferior oksipital lobül, STG: süperior temporal girus, MTG: middle temporal girus, İTG: inferior temporal girus, pos: paryetooksipital sulkus, ips: intraparyetal sulkus

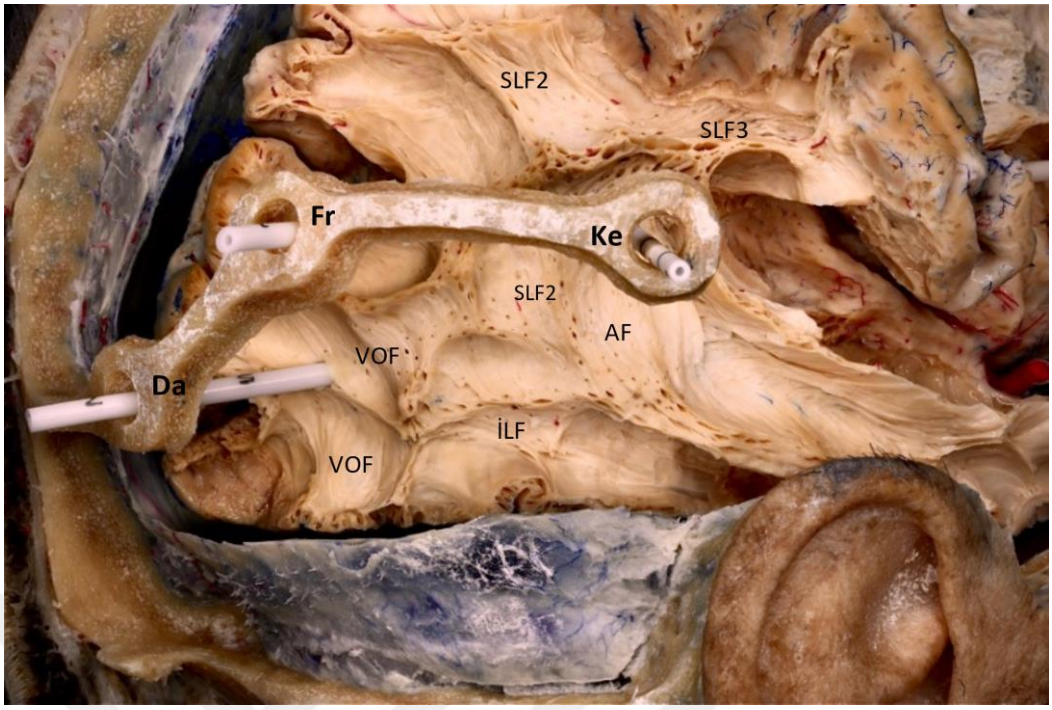
Dekortike edilip U lifler kaldırıldığında ilk etapta karşımıza SLF2, SLF3, AF ve VOF lifleri çıkmaktadır (Şekil 36, 37). Keen noktasından gönderilen kateter; SLF2 temporoparyetal sonlanımından, SLF3 SMG sonlanımından ve AF indirekt posterior segment liflerinden geçmektedir. Keen noktası, AF direkt segment liflerinin posteriorunda

ve AF indirekt anterior segment liflerinin inferiorunda kalmakta ve bu sayede yakın ilişki göstermektedir. Frazier noktasından gönderilen kateterin ise SLF2'nin paryetale uzanan liflerininin sonlanım kısmı içinden geçtiği görülmektedir. Ayrıca Dandy noktasının SLF-AF kompleksi ile ilişkisi olmadığı görüldü. Oksipital lob üzerinde U-fiberler kaldırıldığında VOF görülmekte olup, Dandy noktasından gönderilen kateterin bu traktın içinden geçtiği görüldü (Şekil 38). Ayrıca Frazier noktasından gönderilen kateterin VOF ile kortikal sonlanım noktalarından ilişkili olduğu görüldü.



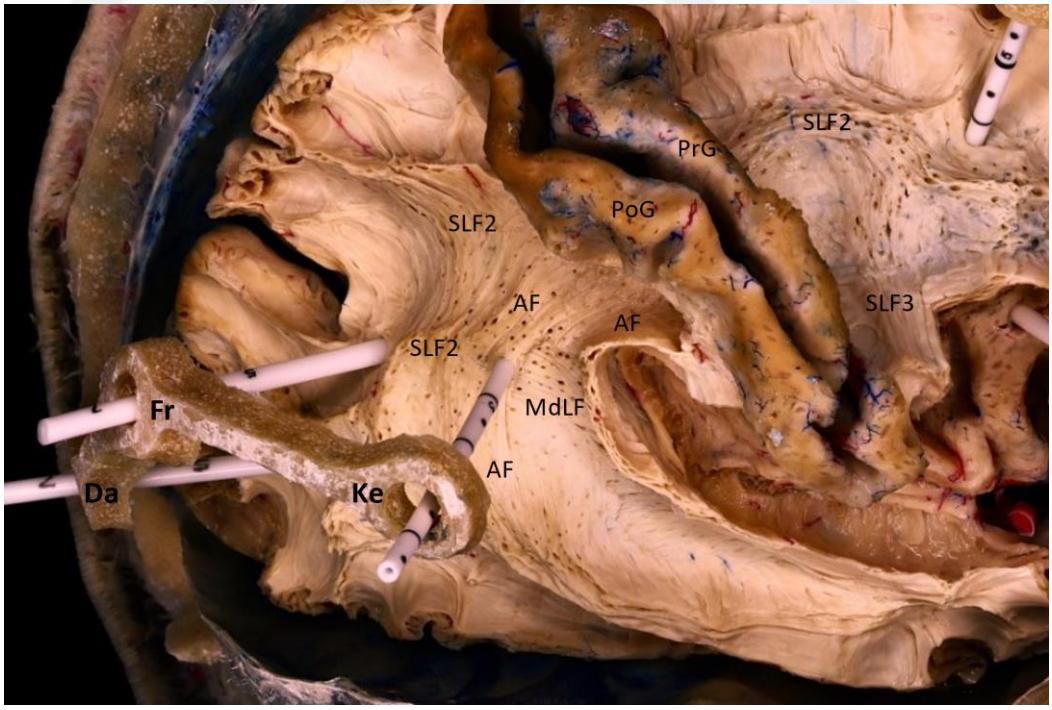
Şekil 36. Keen, Frazier ve Dandy noktalarından gönderilen kateterlerin SLF 2, SLF3 ve AF lifleri ile ilişkisi.

Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, SLF2: süperior longitudinal fasikül 2, SLF3: süperior longitudinal fasikül 3, AF: arkuat fasikül, PrS: presantral girus, PoS: postsantral girus



Şekil 37. Oksipital U lifleri kaldırılarak VOF açığa çıkarıldı.

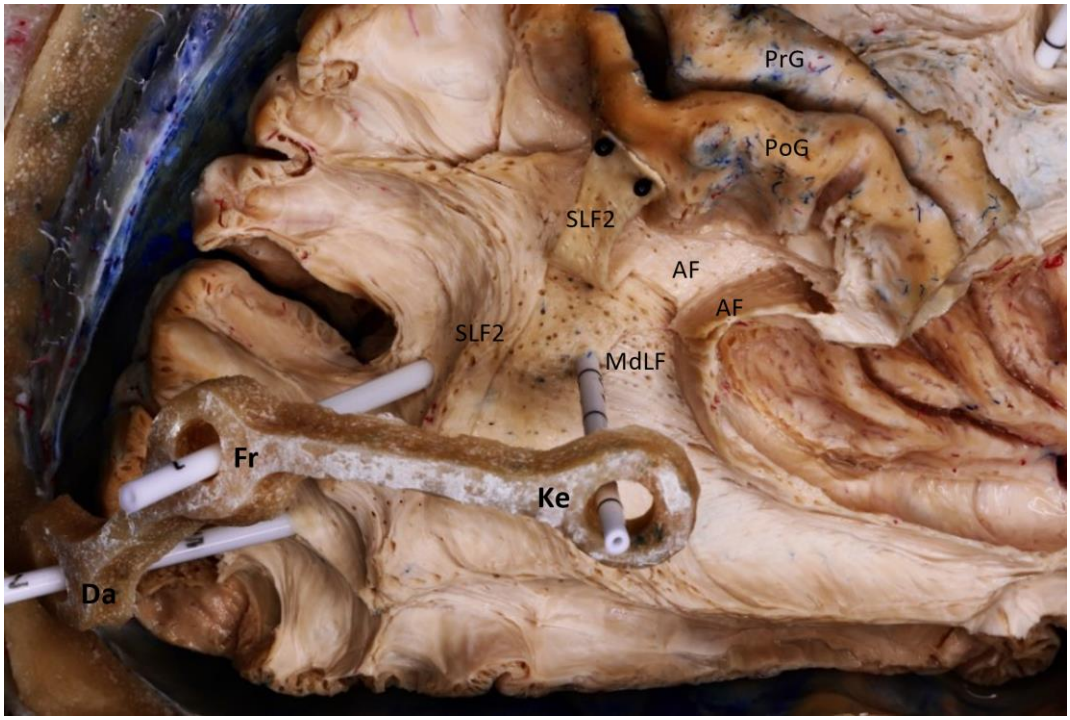
Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, SLF2: süperior longitudinal fasikül 2, SLF3: süperior longitudinal fasikül 3, AF: arkuat fasikül, VOF: vertikal oksipital fasikül, İLF: inferior longitudinal fasikül



Şekil 38. AF'ün AnG ve SMG'ye olan uzantıları kaldırılarak indirekt anterior sonlanım ve indirekt posterior başlangıç lifleri açığa çıkarıldıktan sonra SLF2 ile birlikte Keen noktası ile olan ilişkisi.

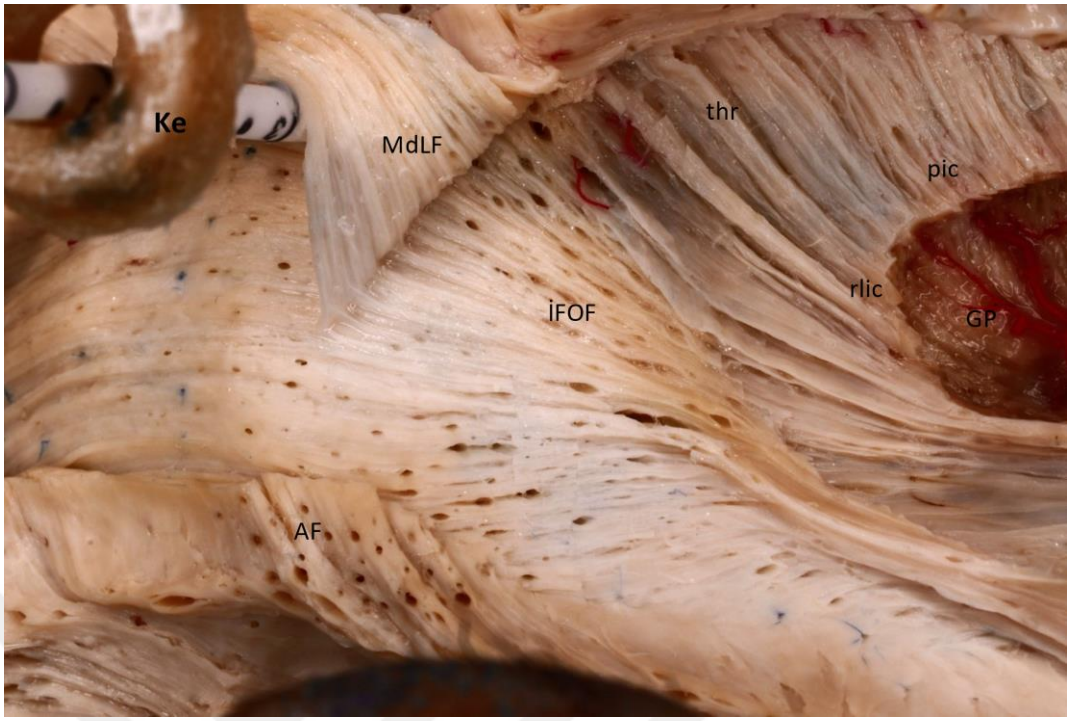
Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, SLF2: süperior longitudinal fasikül 2, SLF3: süperior longitudinal fasikül 3, AF: arkuat fasikül, MdLF: middle longitudinal fasikül, PrS: presantral girus, PoS: postsantral girus

SLF 2 ve AF ortamdan uzaklaştırılarak diseksiyon ilerletildi, MdLF lifleri görüldü (Şekil 39). MdLF lifleri süperior temporal sulkus posteriorundan başlayarak İPL ve SPL seviyesinde sonlanmaktadır. MdLF, süperior temporal sulkus posteriorundan kaldırılıp, diseke edilerek kaldırıldı (Şekil 40). Keen noktasından gönderilen kateterin MdLF ile direkt ilişkili olduğu görüldü. MdLF'nin Frazier noktasından gönderilen kateter ile ise yakın yerleşimli olduğu görüldü. Dandy noktasından gönderilen kateterin MdLF ile ilişkilisi olmadığı görüldü. MdLF, korona radiatanın posterior liflerinin inferiorunda yerleşmektedir (Şekil 40).



Şekil 39. SLF2 ve AF kaldırılarak MdLF'nin seyri ve Keen, Frazier, Dandy noktalarından gönderilen kateterlerle ilişkisi gösterildi.

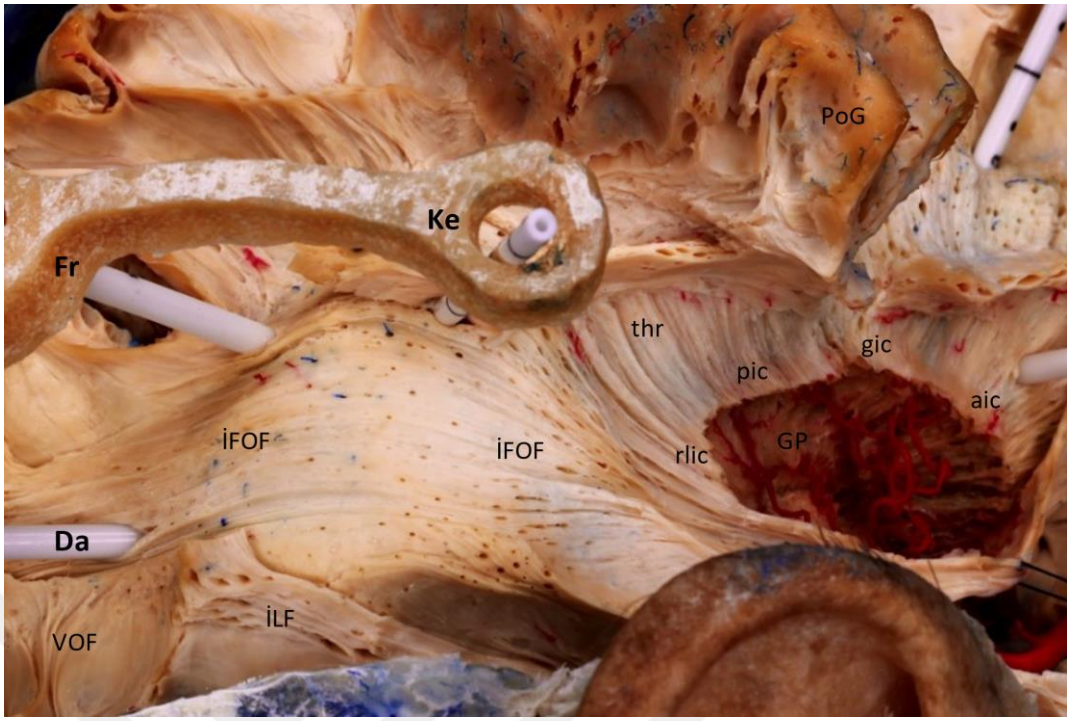
Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, SLF2: süperior longitudinal fasikül 2, AF: arkuat fasikül, MdLF: middle longitudinal fasikül, PrS: presantral girus, PoS: postsantral girus



Şekil 40. MdLF, STG posterior sınırından kaldırılıp diseke edilerek İFOF'dan ayrıldı.

Ke: Keen Noktası, AF: arkuat fasikül, MdLF: middle longitudinal fasikül, İFOF: inferior oksipitofrontal fasikül, thr: talamik radyasyon, GP: globus pallidus, pic: internal kapsül posterior bacağı, rlic: internal kapsül retrolentiküler bacağı

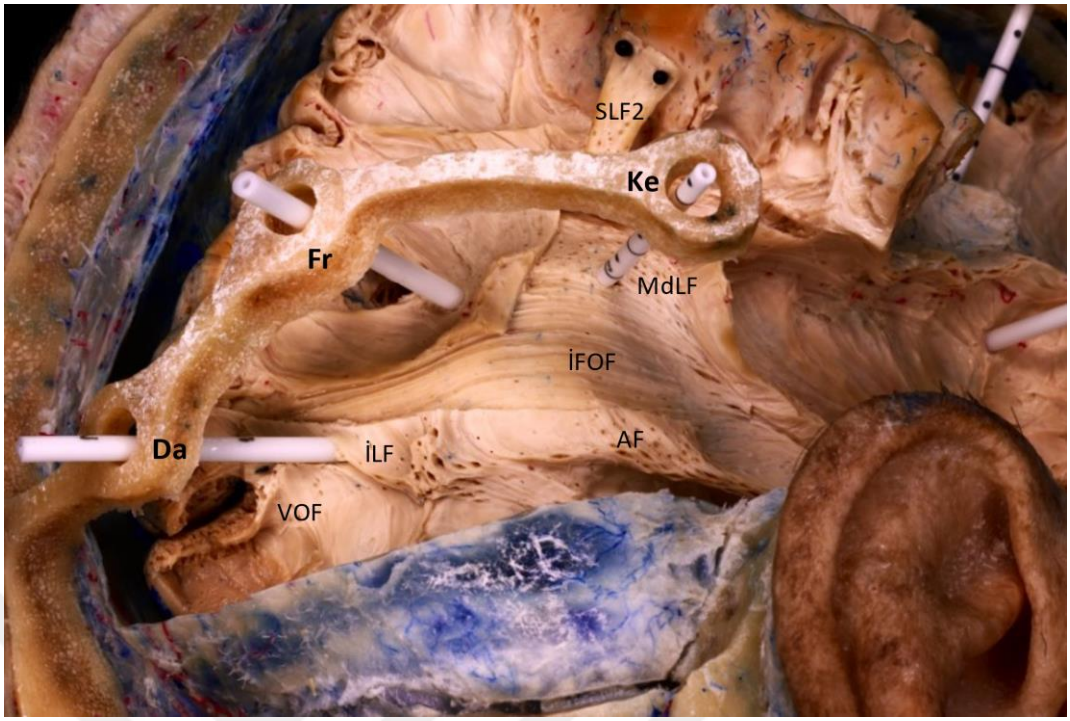
MdLF diseke edilerek İFOF açığa çıkarıldı. İFOF, MFG ve İFG'den başlayıp posterior ve inferiora yönelerek temporal steme ulaşıp geçtikten sonra paryetal lob arka kısım ve oksipital lob medial ve lateral yüzlerine ulaşarak sonlanan, frontal ve oksipital bağlantıyı sağlayan en belirgin ağdır. İFOF temporal stemde UF'nin lateralinde yerleşmektedir. Sagittal struatum düzeyinde; medialde AF posterior indirekt segment, AF'nin medialinde üstte MdLF, altta İLF en medialinde İFOF, daha medialiden ise optik radyasyonun oluşturduğu Meyer lupu yer almaktadır. İFOF'un kateterlerle ilişkisine bakılacak olursa; Keen ve Frazier noktalarından gönderilen kateterin İFOF'un alt paryetal ve üst oksipital bölgeye giden lif yollarından geçtiği, Dandy noktasından gönderilen kateterin İFOF'un orta kısım lif demetinden geçtiği görülmektedir (Şekil 41).



Şekil 41. İFOF'un Keen, Frazier, Dandy noktalarından gönderilen kateterlerle ilişkisi.

Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, İFOF: inferior frontooksipital fasikül, VOF: vertikal oksipital fasikül, İLF: inferior longitudinal fasikül Thr: talamik radyasyon, GP: globus pallidus, aic: internal kapsül anterior bacağı, gic: internal kapsül genu bacağı, pic: internal kapsül posterior bacağı, rlic: internal kapsül retrolentiküler bacağı, PoS: postsantral girus

İLF, oksipito-temporal alanları ön temporal alanlara bağlayan lif demetidir. Oksipital ve temporal U lifleri ardından, oksipital lobda bulunan VOF da kaldırıldıktan sonra açığa çıkmaktadır. Dandy noktasından gönderilen kateter oksipital bölgede İLF'nin içinden geçmekte iken, Frazier noktasından gönderilen kateterin üst oksipitoparyetal lifler ile ilişkili olduğu görüldü (Şekil 42). Keen noktasından gönderilen kateterin İLF ile ilişkili olmadığı görüldü.

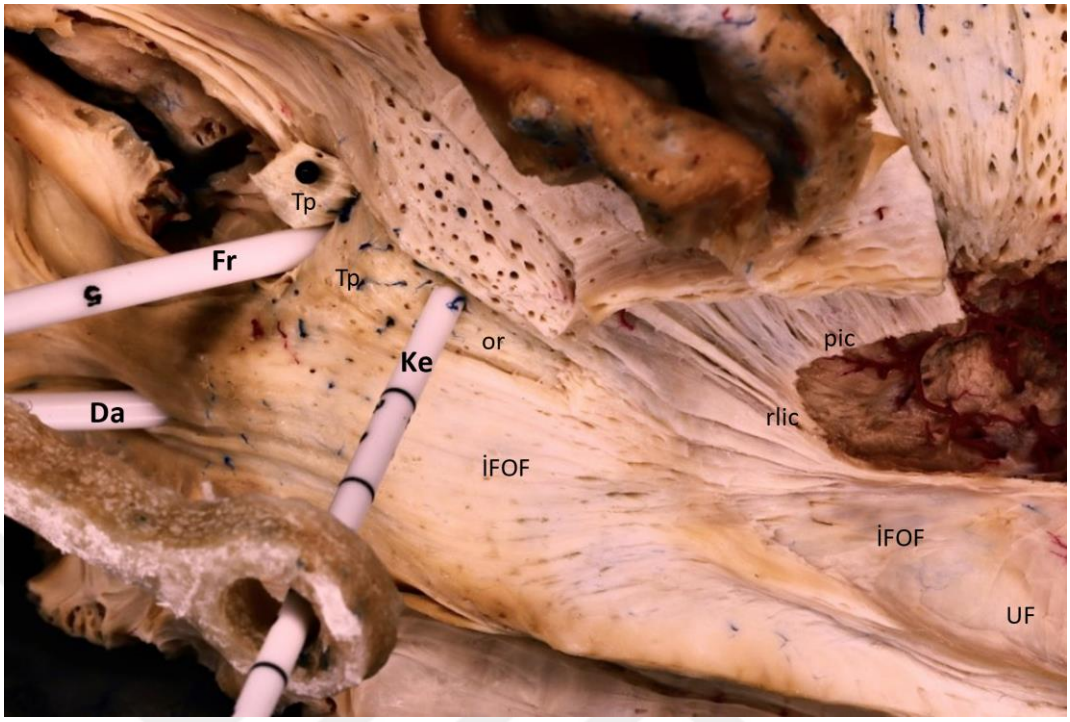


Şekil 42. İLF'nin Dandy noktasından gönderilen kateterle ilişkisi.

Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, SLF2: süperior longitudinal fasikül 2, AF: arkuat fasikül, MdLF: middle longitudinal fasikül, VOF: vertikal oksipital fasikül, İLF: inferior longitudinal fasikül, İFOF: inferior frontooksipital fasikül

İFOF, süperiorunda devam eden İK retrolentiküler lifleri ile beraber paralel seyir göstermektedir. Dandy ve Frazier noktalarından gönderilen kateterlerin posterior korona radiata lifleriyle yakından ilişkili olduğu görüldü (Şekil 43).

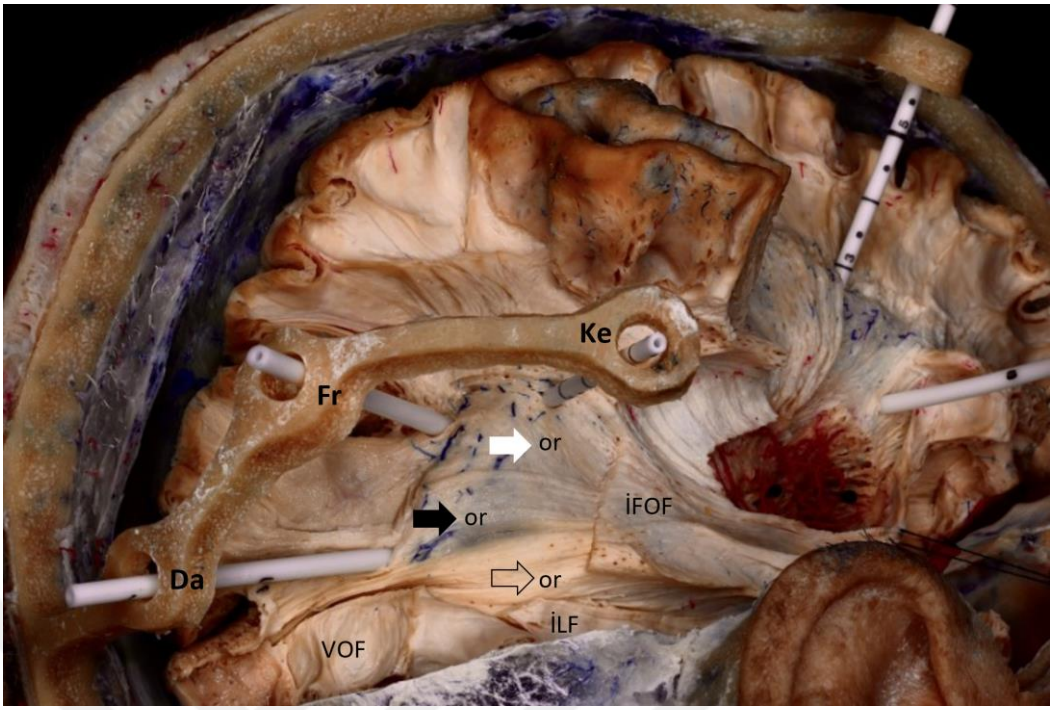
İFOF kaldırıldığında, Frazier noktasından gönderilen kateterle tapetal liflerin temas ettiği bölümden itibaren tapetal liflerin süperior, inferior, anteriora uzanım gösterdiği görülmektedir. Tapetal lifler, lateral ventrikül üst bölümünde korpus kallozumdan geçen karşılıklı girus temporalis medialislerle bağlantı sağlayan ak madde yoludur. Frazier noktasından gönderilen kateter, tapetal liflerin çıkış yerinden; Keen noktasından gönderilen kateter ise tapetumun atriumun lateral duvarına komşu seyri sırasında liflerin içinden geçerek ventriküle ulaşmaktadır (Şekil 43). Dandy noktası tapetal liflerin posterior-inferiorunda kalmaktadır. Tapetal lifler inferiora uzanım gösterirken oksipital loba uzanan optik radyasyon lifleri ile kesişmektedir.



Şekil 43. İFOF kaldırıldığında Frazier ve Keen noktalarından tapetal liflerin başladığı, tapetal liflerin laterale seyri sırasında horizantal seyirli optik radyasyon liflerinin çıktığı görülmektedir.

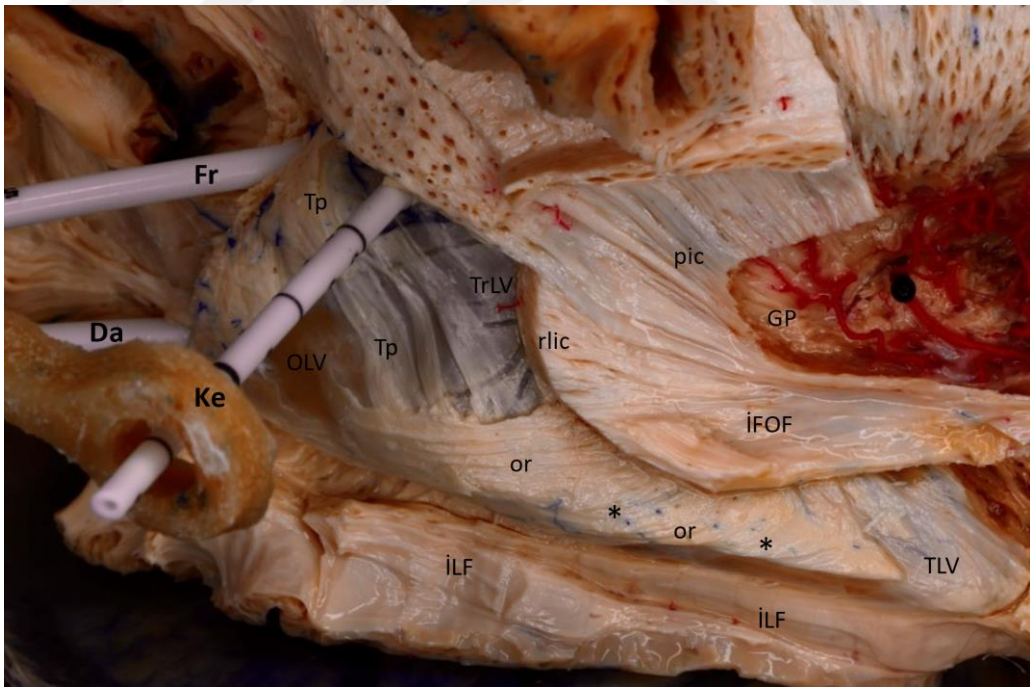
Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, İFOF: inferior frontooksipital fasikül, UF: unsinat fasikül, pic: internal kapsül posterior bacağı, rlic: internal kapsül retrolentiküler bacağı, or: optik radyasyon, Tp: tapetum

Optik radyasyon, İFOF ve UF kaldırıldığında temporal lob içerisinde ortaya çıkmaktadır. Optik radyasyon, İK'nin retrolentiküler ve sublentiküler bölümlerini oluşturan lif grubudur. Optik radyasyon, LGN'den üç demet halinde çıkmaktadır. Ön demet temporal boynuzun (Meyer halkası) üzerinde anterolateral olarak kıvrılır, genellikle temporal boynuzun ön sınırının ötesine ulaşır ve sonrasında atriumun alt yan duvarı boyunca geriye doğru kıvrılır. Orta demet, atrium yan duvarı ve oksipital horn boyunca lateral olarak uzanır ve arkaya doğru ilerler. Arka demet, atrium yan duvarı ve oksipital horn boyunca doğrudan posteriora ilerler. Keen ve Frazier trasesi arka demet lifleri içinden geçer, Dandy trasesi optik radyasyon ön ve orta demet liflerinin içinden geçmektedir (Şekil 44,45). Transillüminasyon yöntemi kullanılarak oksipital horn ve atrium üzerinde tapetal lifler ve optik radyasyon liflerinin seyri görülmektedir (Şekil 46).



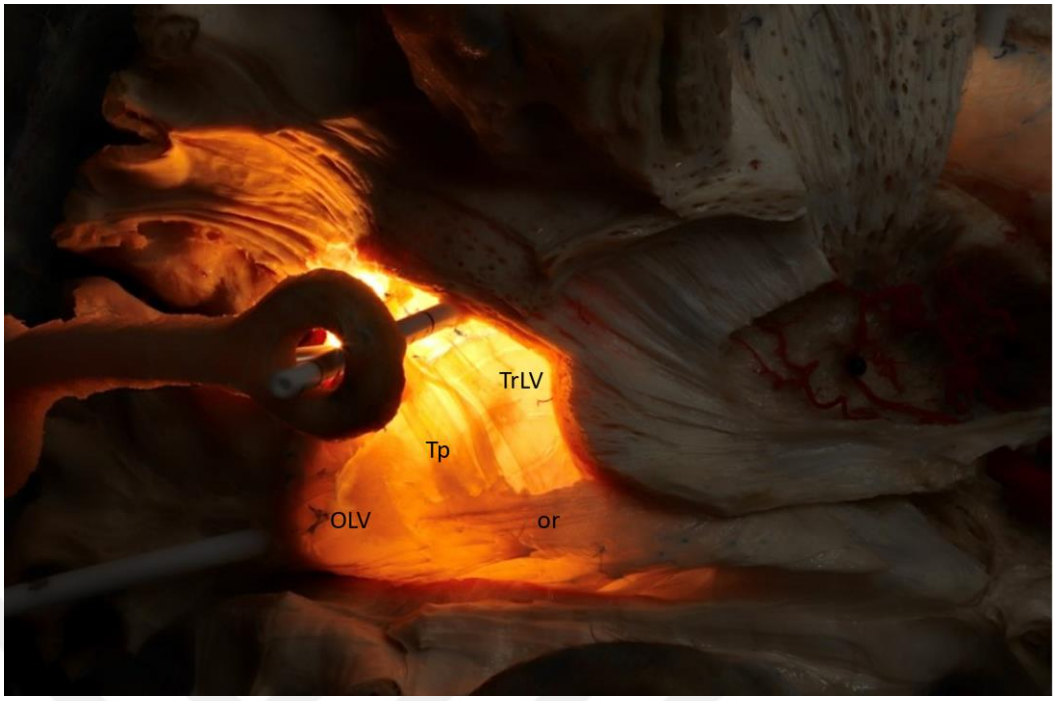
Şekil 44. İFOF, İLF kaldırıldığında optik radyasyon ön (ok), orta (siyah ok), arka (beyaz ok) demetlerinin Keen, Frazier, Dandy noktalarından gönderilen kateterlerle ilişkisi.

Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, VOF: vertikal oksipital fasikül, İLF: inferior longitudinal fasikül, İFOF: inferior frontooksipital fasikül, or: optik radyasyon



Şekil 45. Meyer lupu (*) açığa çıkarıldı, optik radyasyon lifleri arka ve orta demet bir kısım lifleri alınarak ince tapetal lifler açığa çıkarıldı.

Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, İFOF: inferior frontooksipital fasikül İLF: inferior longitudinal fasikül, pic: internal kapsül posterior bacağı, or: optik radyasyon, Tp: tapetum, TrLV: lateral ventrikül trigonu, OLV: lateral ventrikül oksipital hornu, TLV: lateral ventrikül temporal hornu



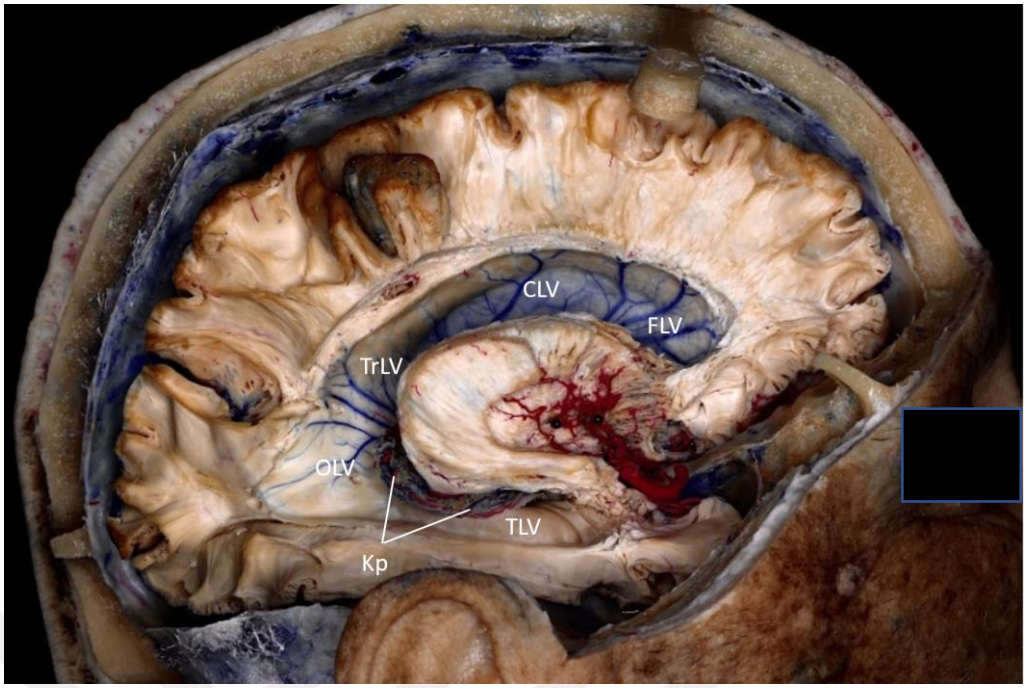
Şekil 46. Transluminasyon tekniği ile üstte tapetal lifler, altta optik radyasyon lifleri gösterildi.

or: optik radyasyon, Tp: tapetum, TrLV: lateral ventrikül trigonu, OLV: lateral ventrikül oksipital hornu

5.3. VT Noktalarının Kadavralar ve Olgular Üzerinde Değerlendirilmesi

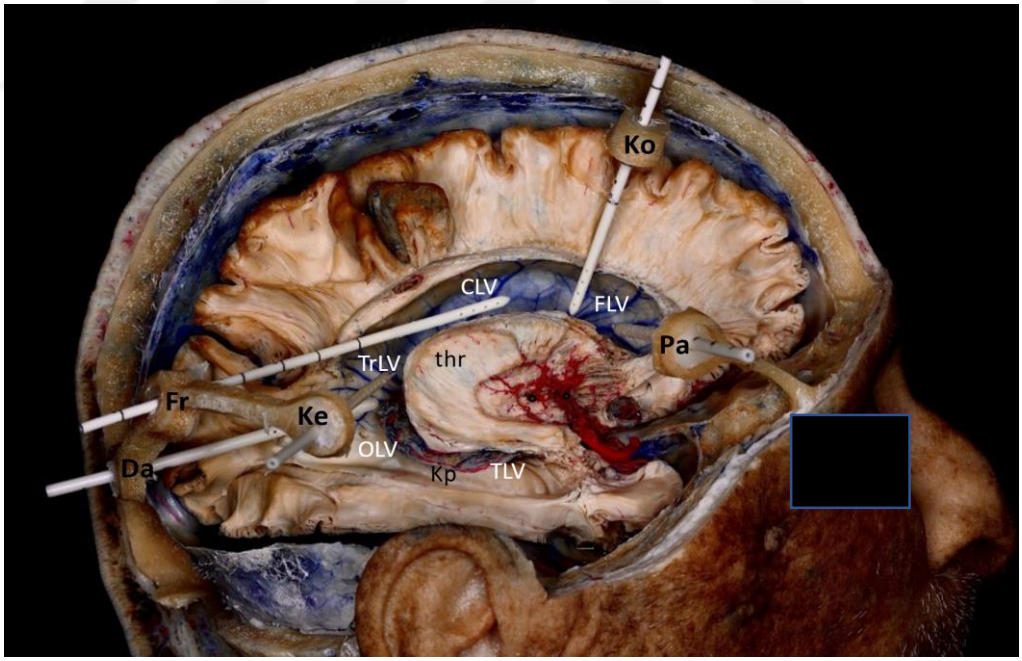
5.3.1. VT Noktalarının Kadavra Üzerindeki Açısal Ölçümleri

Lateralden mediale ak madde diseksiyonu tamamlandıktan sonra ulaşılan ventrikül ependimi de kaldılarak lateral ventrikül iç anatomisine hâkim olundu (Şekil 47). Her bir kateterin ventrikül içerisindeki konumu gösterildi (Şekil 48). Kateterlerin koroid pleksustan uzakta ve ventrikül bölümünün duvarlarına eşit uzaklıkta yerleştirilmesine özen gösterildiğinde kateterlerin ventrikül içindeki uygun sonlanma noktalarının şu şekilde olduğu görüldü; Kocher noktası için koroid pleksus anteriorunda kalacak şekilde frontal horn foramen Monro süperior anteriorunda, Paine noktası için ventriküle lateralden girip frontal horn lateralinde, Keen noktası için lateral ventrikül trigonundan girip atrium bölgesinde, Frazier noktası için ventrikül atriumundan girip gövde kısmının ortasında, koroid pleksus süperiorunda olacak şekilde, Dandy noktası için oksipital horn ve atriumda olduğu görüldü (Şekil 48). Uygun doğrultuda yerleştirilen kateterlerin FH, PKH ve MSP ile oluşturduğu açılar hesaplandı (Şekil 49).



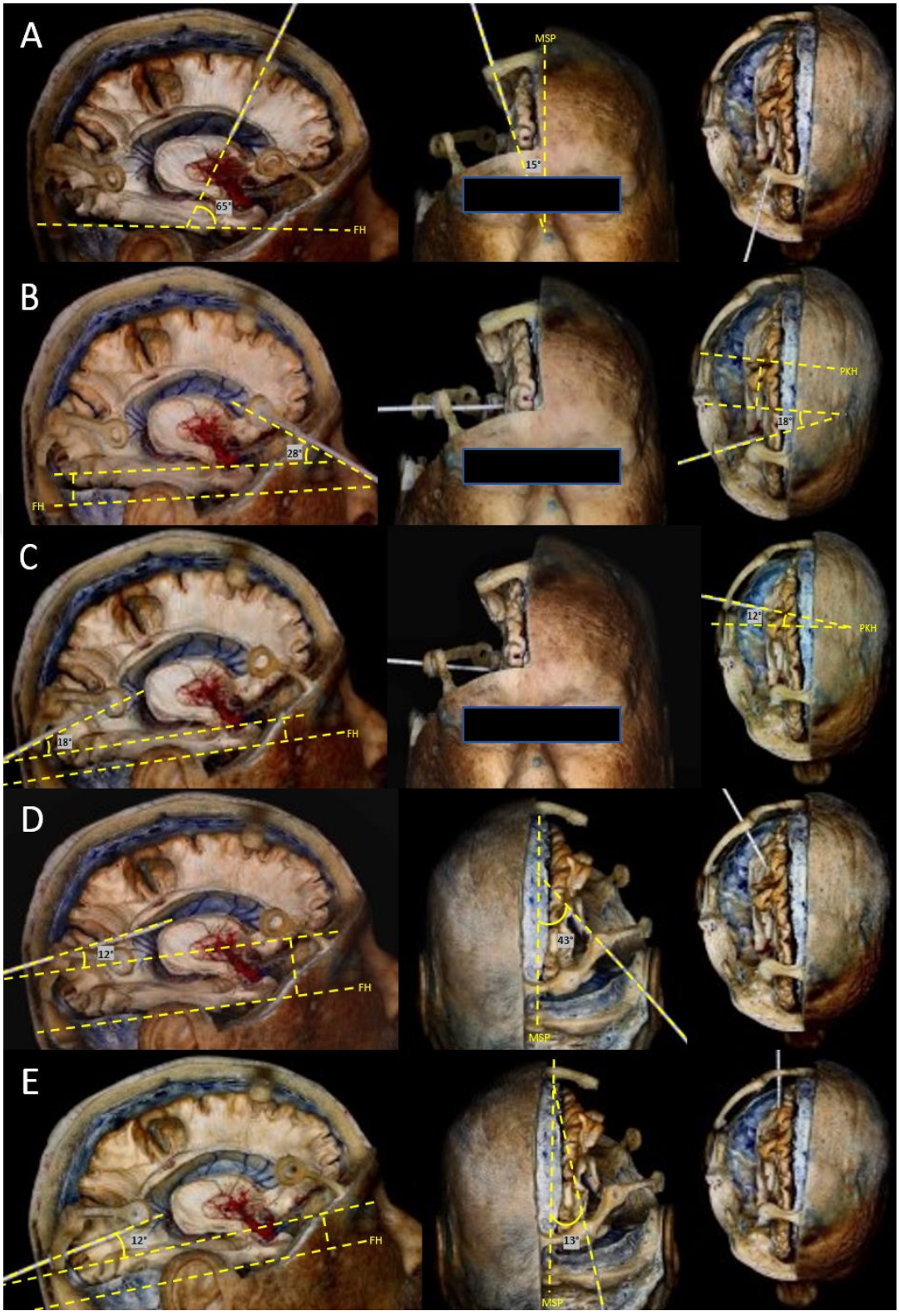
Şekil 47. Ak maddenin tamamen kaldırılmasıyla lateral ventrikül iç anatomisi açığa çıkarıldı.

FLV: lateral ventrikül frontal hornu, CLV: lateral ventrikül gövde, TrLV: lateral ventrikül trigonu, OLV: lateral ventrikül oksipital hornu, TLV: lateral ventrikül temporal hornu, Kp: koroid pleksus



Şekil 48. Kateterlerin ventrikül içerisindeki sonlanım noktaları.

Ko: Kocher Noktası, Pa: Paine Noktası, Ke: Keen Noktası, Fr: Frazier Noktası, Da: Dandy Noktası, FLV: lateral ventrikül frontal hornu, CLV: lateral ventrikül gövde, TrLV: lateral ventrikül trigonu, OLV: lateral ventrikül oksipital hornu, TLV: lateral ventrikül temporal hornu, thr: talamik radyasyon, Kp: koroid pleksus



Şekil 49. Kateterlerin 3 düzlem ile oluşturduğu açılanmalarının gösterilmesi (A: Kocher B: Paine C: Keen D: Frazier E: Dandy).

Kocher noktasından gönderilen kateter, yüzeyel belirteçler kullanılarak orta hattan 3 cm lateralde, nasiondan yaklaşık 11 cm üst-arkada olacak şekilde giriş yeri belirlenir. Açılanma ise frontal düzlemde, ipsilateral medial epikantus; sagittal düzlemde ipsilateral dış meatus akustikustan çizilen çizgilerin kesişimine dik bir açıyla yönlendirilmesiyle belirlenir. Çalışmamızda MSP'ye göre verilmesi gereken açı 15°, FH'ye göre verilecek açı 65° olarak ölçüldü (Şekil 48).

Piane noktasından gönderilen kateter, dura açıldıktan sonra ön kraniyal fossa tabanından 2,5 cm yukarıda ve silvian fissürün 2,5 cm önünde bir nokta belirlenir. Beyin yüzeyinin dış bükeyliğine dik hafif posteriora yönlendirilerek, ipsilateral lateral ventrikül ön boynuzuna ulaşılana kadar yaklaşık 4-5 cm kadar kateter ilerletilir. Çalışmamızda PKH'ye göre verilmesi gereken açı 18°, FH'ye göre verilecek açı 28° olarak ölçüldü (Şekil 48).

Keen noktasından gönderilen kateterin giriş yeri, kulak kepçesinden yaklaşık 2,5-3 cm yukarıda ve arkada olacak şekilde tesbit edilir. Açılandırılması hafif sefalik yöne temporal lob korteksine dik olarak yapılır. Çalışmamızda PKH'ye göre verilmesi gereken açı 12°, FH'ye göre verilecek açı 18° olarak ölçüldü (Şekil 48).

Frazier noktasından gönderilen kateterin giriş noktası, inionun 6 cm üstüne ve 4 cm lateraline tekabül etmektedir. Açılandırma kateterin, medial ve süperior olarak kontralateral medial kantusun 4 cm yukarısındaki bir noktaya verilmesiyle yapılır. Kortekse giriş yapıldıktan 4-5 cm sonrasında BOS gelmesiyle beraber 4-5 cm daha ilerletilip işlem sonlandırılır. Çalışmamızda MSP'ye göre verilmesi gereken açı 43°, FH'ye göre verilecek açı 12° olarak ölçüldü (Şekil 48).

Dandy noktasından gönderilen kateterin, giriş noktası oksipital kemiğin lambdoid sütürün altında, inionun 3 cm yukarısında ve orta hattın 2 cm lateralinde belirlenir. Açılandırma glabellanın 2 cm yukarısındaki hayali bir noktaya karşılık gelecek şekilde yapılır. Kateterden BOS gelinceye kadar yaklaşık 4-5 cm ilerletilir. Çalışmamızda MSP'ye göre verilmesi gereken açı 13°, FH'ye göre verilecek açı 12° olarak ölçüldü (Şekil 48).

5.3.2. VT Noktalarının Olgular Üzerindeki Ölçüm Sonuçlarının İstatiksel Değerlendirilmesi

Elli olgu üzerinde yapılan VT noktalarından gönderilen kateterlerin katettiği PU ve KVU ölçüm sonuçları Tablo 3'te verildi.

Tablo 3. Radyolojik Olarak Ölçüm Yapılan Olgularda VT Noktalarının Trasesi Üzerindeki Parankim Uzunluğu ve Kranyum-Ventrikül Uzunluğu (mm) ile Evans İndeksleri Verilmiştir.

NO	YAŞ/ CİNSİYET	UZUNLUK	KOCHER (mm)	PAİNE (mm)	KEEN (mm)	FRAZİER (mm)	DANDY (mm)	EVANS İNDEKS (%)
1	19/K	PU	19,76	28,12	27,52	35,3	13,16	43**
		KVU	55,04	49,05	47,71	77,8	44,13	
2	21/E	PU	20,32	30,59	19,26	23,76	20,16	45**
		KVU	57,71	54,34	51,62	83,72	55,79	
3	68/E	PU	22,48	33,8	30,67	33,5	23,54	41**
		KVU	60,96	50,58	50,84	74,4	50,21	
4	37/K	PU	19,1	28,12	25,01	30,84	31,42	40**
		KVU	61,74	50,53	41,61	67,03	60,65	
5	73/K	PU	24,07	34,22	24,16	35,14	28,63	33*
		KVU	60,18	56,36	45,27	75,57	56,48	
6	45/K	PU	26,29	32,35	22,58	30,27	26,43	33*
		KVU	57,45	52,77	47,62	78,12	55,8	
7	45/E	PU	24,69	28,61	21,55	27,45	24,54	42**
		KVU	59,46	50,08	40,85	68,06	55,64	
8	32/E	PU	24,55	31,46	19,4	35,48	22,73	50***
		KVU	67,55	51,86	45,57	88,57	69,07	
9	69/K	PU	23,76	27,16	27,89	34,23	17,11	34*
		KVU	57,58	48,48	52,2	74,39	50,63	
10	34/K	PU	26,4	32,84	30,33	34,6	28,26	35*
		KVU	51,03	49,05	52,15	79,22	55,98	
11	63/K	PU	21,75	31,22	23,13	26,13	23,46	43**
		KVU	52,84	46,63	51,48	77,53	51,48	
12	63/K	PU	19,04	33,3	23,43	24,13	20,53	50***
		KVU	65,61	63,84	52,32	70,88	59,18	
13	21/K	PU	34,27	34,7	29,69	27,66	22,43	39*
		KVU	64,74	55,16	42,97	52,88	42,56	
14	58/K	PU	25,64	31,58	15,07	35,2	30,19	31*
		KVU	47,98	45,22	38,39	54,92	49,05	
15	19/E	PU	27,65	32,53	19,47	24,91	25,26	39*
		KVU	63,65	49,87	43,33	79,4	51,58	
16	62/E	PU	23,89	35,79	23,17	28,99	14,71	35*
		KVU	59,86	54,65	45,64	73,28	45,89	
17	54/E	PU	24,13	33,67	24,65	25,96	19,07	42**
		KVU	58,73	53,92	46,15	65,69	43,98	
18	18/E	PU	25,61	30	23,04	29,06	23,53	40**
		KVU	56,4	52	38,79	73,43	53,75	
19	19/K	PU	24,64	30,28	31,25	40,14	23,78	41**
		KVU	55,07	53,74	50,78	74,45	53,42	

20	34/K	PU	22,99	29,69	26,6	31,79	24,9	50***
		KVU	52,18	51,26	48,1	71,99	53	
21	36/E	PU	27,34	36,56	27,98	41,42	25,89	38*
		KVU	64,27	58,91	49,59	70,95	51,23	
22	65/K	PU	20,96	24,66	25,37	24,16	25,46	35*
		KVU	59,32	52,01	63,98	76,03	63,88	
23	65/K	PU	25,32	33,23	24,45	40,03	33,86	34*
		KVU	55,06	49,33	46,06	76,77	60,33	
24	41/E	PU	21,93	25,03	22,6	28,42	16,2	50***
		KVU	71,12	56,36	66,51	84,92	81,85	
25	67/E	PU	23,99	29,17	24,7	41,38	38,54	39*
		KVU	54,53	50,02	49,9	85,59	80,89	
26	74/K	PU	19,93	32,98	19,87	25,32	18,5	50***
		KVU	55,23	54,34	55,6	81,61	71,31	
27	70/E	PU	27,13	34,14	24,55	30,74	18,78	37*
		KVU	53,72	55,52	48,34	77,62	61,34	
28	65/K	PU	19,21	32,69	21,75	29	24,23	43**
		KVU	53,63	56,31	51,3	76,21	64,21	
29	36/K	PU	26,1	33,95	26,72	33,2	29,55	34*
		KVU	56,09	51,58	49,91	74,86	65,18	
30	64/E	PU	23,62	30,01	28,63	39,42	19,08	37*
		KVU	53,79	53,82	50,21	77,47	63,71	
31	42/K	PU	25,63	34,23	27,45	41,19	22,2	35*
		KVU	51,07	48,25	50,99	88,39	68,44	
32	58/K	PU	23,68	34,5	26,88	27,1	25,26	41**
		KVU	64,71	59,05	54,02	86,71	78,65	
33	41/E	PU	27,33	35,96	26,66	35	16,89	40**
		KVU	71,78	63,4	69,32	84	73,3	
34	71/E	PU	16,16	29,25	23,02	27,16	26,74	53***
		KVU	63,05	53,55	74,29	84,3	72,29	
35	36/K	PU	24,69	33,85	17,58	15,55	17,15	41**
		KVU	70,74	57,79	67,14	83,11	74	
36	67/K	PU	28,39	29,17	29,63	32,89	33,27	41**
		KVU	64,51	56,04	62,41	81,6	68,05	
37	53/K	PU	26,2	31,4	27,71	32,82	26,2	35*
		KVU	52,06	46,9	59,99	82,06	71,05	
38	67/E	PU	24,23	28,65	25,2	33,6	24,25	39*
		KVU	60,07	50,99	55,9	89,07	70,16	
39	47/E	PU	18,4	26,5	17,55	17,1	18,9	53***
		KVU	68,41	60,6	74,03	92,5	90,5	
40	74/E	PU	27,27	36,45	21,99	31,83	13,86	39*
		KVU	66,87	55,64	58,1	86,69	78,4	
41	22/E	PU	27,32	38,41	20,95	30,62	29,69	43**
		KVU	78,03	69,66	72,68	95,81	83,62	
42	23/E	PU	27,87	43,24	32,89	37,62	27,87	41**
		KVU	61,71	67,7	65,76	77,6	57,42	
43	48/E	PU	26,78	28,51	23,46	35,86	33,61	41**
		KVU	63,26	48,9	55,58	87,32	71,97	
44	22/K	PU	20,1	35,37	17,27	19,53	14,77	41**
		KVU	61,29	59,02	65,27	81,14	82,54	
45	72/K	PU	17,95	34,89	19,91	25,04	22,4	50***
		KVU	56,67	62,03	64,69	87,71	71,86	

46	73/K	PU	20,7	27,72	18,23	28,39	19,76	42**
		KVU	51,34	42,61	58,02	77,73	66,7	
47	48/E	PU	25,15	38,96	19,34	28,12	17,98	37*
		KVU	61,31	55,36	55,15	85,18	62,27	
48	47/E	PU	23,05	34,69	17,15	22,73	17,91	43**
		KVU	64,13	59,75	67,17	92,74	81,24	
49	18/K	PU	21,18	27,16	21	22,56	18,38	50***
		KVU	66,73	49,89	48	74,14	72,01	
50	21/E	PU	20,24	27,45	24,3	21,21	17,11	44**
		KVU	65,92	52,17	50,93	84,34	56	
Ort.± SD	47± 19	PU	23.77±3.3	31.97±3.7	23.85±4.1	30.27±6.2	23.16±5.7	-
		KVU	60.12±6.3	53.93±5.4	53.88±9.2	78.91±8.5	63.41±11	

PU: Parankim Uzunluğu, VPU: Kranyum-Ventrikül Uzunluğu
*Evans İndeksine göre; *: Grade I Hidrosefali (%30-%40), **: Grade II Hidrosefali (%40-%50), ***: Grade III Hidrosefali (>%50)*

Çalışmada 24 erkek ve 26 kadın hasta incelendi. Yaş ortalaması 47±19 ve yaş dağılımı 18 ila 73 arasında değişmeydi. Ölçüm sonuçlarına göre olgularda kateterlerin ortalama PU'ları sırasıyla 23.77±3.39 mm, 31.97±3.75 mm, 23.85±4.17 mm, 30.27±6.26 mm ve 23.16±5.76 mm olarak ölçüldü. Aynı şekilde KVU'ları sırasıyla 60.12±6.37 mm, 53.93±5.49 mm, 53.88±9.28 mm, 78.91±8.52 mm ve 63.45±11.84 mm olarak ölçüldü. Eİ'ye göre grade 1 (%30-40) 20 olgu, grade 2 (%30-40) 21 olgu ve grade 3 (>50) 9 olgu mevcuttu. Olgularda kateterlerin geçtiği PU, KVU ve toplam kateter uzunluğunun ventrikül içerisindeki indeksleri (VKİ) Eİ'ne göre Tablo 4'te verildi.

Tablo 4. Olgulardaki Hidrosefali Derecesi ile VT Yerlerine Göre Kateter Ölçüm Değerleri

TAP Noktası	Ölçümler	Hidrosefali Grade			*p*
		Grade 1 (%30-%40)	Grade 2 (%40-%50)	Grade 3 (>%50)	
KOCHER	PU	25,74±2,59	23,42±3,06	20,23±2,66	*p<0.001*
	KVU	57,53±5,17	61,38±6,66	62,95±6,65	*p<0.05*
	VKİ (%)	38	45	52	-
PAİNE	PU	32,62±3,43	32,18±4,04	30,02±3,38	*p>0.05*
	KVU	51,99±3,61	54,91±6,67	55,97±5,05	*p<0.05*
	VKİ (%)	23	28	33	-
KEEN	PU	24,82±3,82	23,94±4,73	21,48±2,70	*p<0.05*
	KVU	50,28±6,17	55,21±9,90	58,79±11,31	*p<0.05*
	VKİ (%)	37	45	52	-
FRAZİER	PU	33,44±5,30	28,93±6,26	26,33±5,30	*p<0.001*
	KVU	76,92±9,40	79,54±7,82	81,84±7,78	*p>0.05*
	VKİ (%)	44	51	56	-
DANDY	PU	24,43±6,33	22,86±5,90	21,03±3,42	*p>0.05*
	KVU	60,24±5,47	63,17±12,48	71,23±11,00	*p<0.05*
	VKİ (%)	44	49	57	-

Ventrikül-Kateter Yüzdesi: (KVU-PU-Kemik Kalınlığı) / KVU x 100
PU: Parankim Uzunluğu, KVU: Kranyum-Ventrikül Uzunluğu, VKİ: Ventrikül-Kateter İndeksi
Pearson Korelasyon testine göre; p>0.05: anlamsız ilişki, p<0.05: anlamlı ilişki, p<0.001: güçlü anlamlı ilişki

Olgulardaki Eİ artışıyla, VT noktalarından gönderilen kateterin katettiği PU arasındaki ilişki incelendiğinde; bütün noktalarda PU azalmakla birlikte, Paine ve Dandy noktasında PU'daki azalmanın istatistiki olarak anlamlı olmadığı görüldü *(p>0.05)*. Keen noktasında ise bu ilişki anlamlı *(p<0.05)* iken Kocher ve Frazier noktalarında daha belirgin olarak anlamlı bulundu *(p<0.001, p<0.001)*.

Eİ artışıyla kateterlerin PU ve KVU'ları istatiksel olarak mukayese edildiğinde; bütün noktalarda kateter uzunluğu belirli miktar artmakta olup Frazier noktasında anlamlı artış olmadığı *(p>0.05)* diğer noktalarda anlamlı artış olduğu görüldü *(p<0.05)*.

5.3.3. VT Noktalarının Ak Madde Hasarının Değerlendirilmesi

Kateterlerin ak madde liflerine verdiği hasar kopma ve ayrışma şeklinde makroskopik olarak incelendi. Kateterlerin doğrudan ilişkili olduğu, etkilediği lifler incelemeye dahil edildi. Kopma %79, ayrışma ise %21 oranında gözlenmektedir. SLF2, AF, MdLF, İLF, VOF ve Tp liflerinde ayrışma görülmezken ilişkili olduğu bütün kateterlerde kopma izlendi. İFOF, or ve İK liflerinde ise hem kopma hem de ayrışma görüldü.

Tablo 5. Kateterlerin Ak Madde Üzerindeki Hasarı

Ak Madde Hasarı	Ak Madde Yolları									Toplam	%
	SLF2	AF	MdLF	İLF	İFOF	İK	or	VOF	Tp		
Kopma *(Disruption)*	4	1	2	2	1	3	2	2	2	19	79
Ayrışma *(Dissection)*	-	-	-	-	2	2	1	-	-	5	21
TOPLAM	4	1	2	2	3	5	3	2	2	24	100

SLF2: Süperior Longitudinal Fasikül, AF: Arkuat Fasikül, MdLF: Orta Longitudinal Fasikül, İLF: İnferior Longitudinal Fasikül, İK: İnternal Kapsül, or: optik radyasyon, VOF: Vertikal Oksipital Fasikül, Tp: Tapetum

5. TARTIŞMA

Günümüze ulaşan belgelere göre ilk defa Hipokrat çağında yapılan VT günümüzde de yaygın ve etkili olarak uygulanan bir girişimdir (144). VT; fazla BOS'u uzaklaştırmak, KİB monitorizasyonu yapmak, BOS numunesi almak, intraventriküler tümör, kanama gibi lezyonların boşaltılması veya intratekal tedavi uygulamak amacıyla kullanılmaktadır (1-4). Yaygın olarak hidrosefali tedavisinde uygulanmaktadır. Hidrosefali tedavisi, çoğu zaman cerrahi ve invaziv bir işlem gerektirmektedir. Gelişen teknolojiye rağmen ventriküle erişimde kullanılan yöntem değişiklik göstermemiştir. Lateral ventriküle ulaşmak için gri ve ak madde kaçınılmaz sonuç olarak geçilmek zorunda olduğundan belli miktarda nöronal hasara sebep olmaktadır. Günümüzde kullanılmakta olan erişim noktaları güncel bilgiler ve teknik iyileştirmeler kullanılarak yeteri kadar gözden geçirilmemiştir. Bazı çalışmalar VT noktalarını DTG ile irdelemiş olsa da MRG yönteminin ak maddeyi göstermedeki teknik yetersizliğinden ötürü diseksiyon çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır (15, 145).

Çalışmamızda VT noktalarının tayini yüzeyel belirteçler ile, açılanması ise navigasyon sistemi ile belirlenerek optimize edildi. Kateterlerin giriş yerinin tayini ve ventrikülün ilgili bölümüne yerleştirmede verilmesi gereken açı farklı değişkenlere bağlı olarak belirlenmektedir. Bu da kateterin ak madde üzerinde katedeceği lif grubunu değiştirmektedir. Çalışmamızda bu değişkenler her bir giriş noktası için skalptan itibaren kemik, dura, kortikal yüzeyel vasküler ağ, gri madde, ak madde ile ilişkisi ve ventrikül içerisindeki konumu diseke edilerek irdelendi.

Skalp üzerinde yapılacak insizyonlarda iki unsura dikkat edilmelidir; cildin beslenmesini sağlayan arteryal ağın bütünlüğünün korunması ve saçlı deri sınırının dışına çıkılmamasıdır. Arteryal yapının korunması cilt enfeksiyonunu ve nekroz gelişmesini önlenmede önem arz ederken, saçlı deriyi geçmemek oluşacak skar dokusunun görülmemesini sağlayacağından kozmetik açıdan önemlidir. İnsizyonlar genelde lineer, semilunar ve soru işareti şeklinde uygulanmaktadır. Semilunar insizyonlar lineer insizyonlara göre daha uzun olmasına rağmen şant cerrahisinde daha fazla tercih edilmektedir. Tercih edilmesindeki sebep, insizyon hattının burr-hole, şanttın rezervuarına ve valf mekanizmasına denk gelmemesi bu sayede sütürasyon esnasında şant malzemelerinin zarar görmemesi ve yara geriminin azaltılması ile yara iyileşmesi hızlandırılarak yara enfeksiyonlarının önüne geçilebilmesidir (146). Uygulanacak insizyonlar genellikle 3 cm ile 10 cm uzunluğunda olup çok büyük insizyonlar değildir.

Fakat şant cerrahisi pediatrik vakalarda daha sık uygulandığından, pediatrik vakalarda az miktarda kanama dahi ciddi sonuçlara yol açabileceğinden kanama miktarı önemli olacaktır. Skalp kanlanmasını sağlayan arterler arasında geniş anastomozlar içermesi sebebiyle anatomisi önem arz eden kanlanması kompleks bir yapıdır (147). Beslenmesi 5 ana arter tarafından sağlanmaktadır: supratroklear, supraorbital, süperfisyal temporal, posterior aurikuler, oksipital arter. Kocher noktası; supratroklear, supraorbital ve süperfisyal temporal arterlerin anastomoz bölgesi üzerinde olduğundan diğer erişim noktalarına göre en yaygın arteryal ağa sahip girişim noktasıdır. Paine noktası genellikle anevrizma cerrahisinde kemik kaldırılarak ulaşıldığından ayrıca bir insizyon gerektirmeyen kendine özel insizyonu olmayan girişim noktasıdır. Keen noktası, Kocher noktası gibi yoğun arteryal anastomozların olduğu bölgeye denk gelmektedir. Temporal süperfisyal arter, postaurikuler arter ve oksipital arter ile anastomoz oluşturmaktadır. Frazier ve Dandy noktaları oksipital arterin dallanma alanları üzerinde bulunmakta olup künt diseksiyon yapılarak kanama kontrolünü daha rahat sağlamaya olanak vereceği kanaatindeyiz.

Skalpın venöz drenajı derin ve yüzeyel olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır (148). Derin venöz ağın girişim noktalarıyla yakınlığı bulunmamaktadır. Yüzeyel venöz ağ, arteryal ağ ile parelel seyir göstermektedir. Kocher ve Keen noktalarının drenajı yaygın venöz ağ ile sağlanırken, Frazier ve Dandy noktalarının venöz drenajı oksipital ven ile sağlanmaktadır.

Skalp üzerindeki sinirsel ağ, gevşek areolar bağ dokusu içinde bulunmaktadır. Skalpın tam kesisinden kaçınarak gevşek areolar bağ dokusu korunarak yapılan künt diseksiyon neticesinde zarar görmesinin önüne geçilebilir. Sinirsel hasar gelişmesi durumunda bile giriş noktalarının konumu itibariyle oluşabilecek sinir yaralanması fonksiyonel bir hasar oluşturmayacağı kanaatindeyiz.

Kateterlerin geçtiği kranyum bölümlerinin kemik kalınlıkları kadavralar incelendiğinde en kalın 9.75±4.59 mm ile Kocher noktası, en ince 7.07±2.72 mm kemik kalınlığı ise Paine noktasına aitti. Kemikle ilgili giriş yerini ve işlemin başarısını etkileyen bir diğer unsur araknoid granülasyon (AG) ile karşılaşmaktır. AG'lar, BOS'u emen ve onu venöz sisteme aktaran araknoid zarın dural sinüslere büyümesidir (149). Genellikle 2-19 mm boyutlarında SSS boyunca parasagital bölgede ve bazen transvers sinüste kranyum üzerinde herhangi bir yerde bulunurlar. Lezyonlar kafatasının iç tabulasını genişleterek büyütebilirler, en sık posterior frontal veya anterior paryetalde orta hat çevresinde

yerleşirler. AG'ler orta hatta daha yoğun bulunduklarından orta hatta en yakın nokta olan Dandy noktasında ve mediale gereğinden fazla yaklaşılmasıyla Kocher noktasında AG ile karşılaşma ihtimali artmaktadır. Kemiğin iç, dış tabulasını erode etmiş, anormal yerleşimli ve anormal büyük boyutlarda AG'lerle karşılaşıldığında girişim noktasını laterale yerleştirmeli ya da ön-arka erişim noktaları arasında seçim yapmalıdır (150-152). AG ile karşılaşılması burr-hole aşamasında kemiğin kontrolsüz geçilmesine sebep olup dura, korteks zedelenmesine ve BOS fistüllerine sebep olabileceği kanaatindeyiz. Yine kemik lakünleri parasagittal yerleşimleri nedeniyle girişim noktasının başarısını etkileyebilmektedir. Lakünler yaşla birlikte boyutu artan konveksitenin 3 cm lateraline kadar uzanabilen yapılardır (153). Bu sebeple Dandy ve Kocher noktalarına yapılacak girişimlerde lakün ile karşılaşma ihtimali göz önünde bulundurulmalı ve oluşabilecek epidural veya subdural hematomların önüne geçebilmek adına lokalizasyonlarını tahmin etmek önem arzetmektedir ve radyolojik tetkikler bu konuda esas yardımcımızdır.

Dura üzerinde Kocher noktasına karşılık gelen bölgede karşılıklı orta meningeal arterler ile ön, arka etmoidal arterler arasında anastomoz oluşturmaktadır. Koterizasyon gerektirecek inatçı kanamalara sebep olabilmektedir. Posterior erişim noktalarının beslenmesi yoğun olmayıp orta meningeal arterin posterior dalları ile sağlanmaktadır.

Parankim üzerinde vasküler ağ irdelendiğinde; Kocher noktasının arteryal ağı orta serebral arter ve anterior serebral arter dalları, venöz ağı ise arkada Rolandik ven ve middle frontal venin dalları tarafından oluşturulmaktadır. Paine noktası; orta serebral arterin frontal dalı ve silvian fissür üzerindeki süperfisyal middle serebral vene dökülen venlere eşlik etmektedir. Kocher noktasında; arteryal ağdan ziyade venöz ağ ile daha yoğun ilişkisi olduğu görülmektedir. Yine de parasagittal boşaltıcı venlere Kocher noktası belirlenirken orta hattan 3 cm laterale konumlandırılmasına dikkat edilmesi sayesinde venöz yapıdan kaçınmada güvenli bir mesafe oluşturacaktır (154). Paine noktası intraop kullanıldığından parankim koterize edilerek girişim yapılacağından kortekste vasküler ağ ile ilgili komplikasyon görülmeyecektir. Keen noktası; orta serebral arterin kortikal dalları olan posterior paryetal arter ile süperiordan, anguler arter ile yakından, posterior temporal arter ile inferiordan yakın komşuluk içinde olup diğer girişim noktalarına göre en yoğun arteryal ağ ile örülü noktadır. Aynı şekilde venöz ağ olarak da yoğun dolaşıma sahiptir: süperior serebral ven, süperficial middle serebral ven ve inferior anastomatik venin birlikte anastomoz yaptığı alan üzerinden kortekse girmektedir. Frazier noktası

inferiordan oksipital arter, medialden anterior serebral arter kortikal dalları, lateralden orta serebral arterin anguler dalı ile yakından ilişkili iken, Dandy noktası medialden anterior serebral arterin kortikal dalları ile inferiordan posterior serebral arterin kortikal dalları ile yakından ilişkilidir. Frazier ve Dandy noktası posterior SSS'e dökülen süperior serebral venler ve transvers sinüse dökülen inferior serebral venler ile yakın komşuluk içindedir. Posterior erişim noktalarından Frazier ve Dandy noktalarının yoğun venöz ağ yapısı dikkat çekmektedir.

Her bir kateter giriş noktasında gri madde hasarı kaçınılmaz olarak oluşacaktır. Bu sebeple kateterin girdiği korteks alanı önem arz etmektedir. Gri maddenin tek bir girişim ile hasarlanmasına bağlı klinik tablo oluştuğuna dair literatürde olgu örneği bulunamamıştır. Fakat kateterin uygun yerden gönderilmemesi, parankimal kontüzyon, intraparankimal hematom oluşması gibi komplikasyonlar ile veya birden fazla deneme yapılması durumunda gelişen nöronal hasarla klinik tablo oluşturduğu gösterilmiştir (155-157).

Kocher noktasından gönderilen kateter SFG ve MFG arasından süperior frontal sulkus içerisinden kortekse girerek yaklaşık 4 mm gri maddeyi geçip ak maddeye ulaşmaktadır. 8. ve 9. BA'dan geçmektedir. BA 8 frontal göz alanı olup objelerin istemli takibinde göz hareketlerinin koordinasyonunda rol oynadığı düşünülmektedir. BA 9 ise 10,11,12 alanları ile birlikte prefrontal alanı oluşturmakta olup duygulanma, kişilik özellikleri, karar verme yeteneği, ileri görüş, problem çözme gibi işlevlerin sağlandığı alandır. Posteriorunda BA 6 ve lateralinde BA 46'nın, giriş yerinin yanlış hesaplanması neticesinde hasarlanması söz konusu olabilmektedir. BA 6 premotor korteks olup geçmiş deneyimler ile elde edilen motor aktivitelerin planlanması ve başlatılmasından sorumludur. Kocher noktasından gönderilecek bir kateterin, BA 4'ten primer motor kortekse gönderilmesi ciddi yanlış sapma sonucu ancak oluşabilecektir. Paine noktasından gönderilen kateter; İFG'nin operkular ve triangular girusları arasından lateral sulkusun anterior vertikal ramus seviyesinden kortekse zarar vermeden giriş yapmaktadır. İnsular korteks üzerinde ise girus brevis anterior ve girus brevis sekundus arasından geçtikten sonra derin gri cevher yapısı olan kaudat nükleus baş kısmından girerek ventriküle ulaşmaktadır. BA haritalamasına göre frontal lob üzerinde BA 44, 45 ve insula üzerinde BA 13 ile ilişkilidir. BA 44,45 konuşma esnasında kelimelerin oluşumundan sorumlu alan olan Broca merkezidir. Kaudat nükleus başının hasarlanmasının ve aynı zamanda Broca

alanınında hasarlanması sebebiyle bu noktada modifikasyonlara gidilmiştir. Hyun ve ark. kateterin Paine üçgeninin ön kolunun 2 cm önüne doğru açılandırarak yönlendirilmesini önerir (134). Park ve Hamm yaptıkları modifikasyonda Paine üçgeninin arka ucundan 2 cm arkaya kateterin açılandırılmasını önermişlerdir (135). Çalışmamızda kaudat nükleus başının hasarlanmasını önlemek için giriş konumunu değiştirmeyip süperiora açılandırmanın yeterli olacağı düşüncesindeyiz. Keen noktasından yerleştirilen kateter İPL içerisinde üstte SMG, altta AnG arasında yer alan süperior temporal sulkusun bitiş noktasından kortekse girmektedir. BA 39, 40 konuşmanın duyusal konuşma merkezi (Wernicke alanı) ile ilişkilidir. Wernicke alanı yazılan, okunan ve konuşulan kelimeleri anlamamızı sağlayan alandır. Frazier noktasından yerleştirilen kateter intraoksipital sulkus ile transoksipital sulkus kesişim noktası lateralinde, MOL'nin medial bölgesinden kortekse girmektedir. Kateter, BA 19'dan geçerek süperiorda duyusal assosiasyon alanı BA 7 ve lateralde Wernicke alanı (BA 39) ile ilişkilidir. BA 19, görüntü yakalandıktan sonra cismin takip edilmesinde görevli alandır. Dandy noktasından yerleştirilen kateter intraoksipital sulkus mediali, süperior oksipital sulkus inferior bölgesi civarından kortekse girmektedir. Primer görme merkezi BA 17'den geçmekte olup BA 18 ile de yakından ilişkilidir. BA 18, primer görme alanından gelen görme uyarıları ile geçmiş görme deneyimleri arasında ilişki kuran ve renkli görme ile ilgili alandır. Görme alanında yatay meridyen kalkarin sulkusun tabanında temsil edilirken, dikey meridyen ise oksipital lobun medial yüzünde temsil edilmektedir. Oksipital lobun en arka ucunda makula temsil edilir, fovea ise arka ucun en tepesinde yerleşmiştir. Periferik retina görsel alanın önüne doğru sıra ile projekte olur. Oksipital lobun hasarlanmasında en sık görülen görme alanı defekti homonim hemianopsidir (158). Dandy noktasından yerleştirilen kateterin BA 17 ve 18'a yakınlığı göz önünde bulundurulduğunda görme bozukluğu oluşturma ihtimali yüksektir (139).

Keen noktasının konuşma merkeziyle olan ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda tekrarlayan girişimlerle veya gelişebilecek kontüzyon, intraserebral hematom gibi komplikasyonlarda klinik vermeye en yatkın nokta olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Dandy noktasının primer görsel korteksten geçmiş olması olası komplikasyon gelişmesi durumlarında klinik tablo oluşturacaktır. Kocher ve Frazier noktaları assosiasyon merkezlerinde veya nispeten sessiz alanlarda olduğundan kliniğe yansıyacak semptom vermesi beklenmemektedir. Giriş noktasının hatalı hesaplanması ve yanlış açılandırılması neticesinde etrafındaki bulunan önemli alanlar hasarlanabilir. Bu yapılarda olası hasarlanma neticesinde klinik tablo oluşabilmektedir (159).

VT noktalarından herhangi birisinden lateral ventriküle parankimden geçilerek ulaşılabilir. Ulaşabildiğimiz literatürde, tanımlanan tap noktalarından ve uygun açıyla ventriküle kateter yerleştirilen olgularda VP'ye bağlı nörolojik defisite neden olan parankimal hasar ile ilişkili bilgiye rastlamadık. Buna karşılık, kateterin tekrarlayan girişimler veya yanlış açılandırma yapılarak yerleştirilmesi ile önemli nöronal yapıların hasar görmesi sonucu klinik tablo oluştuğuna dair literatürde olgu örnekleri mevcuttur (159-162).

Kocher noktası SLF2 ile doğrudan ilişkilidir. Posteriorunda FAT, inferior posteriorunda SLF3 ile yakından ilişkilidir. SLF2, SLF3 kaldırıldığında İK liflerini korona radiata düzeyinde anterior talamik radyasyon lifleri ile frontopontin lif grubunun içinden geçerek lateral ventrikül ependimine ulaştığı görüldü. Kocher noktasından gönderilen kateter U liflerinden sonra SLF2 ve İK ön bacak lif grubuna hasar vermektedir. Kateterin direk hasarlamayıp yakınından geçtiği yapılar ise; inferior-posteriordan SLF3, posteriordan FAT, uzak posteriordan süperior talamik pedinküldür. SLF2; visuaspatial dikkat ve farkındalık görevi, okülomotor fonksiyonlarda görevi olduğu bilinmekte olup hasarlanması uzaysal çalışma hafızası ve dikkatte problemlere yol açar (79). Anterior talamik radyasyon ve frontopontin lifler duygu işleme, biliş, karar verme ve motivasyon ile ilişkiliyken; hasarlanmasında şizofreni, bipolar bozukluk ve obsesif kompulsif bozukluk gibi psikiyatrik hastalıklar oluşabilmektedir (163).

Paine noktasından gönderilen kateterin; insulanın antero-süperiorundan girerek ekstrem kapsülün, klastrumun, klastrokortikal liflerinin ve İK ön bacak grup liflerinin ve son olarak kaudat nükleus baş kısmının içinden geçerek lateral ventrikül frontal hornuna ulaştığı görüldü. Süperiordan SLF3, FAT, AF ile inferiordan ise İFOF ve UF ile yakın ilişkili olduğu görüldü. Kateterin geçtiği klastrum ve klastrokortikal liflerin işlevi tam olarak anlaşılamamış olsa da klastrumun; limbik, kortikal ve subkortikal yapılarla bağlantılarının olması frontal korteksin yürütücü işlevleri ile bağdaştırılmasına sebep olmuştur. Birincil işlev olarak, uyanık durumda davranışları koordine etmek amacıyla göze gelen uyaranlara dikkatin yönlendirilmesi ve sürdürülmesi için limbik ve duysal bilgilerin entegre edilmesi olduğu düşünülmektedir (164). Hasarında tek başına spesifik bir hastalığa sebep olmasa da epilepsi, otizm, şizofreni gibi bazı nörolojik hastalıklarla ilişkili bulunmuştur (164). Kaudat nükleus diğer bazal ganglion yapıları ile birlikte ezberlenmiş ve tekrarlayan işlevlerin yerine getirilmesinde rol oynamaktadır. Kateter ile hasarlanması genellikle baş

kısmında meydana gelir. Kaudat nükleusun kliniğe yansıyan çoğu hasarlanması baş ve gövde bölgesindeki yaralanmalar ile oluşmaktadır (165). Hasarlanmasında; hipo-hiperkinetik hareket bozuklukları (Parkinson, Huntington hastalığı), zihinsel bozukluklar (dikkat eksikliği, obsesif-kompulsif bozukluk, Tourette sendromu), konuşma kusurları, ihmal sendromu gibi klinik sonuçlar oluşabilmektedir (166).

Posterior erişim noktalarının ak madde içerisindeki geçiş traseleri görece birbiri ile yakınlık göstermektedir. Keen noktasından gönderilecek kateterin; SLF2 temporoparyetal sonlanımından, SLF3 SMG sonlanımından ve AF indirekt posterior segment liflerinden geçtiği görüldü. Frazier noktasının ise SLF2'nin paryetale uzanan liflerinin içinden geçtiği görüldü. Dandy noktasının ise SLF-AF kompleksiyle ilişkisi görülmedi. SLF3 dominant hemisferde dilde artikülasyon görevi görürken, non-dominant hemisferde görsel-uzaysal dikkat ve müzik işlevleri ile ilgilidir. Hasarında diskonneksiyon sendromu, dizartri, anartriye yol açar (80, 81). AF posterior indirekt segment sesin anlaşılması ile ilgili segmentlerdir. AF posterior indirekt segmentinin (Wernicke ve Geschwind arasındaki alanların) hasarında transkortikal duysal afazi gelişir (86). Keen ve Frazier noktalarından gönderilen kateter MdLF'nin içinden geçerken, Dandy noktası MdLF'nin inferiorunda kalmaktadır. MdLF fonksiyonları açısından halen çalışılmakta olan bir yolak olup dil ve dikkat fonksiyonlarında rol aldığı düşünülmektedir. Sol STG'de olan lezyonlarda şizofreni ve afazik sendromlar, sağ STG ve AnG hasarında ise dikkat eksikliği-hiperaktivite bozukluğuna neden olduğunu görülmüştür (89, 96). İFOF, her üç girişim noktasından yerleştirilen kateterin geçiş güzergahı üzerindedir. İFOF; sözel uyarının işlenip anlam verilmesinde temel rol aldığı, iletişimin görsel etmenlerinde görev aldığı ve motor işlev, yazma ile okumanın planlanmasında rol oynadığı bilinmektedir (105). Frazier ve Dandy noktaları oksipitali temporale bağlayan İLF ile ilişkili iken Keen noktası İLF'nin süperiorunda kalmaktadır. İLF; görsel hafıza, görsel dikkat ve yüz tanıma işlevleriyle ilgilidir. Bilateral hasarında yüz tanıma özelliğinin yitirilmesi ve okuma yeteneğinde bozulmaya sebep olur (101, 102). Her üç girişim noktası İK'den geçen posterior bacak liflerini ve posterior talamik pedinkül liflerinin içinden geçmektedir. İK lentiküler ile sublentiküler lifleri ve posterior talamik pedinkül hasarında etkilenme bölgesine göre hemianopsi veya kuadranopsi, homonim hemianopsi, süperior kuadranopsi gibi görme fonksiyon bozuklukları gelişebilir. Tapetal lifler, lateral ventrikül atrium süperiorundan çıkıp lateral kenarı boyunca ilerleyerek paryetotemporal uzanım göstermekteydi. Frazier ve Keen trasesi tapetal liflerle ilişkili iken Dandy trasesi tapetal liflerin inferior-posteriorda

kalmaktadır. Tapetal lifler; bilateral görme, konuşma ve işitme duyusu bilgi iletiminde rol alır. Optik radyasyon sagittal striatumdan geçerek 3 demet halinde oksipital kortekse ulaşır. Seyri boyunca Keen ve Frazier trasesi ön demet liflerini etkilerken, Dandy trasesi optik radyasyonun ön, arka demet liflerinin içinden geçerek ventriküle ulaşmaktadır.

Şant cerrahisinde optimal şant yerleştirmek şant cerrahisinin başarısını arttırmaktadır. Ventriküler kateter yerleştirmek, sistemin uzun süre komplikasyonsuz kullanımı ve BOS drenajı sağlamada önem arz etmektedir. Aynı şekilde kısa süreli KİB ölçümü ve EVD için kullanılacak kateterlerin ventrikül içerisindeki konumu önemlidir. Ventriküler kateter öncelikle non-dominant taraftan yerleştirildiğinden genellikle kateter sağdan uygulanmaktadır. İnsanların %90'ının nesnelerle ve çevreyle etkileşimde sağ elini kullanma eğilimi gösterdiği, sol elinin ise destekleyici bir rol oynadığı tahmin edilmektedir. Popülasyonun geri kalanı (%10) sol elinin baskın olduğu zıt işlevsel model göstermektedir (167). Yapılan çalışmalar, sağ ellilerde belirgin bir asimetrik beyin aktivitesi modeli (sol yarımküre/sağ el; sağ yarımküre/sol el) ile karakterize edilirken, sol ellilerin motor kontrolle ilgili beyin bölgelerinin bağımsız olarak iki tarafında aynı görev aldığını göstermektedir (168, 169). Bunun için, sol elini kullanan hastalarda sol tarafı seçmek gerekli görülmemektedir. Diğer yandan dil baskınlığı sağ ellilerin %7'sinde, sol ellilerin %27'sinde non-dominant hemisferde olduğu görülmüştür (170). Konuşma merkezine olan yakınlığı sebebiyle Keen noktasından uygulama yapılacaksa dominant hemisfer tayini göz önünde bulundurulmalı veya dil işlevini etkileme ihtimali düşük olan başka bir giriş noktası seçilmelidir.

Kateterin yerleştirileceği tarafın belirlenmesindeki bir diğer önemli unsur ventriküler asimetridir. Ventrikül boyut asimetrisi %5-12 oranında görülmektedir (171). Sağ-sol asimetrisi ileri derecede olduğunda non-dominant taraftan kateter yerleştirilmesine olanak vermeyebilir. Ventriküler asimetri olanlarda, sıklıkla geniş ventriküle ipsilateral koroid pleksus hipertrofisi de eşlik eder (172). Oksipital horn hiç olmamasından değişken uzunluklarda bulunmasına kadar en çok varyasyon gösteren lateral ventrikül bölümüdür (173). Bu sebeple her hastada Dandy noktasından kateter gönderilmesi uygun olmayabilir.

Kateter, hidrosefalik hastalarda lateral ventrikülün en çok genişleyen bölümüne, ventrikül duvarlarına eşit mesafede ve vasküler yapılardan yani koroid pleksusdan olabildiğince uzak bir noktaya uygulanmalıdır (174). BOS drenajının sağlanmasıyla

ekspanse olacak beyin parankimi ventrikül içerisine yerleştirilmiş kateterin bir kısmının parankim içerisinde kalmasına sebep olacaktır. Bu da kateterin drene edebileceği delik sayısının azalmasına ve BOS drenajında yetersizliğe veya tamamen tıkanmasına sebep olacaktır. Hidrosefali tanılı erişkin hastaların beyin MRG'lerinde sağlıklı beyne göre genişleyen lateral ventrikül bölümleri incelendiğinde; esas olarak MFG, paryetal lob ile çevrili frontal horn ve bilateral lateral ventrikül üst kısımlarında genişleme olduğu gösterilmiştir (175). Lateral ventrikülün frontal horn ve atrium bölümlerinin hidrosefali varlığında genişlemeye daha yatkın olduğundan şant cerrahisinde kateter yerleştirilmesine daha uygun bölümler olduğunu düşünmekteyiz. Biz de diseksiyon çalışmamızda frontal horn ve atriumun görece diğer bölümlere göre daha geniş olduğunu gördük. Ayrıca ölçüm yaptığımız olgularda Eİ artmasıyla kateterin katettiği parankim kalınlıkları; frontal horn süperior yüzünden geçen Kocher noktasında güçlü anlamlı olması *(p<0.001)*, frontal horn lateral yüzünden geçen Paine noktasında anlamlı ilişki olmaması *(p>0.05)*, atriumdan geçen Keen noktasında, atrium ve gövdeden geçen Frazier noktasında anlamlı olması *(p<0.05)*, oksipital horna gönderilen Dandy noktasında anlamlı korelasyon olmaması *(p>0.05)* bu görüşü doğrulamaktadır. Bu sebeple Kocher noktasından frontal horna gönderilen kateter ile Frazier noktasından lateral ventrikülün atriumunu geçip ventrikülün gövdesine yerleştirilen kateterin uygulama açısından daha kolaylık sağlayacağını ve hidrosefalinin tedavisi sonrası oluşabilecek parankim reekspansiyonu durumunda drenajın devam etmesi açısından da daha avantajlı olabilecektir.

Kateter yerleştirirken dikkat edilecek bir diğer önemli husus da, kateteri koroid pleksuslardan olabildiğince uzağa yerleştirmektir (176). Koroid pleksus, lateral ventriküllerin tabanında uzanır, foramen Monro seviyesinde 3. ventrikül içerisine sarkarak, 4. ventrikül çatısını oluşturacak şekilde seyir göstermektedir. Çalışmalar, şant fonksiyon bozukluğunun en sık sebebinin proksimal kateter obstrüksiyonu olduğunu ve kateter tıkanıklığından birincil sorumlunun koroid pleksuslar olduğunu göstermiştir (177). Günümüzde nöroşirurjiyenler, proksimal kateter ucunun optimal yerleşim yerinin frontal horn olduğunda hemfikirlerdir (178). Koroid pleksuslara en az yakın olacak giriş yeri çalışmamızda da gördüğümüz gibi Kocher noktasıdır. Frazier noktasından gönderilen kateter, lateral ventrikülün gövdesi ve atriumun orta kısmında koroid pleksusa parelel seyreder. Ventrikülün tabanına doğru yerleştirilen kateterleri, koroid pleksusun tıkama ihtimali artabilir. Dandy ve Keen noktasından gönderilen kateterlerin uç kısımlarının

atriumdaki koroid pleksus ile temas halinde olma ihtimalleri daha yüksekti. Atriumda glomus denilen koroid pleksus tarafından oluşturulan belirgin bir tomucuklanma vardır (179). Keen ve Dandy noktalarından yerleştirilen kateterlerin proksimalinin koroid pleksus ile daha fazla temas halinde olması atriumdaki glomustan ötürü olabilir.

Nöronal hasarın derecesini etkileyen bir diğer unsur ise kateterin ak madde içerisinde katettiği mesafedir. Her bir giriş yeri için, yerleştirilen kateterlerin uzunlukları MRG üzerinde ölçülerek birbiri ile mukayese edildi. Ölçülen mesafe gri ve ak maddenin toplam kalınlıklarıdır. Gri madde kalınlığı giriş yerlerine göre değişmeyeceğinden ölçülen kalınlık farklılığı ak maddede geçilen mesafeyi gösterecektir. Bütün giriş noktalarında parankim kalınlığı Eİ'yle ters orantılı değişmektedir. Katedilen parankim kalınlığı, sırasıyla Paine noktası ve Frazier noktasından yerleştirilen olgularda en uzun, Kocher noktası ve Dandy noktasından yerleştirilenlerde en kısa parankim dokusunu geçmektedir. Diseksiyonda, katedilen ak madde miktarı ile lif çeşitliliği arasındaki bir korelasyon olduğunu görüldü. Paine noktasından yerleştirilen kateter; ekstrem kapsül, eksternal kapsül, klaustrokortikal lifler, İK ön bacak lifleri ve anterior talamik pedinkül liflerini geçerek ventriküle ulaşır. Kateter Frazier noktasından yerleştirildiğinde ventriküle ulaşıncaya kadar; SLF2-AF, MdLF, İFOF, optik radyasyon, İK retrolentiküler, sublentiküler liflerini ve posterior talamik pedinkül liflerini delerek geçmektedir. Kateterin Kocher noktasından yerleştirilmesi halinde; SLF2, İK ön bacak lifleri ve anterior talamik pedinkül liflerini korono radiata düzeyinde katederek ventriküle ulaşırken, kateter Dandy noktasından yerleştirildiğinde ise; VOF, İLF, İFOF, İK sublentiküler liflerini ve posterior talamik pedinkül liflerini geçmektedir.

Kateterlerin optimal düzeyde çalışabilmesi için ventrikül içerisine yeterli uzunlukta yerleştirilmesi gerekmektedir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre ventrikül içerisine en uzun kateter yerleştirilmesini gerektiren giriş yeri Frazier noktasıdır. Bunu sırasıyla Dandy, Kocher, Keen, Paine noktaları izlemektedir. Kocher, Paine, Keen ve Dandy noktalarından yerleştirilen kateterlerin VİKU Eİ artışıyla birlikte anlamlı bir şekilde artar *(p<0.05).* Ancak, Frazier noktasında ise bu artışın anlamlı olmadığı görüldü *(p>0.05)*. Bunun nedeni, ventrikül yapısının hidrosefalinin tüm evrelerinde Frazier noktasından yerleştirilecek katetere azami ölçüde izin vermesidir. Kateterin Kocher noktasından yerleştirildiği olgularda kateterin geçtiği PU Eİ'yle ters orantılı biçimde çok anlamlı ölçüde azalırken KVU anlamlı derecede artmaktadır. Bu durum VİKU artışının anlamlı olmayışı ve ventriküllerin

frontal hornlarının hidrosefalinin artmasına karşın genişlemesinin kısıtlanmasına bağlı olabilir. Kateter uzunluğunun çok anlamlı değişmemesi, Kocher noktasından kateter yerleştirmede hedef nokta olan foramen Monro'nun yerinin hidrosefalinin derecesinin artmasıyla değişmemesinden dolayı da olabilir (175). Kocher ve Frazier noktalarından yerleştirilen kateterlerin uzunluklarının hidrosefalinin derecesine göre fazla değişmemesi bu iki giriş yerinin şant cerrahisine uygunluk açısından daha sabit olduklarını düşündürmektedir.

Üretici firmaya göre değişmekle birlikte ventriküler kateterlerin ucundaki delikli kısım 2.5-3 cm'dir. Bu delikli kısmın ventrikül içinde kalan miktarının fazlalığı sistemin fonksiyonel başarı oranını artırır. Frazier, Dandy, Kocher ve Keen noktalarından yerleştirilen kateterlerin delikli kısmı tamamen ventrikül içerisinde kalırken Paine noktasından yerleştirilenlerde delikli kısım bir miktar parankimde kalmaktadır. Bunun için kateter ventriküle yerleştirilirken, parankimin ekspansiyonu ve ventriküllerin daralması göz önüne alınarak kateterin delikli kısmının ventrikülde biraz daha uzun yerleştirilmesine gayret edilmelidir. Kateterlerin toplam uzunluğu ile VİKU mukayese edildiğinde sırasıyla ortalama Frazier %50, Dandy %50, Kocher %45, Keen %44 ile kateterin yarısına yakın kısmı ventrikül içerisinde kalmaktadır. Paine noktasından yerleştirilen kateterlerin ortalama %72'lik kısmı ak maddede kalmaktadır.

Olması gerekenden uzun kateter yerleştirilmesi veya kateterizasyon sonrası ventrikül kollapsı gelişmesi nöral hasara neden olabilmektedir. Kocher noktası için çeşitli kateter uzunlukları tanımlanmıştır. Kateter uzunluğunu, Huyette ve ark. (180) 5-7 cm arası, Saladino ve ark. (181) 6 cm, Kakarla ve ark. (182) ≤7cm'den şeklinde bildirmişlerdir. Çalışmamızda ventriküler kateter uzunluğu Gr I hidrosefali için 57,53±5,17 mm, Gr II için 61,38±6,66 mm, Gr III için 62,95±6,65 mm olarak ölçüldü. Ventriküler kateter uzunluğu 5 cm'den kısa ve 7 cm'yi geçmeyecek uzunlukta (5-7 cm arası) yerleştirilmesi gerektiği sonucuna varıldı. Kocher noktasından öngörülenden daha uzun boyda kateter yerleştirilmesi optik sinir veya kiazmaya basına bağlı oftalmik semptomlar ortaya çıkarabilmektedir (183-185). Hatta IV. ventriküle kadar uzanan ve komaya neden olan komplikasyonlu olgular da vardır (186).

VT uygulamalarında kateterin geçiş yolu üzerindeki anatomik oluşumların zarar görmesi mutaddır. Ancak bu hasar yanlış uygulamalar sonucu daha geniş olabilmektedir. Nöroşirurji pratiğinde tap uygulamaları sıklıkla serbest el tekniği denilen yöntemle

uygulanmaktadır. Ventriküler kateter yerleştirimi %7 ile %44 arasında kusurlu olabilmektedir (180, 182, 187, 188). Doğru kateter yerleştirilme ölçütleri; koroid pleksuslara yakınlığına, ventrikül duvarlarına eşit uzaklıkta olup olmamasına, foramen Monro'ya uzaklığına, karşı lateral ventrikül, interhemisferik fissür, üçüncü ventrikül içerisinde, ventrikül dışında parankim içinde yerleştirilmiş olmasına göre belirlemeye çalışılmıştır. Abdoh ve ark. ventriküler kateter yerleştirmenin doğruluğunu araştırdıkları çalışmalarında foramen Monro'yu hedef alarak Kocher noktasından gönderilen kateterlerin olguların çoğunda koronal (%51) ve sagittal (%41) düzlemde hedef noktadan ±5°'lik açıyla saptığını belirledi. Sonuçta güvenli ve efektif kateterizasyonun serbest el tekniği ile uygun açısal varyasyonla sağlanamadığını, ventriküle kateter yerleştirmenin doğruluğu ve güvenliğini arttırmak için intraoperatif bir navigasyon sistemininden yararlanılmasının ihtiyaç olduğunu bildirdi (174).

Slit (yarık) ventrikülleri olan hastalarda ilk denemede başarılı kateter yerleştirme oranı %32'dir (189). Başarılı BOS drenajı elde etmede tek prosedür için ortalama 7.3, toplamda 2 ila 20 arasında VT yapılmaktadır (190). Girişim sayısının artması trase üzerinde bulunan ak maddedeki nöronal hasarın artmasına, intraparankimal kanama gelişmesine ve vasküler hasarlara sebep olabilmektedir. Meta analizlerde %5,7 oranında hemorajik komplikasyon geliştiği %1'inden azında anlamlı kanamaya (yeni nörolojik defisit, ölüm, cerrahi gerektiren kanama) sebep olduğu bildirilmiştir (191). Bu sebeple doğru kateter yerleştirilmesi amacıyla çeşitli navigasyon sistemleri geliştirildi: BT kılavuzlu, nöronavigasyon yardımlı, USG kılavuzlu, stereotaktik nöronavigasyon yardımlı, elektromanyetik kılavuzlu nöronavigasyon yardımlı, endoskop yardımlı, akıllı telefon yardımlı uygulamalar geliştirildi (192-198). Ultrasonik kılavuz, stereotaktik nöronavigasyon, serbest el tekniğini karşılaştıran bir çalışmada; ventriküler kateterin doğru yerleştirme oranları serbest el tekniği ile %55, stereotaktik nöronavigasyon ile %88 ve ultrason kılavuzlu ile %89 olarak bildirilmiştir (199). Herhangi bir sebeple ventriküle kateter yerleştirmek için serbest el tekniği hala en sık kullanılan teknik olsa da kateter uçlarının işlevsel verimini optimize etmek için uygulama yöntemini kesinlikle geliştirmeye ihtiyaç vardır. Mevcut çalışmalar, ileri evre hidrosefalilerde halihazırda kullanılan yardımcı navigasyon yöntemleri ile ventriküllere kateteri optimal yerleştirmeden elde edilecek yararın düşük düzeyde olduğunu, ancak yeteri kadar araştırılmamış olmasına rağmen küçük veya deforme ventriküler anatomisi olan hastalarda daha yüksek olabileceğini göstermektedir (199).

VT sonrası erken dönemde BT ve MRG ile nöronal hasar ilişkisinin araştırıldığı çalışmada BT'de minör değişiklikler gözlenirken, MRG'de kateter hattının boylu boyunca vazojenik, sitotoksik ödemli parankimle çevrili olduğu görüldü (200). Bu çalışma, VP'nin travmatik bir işlem olduğunu çoklu uygulamalardan kaçınılması gerektiğini göstermektedir (200). Kateter yerleştirilen kadavralarda ak maddede liflerin seyri, yoğunluğu ve korteks üzerindeki sonlanım yerine yakınlığına göre ayrışma ve kopma şeklinde hasarlandığı görüldü. İncelenme, kadavra üzerinde yapıldığından lif hasarını tam olarak göstermede yetersizdir. Lif hasarı kateterin canlı bir denekte uygulanmasından sonra histopatolojik olarak incelenmesi ile ortaya konulabilir.

Ventriküle giriş yerlerinin tanımı nöroanatomi veya klinik deneyimlere dayanarak yapılmıştır. Güvenli alanın anatomik olarak tanımlanması klinisyenler için yararlı bilgiler sağlayabilir. Ak maddenin anatomik yapısı ise DTG kullanılarak üç boyutlu olarak gösterilmektedir (201). Çalışmada traktografi ile KST, kortikortiküler trakt, AF, SLF, singulum liflerinin traseleri belirlendi. Bu lifler dikkate alınarak frontal horn anterioruna ulaşmada VT için uygun giriş noktası ve açısı metrik olarak hesaplandı. Fakat çalışmada önemli diğer ak madde yolları traktografiye eklenmemiş ayrıca traktografinin teknik olarak sınırlamaları lif projeksiyonunu tam olarak konfigüre edememiştir. Bir başka çalışmada, radyolojik görüntülerin yazılım kullanarak 3 boyutlu yapılması ile lateral ventriküle kateterin uygun açıda yerleştirilmesini irdelemiştir. Etraf yapılara zarar vermekten kaçınarak frontal horn içerisinde foramen Monro civarına en uygun açıda kateter yerleştirilmesi metrik olarak gösterilmeye çalışılmıştır (145).

VK uygulamalarında oluşabilecek ak madde hasarı DTG verilerinden türetilen ve nöral yolların üç boyutlu görselleştirilmesine olanak tanıyan difüzyon tensör traktografisi (DTT) ile elde edilir. Jang ve ark.'nın bir VP şant uygulamasında sağ posterior paryetalden yerleştirilen VK'ya bağlı sağ kortikospinal trakt arka kısmında hasar geliştiğini bildirdiler. Bu olguda hastada sol alt ekstremitede güç kaybı gelişmesi sonrası çekilen MRG'de şant boyunca arka korona radiatada lökomalazik lezyon görüldü. DTT, sağ KST'nin arka kısmında nöronal hasar gösterdi (159). Kadavra diseksiyonlarımızda çalışmamızda postparyetalden gönderilen kateter ile KST arasında ilişki saptamadık. Jang ve ark.'nın olgusundaki KST hasarlanması, giriş noktasının standart Keen noktasına göre daha lateralde ve inferiorda olduğu; kateter yönününde laterale daha çok açılandırılmasına bağlı gelişmiş olabilir. Yine Jang ve ark. başka bir olguda da DTG ile postparyetalden

gönderilen kateterin korona radiata düzeyinde neden olduğu KRT ve KST yaralanmasını gösterdiler (160). VK işlemi sonrası sol hemiparezi gelişen olguda ise, nöronal hasarın Keen noktasından yerleştirilen ventriküler katetere yeterince medial açı verilmemesinden kaynaklandığı düşüncesindeyiz. Bir başka çalışmada postparyetalden VK'nın yanlış açıyla yerleştirilmesi sonucu akut sol hemiparezi gelişen hidrosefali tanılı bir olgu bildirildi. Olgunun MRG'sinde kateterin sağ korona radiatayı, İK arka bacak ve talamusu transvers geçerek nöronal hasara sebep olduğu görüldü. DTT'de KST ve forniksin çapında önemli ölçüde azalma gözlendiği rapor edilmişti. Hemiparezisi birkaç haftada düzelen olgunun takiplerinde saptanan ciddi davranış bozukluğunu forniks, kaudat nükleus gibi limbik sistemin etkilenmesine bağlandı (161). Çocuklarda beynin yüksek plastisinden ötürü ciddi nöronal hasar sonrası dahi klinik olarak tam iyileşme görülebilmektedir. Bu olgudaki KST ve limbik sistem yaralanması giriş yerinin laterale fazla kaydırılması ve kateterin açısının inferiora fazla verilmesine bağlı olduğunu kanısındayız. Kwon ve ark.'nın olgusunda frontal horna yerleştirilen kateterin singulumun ön kısmında oluşturduğu hasar DTG ile gösterildi (162). Bu olguda kateter giriş yeri Kocher noktasına göre medialde kalmıştı. Ancak diseksiyonlarımızda Kocher noktasından gönderilen kateterin singulum demeti ile ilişkisi olmadığını daha medialde kaldığı görüldü.

İlk uygulamadan günümüze kadar, VK sonucu oluşan nöranal hasarı en aza indirmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar teknolojik gelişmeler ve elde edilen klinik deneyimlerle birlikte değerlendirilmiştir. VK için kullanılan giriş noktaları da bu yolla belirlenmiştir. Ancak VK sırasında meydana gelen parankimal hasar bu çalışmalarda dikkate alınmamıştır. Eksik olduğunu düşündüğümüz bu yön çalışmamızda araştırıldı. Halen kullanılan giriş noktalarından kateterlerin güvenilirliği, parankimal hasarın en aza indirilebildiği navigasyon, USG ve DTG ile değerlendirildi. DTG'de belirlenemeyen yönler kadavra diseksiyonu ile ortaya çıkarıldı. Sonuçta giriş noktalarına göre ventriküler katetere verilecek açı, yerleştirilecek uzunluk optimize edildi, güncel teknolojik aygıtların kullanımıyla nöronal hasarı en aza indirebilme ve yerleştirme hata paylarının ortadan kaldırılabilmesinin yolu açıldı.

VK yerleştirilmesinde kullanılan Kocher noktası, hem skalp hem duranın vasküler yapılarının yoğun olduğu alanlara denk gelmektedir (147). Tanımlanan koordinat ve ölçülere bağlı kalındığında, preoperatif uygun görüntülemelerden de yararlanarak giriş noktasının belirlenmesi, kateterin tanımlanan açılarla optimal boyda yerleştirilmesi

halinde en az sayıda ponksiyonla en az parankimal hasarla uygulamanın sonuçlandırılabileceği gözlemlenmiştir (202). Pratik uygulamada olguların %90'ında katetere sagittal ve koronal planda 15°'den fazla/az açı verildiğinden kateterin hedef noktası foramen Monro ve 16 mm civarı olan güvenli alanın dışına sapmaktadır (131, 203). Bu sapmalar ise talamus, kaudat nükleus, forniks, optik sinir ve optik kiazmada tahribata veya disfonksiyona neden olmaktadır (185). Kocher noktasının koronal suturdan 1 cm uzaklıkta, SSS'den 3 cm uzaklıkta olmasının skalp ve dura üzerinde vasküler yapılarının yaralanma ihtimalini ortadan kaldıracağı veya minimize edeceği; katetere MSP'de 15°, FH'de 65° açı verildiğinde hasarın ciddi defisite yol açacak anatomik yapılardan yeterli bir emniyet mesafesi sağladığını gördük. VK'nın doğru açı, doğru giriş noktasından yerleştirilmesinin yanı sıra gereğinden daha kısa ya da daha uzun yerleştirilmesi de disfonksiyona yol açmaktadır (183-185). Ventriküler kateter boyu dilate ventriküllerin BOS drenajı sonrasında ulaşacağı hacim dikkate alınarak belirlenmelidir. Bunun için Kakarla ve ark. ortalama kateter boyu olarak <7 cm'nin yeterli olacağı kanısındadır (182). Kakarla ve ark. kateterin ucundaki yaklaşık 2-3 cm'lik delikli kısmın parankimde kalmaması uyarısında bulunurlar (182). Verilerimize göre 5-7 cm'lik kateter boyu yeterlidir.

Paine noktası, intraoperatif BOS drenajı sağlamak amaçıyla kullanılan girişim noktasıdır. Diğer giriş noktalarına göre üstünlüğü olmadığından nadir durumlar dışında geçici veya kalıcı kateterizasyon amacıyla kullanılmamıştır. Çalışmamızda da kateterizasyona uygun ventrikül içi uzunluğu sağlamadığı görüldü. Literatür tanımına göre, VT uygulandığında kaudat nükleus baş kısmında hasar gelişmesi kaçınılmaz olarak yüksek oranda olmaktadır (204). Bu sebeple farklı modifikasyonlara gitmek gerekmiştir. Bu modifikasyonlar sayesinde kaudat nükleus hasarının önüne geçilebileceği görüldü (134, 135). Yine de bu giriş noktasının trasesi üzerinde ekstrem kapsül, klastrum, eksternal kapsül, İK gibi yapıların bulunması ve İFOF, UF liflerine yakınlığı bu giriş noktasından VK'yı tartışılır halde tutmaktadır.

Keen noktası, skalp, korteks üzerinde yoğun vasküler ağ yapısının bulunduğu alana rastlamaktadır (147). Bu noktanın altındaki korteks BA 39,49 ile ilişkilidir (205). Buradan yerleştirilecek VK'nın trasesi üzerindeki ak madde yapıları ise SLF, AF, MdLF, İFOF, İK, optik radyasyondur. Ayrıca uygulanacak VİKU, koroid pleksuslara yakınlığı, Keen noktasına diğer erişim noktalarına göre bir üstünlük sağlamamaktadır. Katetere PKH'na göre verilecek açının 12° civarı olması etraf önemli yapıların hasarlanmaması için önemlidir (159, 160).

Uygun medial açı verilmemesi kateterin laterale yönlendirilmesine bağlı olarak İK'nin, talamusun ve limbik sistem bileşenlerinin hasarına sebep olabilir. Kanımızca, Keen noktasından giriş lateral ventrikülün arka bölümlerinde göreceli daha fazla dilatasyonun olduğu hidrosefali olgularında daha uygundur.

Frazier noktasının; skalp kanlanması, korteks üzerindeki vasküler ağ yapısı görece daha az yoğundur. Bu noktanın altındaki alan görsel assosiasyon korteksine karşılık gelmektedir. Ak madde açısından ise buradan yerleştirilen VK, SLF, MdLF, İFOF, İK, optik radyasyon liflerinin içinden geçmektedir. Ventrikülün içerisinde atriumun üst kısmından geçerek gövdeye yerleştirilecek VK yeterli BOS drenajına olanak sağlamaktadır. VK'nın yönlendirme açıları MSP'de 43°, FH'de 12° olduğunda güvenlidir. Medial açı yeterli verilmediğinde İK ve talamusun hasarlanma ihtimali mevcuttur (161). Frazier noktası ve Kocher noktası VK için güvenli uygulama ve şant cerrahisinde işlevsellik sunmaktadır.

VK'da kullanılan bir diğer giriş yeri olan Dandy noktasına uyan skalp ve korteks yoğun kanlanması olan bir bölge değildir. Bu alandaki gri maddenin primer görme merkezine denk gelmesi, ak madde içerisinden optik radyasyon liflerinin içinden geçmesi, VK'nın görme fonksiyon kaybına yol açma ihtimalini arttırmaktadır. Buradan uygulanan kateterin ventrikül içerisindeki yerleşim alanı oksipital horn ve atriumdur. Söz konusu uygulama seçilmiş olgularda yapılacak şant cerrahisine uygun olabilir. Ancak, kateter uzunluğu dikkatli hesaplanmalıdır. Kateterin doğrultusunda İK ve pulvinar talami bulunduğu gibi kateterin uç kısmının koroid pleksuslara temas etme ihtimali de yüksektir. Bu nedenlerden ötürü Kocher ve Frazier noktaları gibi rutin kullanıma uygun giriş yeri olmadığı kanısındayız.

6. SONUÇ

VK nöroşirurji pratiğinin önemli mutad uygulamalarından biridir. Ancak uygulama sırasında değişik derece ve çeşitte nöronal hasara neden de olabilen bir işlemdir. Bu yüzden birçok cerrahide olduğu gibi VK uygulamarında da ak maddede yerleşik liflerin korunması için anatomik bağlantılarının bilinmesi önemlidir. Cerrahi yaklaşımlarda ak madde yollarının yalnız yerleşimi, işlevi ve uzanımları değil oryantasyonları da bilinmelidir. Bu amaçla VK uygulamalarında yaygın kullanılan giriş noktaları esas alınarak meydana gelen parankimal hasar ve kateter ilişkileri araştırıldı. Sonuçta; Kocher ve Frazier noktası kullanılarak yapılan VK uygulamalarında nöronal hasarın görece daha az olduğu, sürekli kateterizasyon uygulamada daha üstün işlevsellik sağladığı, kateter uygulamalarında meydana gelmesi muhtemel fibriller hasarın ve bütünlüğünün anlaşılması için ileri histopatolojik çalışmaların gerektiği kanısına varıldı.

7. KAYNAKÇA

1. Kusske JA, Turner PT, Ojemann GA, Harris AB. Ventriculostomy for the treatment of acute hydrocephalus following subarachnoid hemorrhage. Journal of neurosurgery. 1973;38(5):591-5.
2. Haller J. Intracranial pressure monitoring in Reye's syndrome. Hospital Practice. 1980;15(2):101-8.
3. Guiot J, Rougerie J, Fourestier M, Fournier A, Comoy C, Vulmiere J, et al. Intracranial endoscopic explorations. La Presse Médicale. 1963;71:1225-8.
4. Morgan T, Awad I, Keyl P, Lane K, Hanley D. Preliminary report of the clot lysis evaluating accelerated resolution of intraventricular hemorrhage (CLEAR-IVH) clinical trial. Acta Neurochir Suppl. 2008;105:217-20.
5. Greenberg MS. Prosedürler, Girişimler ve Operasyonlar2022.
6. Rekate HL, Blitz AM. Hydrocephalus in children. Handbook of clinical neurology. 2016;136:1261-73.
7. Drake JM, Kestle JR, Milner R, Cinalli G, Boop F, Piatt J, et al. Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric hydrocephalus. Neurosurgery. 1998;43(2):294-303.
8. Catani M, Dell'Acqua F, Bizzi A, Forkel SJ, Williams SC, Simmons A, et al. Beyond cortical localization in clinico-anatomical correlation. cortex. 2012;48(10):1262-87.
9. Stejskal EO, Tanner JE. Spin diffusion measurements: spin echoes in the presence of a time-dependent field gradient. The journal of chemical physics. 1965;42(1):288-92.
10. Mori S, Van Zijl PC. Fiber tracking: principles and strategies–a technical review. NMR in Biomedicine: An International Journal Devoted to the Development and Application of Magnetic Resonance In Vivo. 2002;15(7-8):468-80.
11. Tuch DS, Reese TG, Wiegell MR, Makris N, Belliveau JW, Wedeen VJ. High angular resolution diffusion imaging reveals intravoxel white matter fiber heterogeneity. Magnetic Resonance in Medicine: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine. 2002;48(4):577-82.
12. Frank LR. Characterization of anisotropy in high angular resolution diffusion-weighted MRI. Magnetic Resonance in Medicine: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine. 2002;47(6):1083-99.
13. Behrens TE, Berg HJ, Jbabdi S, Rushworth MF, Woolrich MW. Probabilistic diffusion tractography with multiple fibre orientations: What can we gain? neuroimage. 2007;34(1):144-55.
14. Jeurissen B, Leemans A, Jones DK, Tournier JD, Sijbers J. Probabilistic fiber tracking using the residual bootstrap with constrained spherical deconvolution. Human brain mapping. 2011;32(3):461-79.
15. Agrawal A, Kapfhammer JP, Kress A, Wichers H, Deep A, Feindel W, et al. Josef Klingler's models of white matter tracts: influences on neuroanatomy, neurosurgery, and neuroimaging. Neurosurgery. 2011;69(2):238-52; discussion 52-4.
16. Schiller F. The cerebral ventricles: from soul to sink. Archives of neurology. 1997;54(9):1158-62.
17. Srinivasan VM, O'Neill BR, Jho D, Whiting DM, Oh MY. The history of external ventricular drainage: Historical vignette. Journal of neurosurgery. 2014;120(1):228-36.
18. Aschoff A, Kremer P, Hashemi B, Kunze S. The scientific history of hydrocephalus and its treatment. Neurosurgical review. 1999;22(2):67-93.
19. Turgut M. Illustrations of neurosurgical techniques in early period of Ottoman Empire by Şerefeddin Sabuncuoğlu. Acta Neurochirurgica. 2007;149(10):1063-9.

20. Kompanje EJO, Delwel EJ. The first description of a device for repeated external ventricular drainage in the treatment of congenital hydrocephalus, invented in 1744 by Claude-Nicolas Le Cat. Pediatric neurosurgery. 2003;39(1):10-3.
21. Keen W. Surgery of the lateral ventricles of the brain. Medical Record (1866-1922). 1890;38(12):317.
22. Schültke E. Theodor Kocher's craniometer. Neurosurgery. 2009;64(5):1001.
23. Kaufmann GE, Clark K. Emergency frontal twist drill ventriculostomy. Journal of Neurosurgery. 1970;33(2):226-7.
24. DANDY WE. An operative procedure for hydrocephalus. Bull Johns Hopkins Hosp. 1922;33:189-90.
25. Friedman WA, Vries JK. Percutaneous tunnel ventriculostomy: Summary of 100 procedures. Journal of neurosurgery. 1980;53(5):662-5.
26. Dandy WE. Ventriculography following the injection of air into the cerebral ventricles. Annals of surgery. 1918;68(1):5.
27. Robinson F. An apparatus for continuous ventricular drainage and intraventricular therapy. Journal of Neurosurgery. 1948;5(3):320-3.
28. Lundberg N. Continuous recording and control of ventricular fluid pressure in neurosurgical practice. Acta Psychiatr Neurol Scand. 1960;36:1-193.
29. Pizzi FJ, Schut L, Berman W, Holzhapple W. Intracranial pressure monitoring in Reye's syndrome. Pediatric Neurosurgery. 1976;2(1):59-66.
30. Rajshekhar V, Harbaugh R. Results of routine ventriculostomy with external ventricular drainage for acute hydrocephalus following subarachnoid haemorrhage. Acta neurochirurgica. 1992;115:8-14.
31. Becker DP, Miller JD, Ward JD, Greenberg RP, Young HF, Sakalas R. The outcome from severe head injury with early diagnosis and intensive management. Journal of neurosurgery. 1977;47(4):491-502.
32. Erdener T, Albert Jr LR, Margaret B. Microsurgical anatomy and operative approaches to the lateral ventricles. Neurosurgery. 1986;19(5):685-723.
33. Akeret K, van Niftrik CHB, Sebök M, Muscas G, Visser T, Staartjes VE, et al. Topographic volume-standardization atlas of the human brain. Brain Struct Funct. 2021;226(6):1699-711.
34. Apuzzo ML, Liu CY, Sullivan D, Faccio RA. Surgery of the human cerebrum—a collective modernity. Neurosurgery. 2007;61(suppl_1):SHC-5-SHC-31.
35. Fujii K, Lenkey C, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the choroidal arteries: lateral and third ventricles. Journal of neurosurgery. 1980;52(2):165-88.
36. Rhoton Jr AL. The lateral and third ventricles. Neurosurgery. 2002;51(suppl_4):S1-207-S1-71.
37. Snell RS. Clinical neuroanatomy: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
38. Arnold F. Handbuch der Anatomie des Menschen: mit besonderer Rucksicht auf Physiologie und praktische Medicin1851.
39. Schmahmann JD, Schmahmann J, Pandya D. Fiber pathways of the brain: OUP USA; 2009.
40. Hendelman W. Atlas of functional neuroanatomy: CRC press; 2005.
41. Mamah D, Conturo TE, Harms MP, Akbudak E, Wang L, McMichael AR, et al. Anterior thalamic radiation integrity in schizophrenia: a diffusion-tensor imaging study. Psychiatry Research: Neuroimaging. 2010;183(2):144-50.
42. Torso M, Serra L, Giulietti G, Spanò B, Tuzzi E, Koch G, et al. Strategic lesions in the anterior thalamic radiation and apathy in early Alzheimer's disease. PLoS One. 2015;10(5):e0124998.

43. Frieling H, Fischer J, Wilhelm J, Engelhorn T, Bleich S, Hillemacher T, et al. Microstructural abnormalities of the posterior thalamic radiation and the mediodorsal thalamic nuclei in females with anorexia nervosa–a voxel based diffusion tensor imaging (DTI) study. Journal of psychiatric research. 2012;46(9):1237-42.
44. Yasargil MG. CNS Tumors: Surgical Anatomy, Neuropathology, Neuroradiology, Neurophysiology: Clinical Considerations, Operability: Thieme Medical Publishers; 1994.
45. Türe U, Yaşargil MG, Friedman AH, Al-Mefty O. Fiber dissection technique: lateral aspect of the brain. Neurosurgery. 2000;47(2):417-27.
46. da Costa MDS, Braga VL, Yagmurlu K, Centeno RS, Cavalheiro S, Chaddad-Neto F. A technical guide for fiber tract dissection of the internal capsule. Turk Neurosurg. 2018;28(6):934-9.
47. V. Hamzaoglu DK, E. Avcı. Internal Kapsul. Biçeroğlu H, editor2019. 452-7 p.
48. Wen HT, Rhoton Jr AL, Marino Jr R. Gray matter overlying anterior basal temporal sulci as an intraoperative landmark for locating the temporal horn in amygdalohippocampectomies. Operative Neurosurgery. 2006;59(suppl_4):ONS-221-ONS-7.
49. Yaşargil MG. Microsurgical anatomy of the basal cisterns and vessels of the brain, diagnostic studies, general operative techniques and pathological considerations of the intracranial aneurysms. Microsurgery. 1984:25-143.
50. Egemen E, Solaroglu I. Anatomy of cerebral veins and dural sinuses. Primer on cerebrovascular diseases: Elsevier; 2017. p. 32-6.
51. Uddin MA, Haq TU, Rafique MZ. Cerebral venous system anatomy. Journal of Pakistan Medical Association. 2006;56(11):516.
52. Knickmeyer RC, Gouttard S, Kang C, Evans D, Wilber K, Smith JK, et al. A structural MRI study of human brain development from birth to 2 years. Journal of neuroscience. 2008;28(47):12176-82.
53. Dean III DC, O'Muircheartaigh J, Dirks H, Travers BG, Adluru N, Alexander AL, et al. Mapping an index of the myelin g-ratio in infants using magnetic resonance imaging. Neuroimage. 2016;132:225-37.
54. Carreiras M, Seghier ML, Baquero S, Estévez A, Lozano A, Devlin JT, et al. An anatomical signature for literacy. Nature. 2009;461(7266):983-6.
55. Ullén F. Is activity regulation of late myelination a plastic mechanism in the human nervous system? Neuron glia biology. 2009;5(1-2):29-34.
56. Tian Q, Erickson KI, Simonsick EM, Aizenstein HJ, Glynn NW, Boudreau RM, et al. Physical activity predicts microstructural integrity in memory-related networks in very old adults. Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences. 2014;69(10):1284-90.
57. Frahm H, Stephan H, Stephan M. Comparison of brain structure volumes in Insectivora and Primates. I. Neocortex. Journal fur Hirnforschung. 1982;23(4):375-89.
58. Pausova Z, Paus T, Abrahamowicz M, Almerigi J, Arbour N, Bernard M, et al. Genes, maternal smoking, and the offspring brain and body during adolescence: design of the Saguenay Youth Study. Human brain mapping. 2007;28(6):502-18.
59. Marner L, Pakkenberg B. Total length of nerve fibers in prefrontal and global white matter of chronic schizophrenics. Journal of psychiatric research. 2003;37(6):539-47.
60. Zhang K, Sejnowski TJ. A universal scaling law between gray matter and white matter of cerebral cortex. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2000;97(10):5621-6.

61. Burdach KF. Vom baue und Leben des Gehirns: Dyk; 1826.
62. Klingler J, Ludwig E. Atlas cerebri humani: Karger Publishers; 1956.
63. Wernicke C. Der aphasische symptomenkomplex. Der aphasische Symptomencomplex: Springer; 1974. p. 1-70.
64. Dejerine J, Dejerine J, Dejerine A. Anatomie des centres nerveux: Rueff; 1895.
65. von Monakow C. Die lokalisation im Grosshirn: Verlag von JF Bergmann; 1914.
66. Makris N, Kennedy DN, McInerney S, Sorensen AG, Wang R, Caviness Jr VS, et al. Segmentation of subcomponents within the superior longitudinal fascicle in humans: a quantitative, in vivo, DT-MRI study. Cerebral cortex. 2005;15(6):854-69.
67. Yeh F-C, Verstynen TD, Wang Y, Fernández-Miranda JC, Tseng W-YI. Deterministic diffusion fiber tracking improved by quantitative anisotropy. PloS one. 2013;8(11):e80713.
68. Broser PJ, Groeschel S, Hauser T-K, Lidzba K, Wilke M. Functional MRI-guided probabilistic tractography of cortico-cortical and cortico-subcortical language networks in children. NeuroImage. 2012;63(3):1561-70.
69. Agosta F, Galantucci S, Canu E, Cappa SF, Magnani G, Franceschi M, et al. Disruption of structural connectivity along the dorsal and ventral language pathways in patients with nonfluent and semantic variant primary progressive aphasia: a DT MRI study and a literature review. Brain and language. 2013;127(2):157-66.
70. Kamali A, Sair H, Radmanesh A, Hasan K. Decoding the superior parietal lobule connections of the superior longitudinal fasciculus/arcuate fasciculus in the human brain. Neuroscience. 2014;277:577-83.
71. Petrides M, Pandya DN. Association pathways of the prefrontal cortex and functional observations. Principles of frontal lobe function. 2002;1:31-50.
72. Yagmurlu K, Vlasak AL, Rhoton AL, Jr. Three-dimensional topographic fiber tract anatomy of the cerebrum. Neurosurgery. 2015;11 Suppl 2:274-305; discussion
73. Cipolloni P, Pandya D. Cortical connections of the frontoparietal opercular areas in the rhesus monkey. Journal of Comparative Neurology. 1999;403(4):431-58.
74. Petrides M, Pandya DN. Projections to the frontal cortex from the posterior parietal region in the rhesus monkey. Journal of Comparative neurology. 1984;228(1):105-16.
75. Schmahmann JD, Pandya DN, Wang R, Dai G, D'Arceuil HE, De Crespigny AJ, et al. Association fibre pathways of the brain: parallel observations from diffusion spectrum imaging and autoradiography. Brain. 2007;130(3):630-53.
76. de Schotten MT, Urbanski M, Duffau H, Volle E, Lévy R, Dubois B, et al. Direct evidence for a parietal-frontal pathway subserving spatial awareness in humans. Science. 2005;309(5744):2226-8.
77. Wang X, Pathak S, Stefaneanu L, Yeh F-C, Li S, Fernandez-Miranda JC. Subcomponents and connectivity of the superior longitudinal fasciculus in the human brain. Brain Structure and Function. 2016;221(4):2075-92.
78. Beis J-M, Keller C, Morin N, Bartolomeo P, Bernati T, Chokron S, et al. Right spatial neglect after left hemisphere stroke: qualitative and quantitative study. Neurology. 2004;63(9):1600-5.
79. Chechlacz M, Rotshtein P, Hansen PC, Deb S, Riddoch MJ, Humphreys GW. The central role of the temporo-parietal junction and the superior longitudinal fasciculus in supporting multi-item competition: evidence from lesion-symptom mapping of extinction. Cortex. 2013;49(2):487-506.
80. Mesulam MM. A cortical network for directed attention and unilateral neglect. Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society. 1981;10(4):309-25.

81. Mandonnet E, Duffau H. Understanding entangled cerebral networks: a prerequisite for restoring brain function with brain-computer interfaces. Frontiers in systems neuroscience. 2014;8:82.
82. Martino J, De Witt Hamer PC, Berger MS, Lawton MT, Arnold CM, de Lucas EM, et al. Analysis of the subcomponents and cortical terminations of the perisylvian superior longitudinal fasciculus: a fiber dissection and DTI tractography study. Brain Structure and Function. 2013;218(1):105-21.
83. Loui P, Alsop D, Schlaug G. Tone deafness: a new disconnection syndrome? Journal of Neuroscience. 2009;29(33):10215-20.
84. Catani M, Mesulam M. The arcuate fasciculus and the disconnection theme in language and aphasia: history and current state. Cortex. 2008;44(8):953-61.
85. Yagmurlu K, Middlebrooks EH, Tanriover N, Rhoton AL, Jr. Fiber tracts of the dorsal language stream in the human brain. J Neurosurg. 2016;124(5):1396-405.
86. Barbieri C, De Renzi E. The executive and ideational components of apraxia. Cortex. 1988;24(4):535-43.
87. Catani M, Jones DK. Perisylvian language networks of the human brain. Annals of neurology. 2005.
88. Seltzer B, Pandya D. Further observations on parieto-temporal connections in the rhesus monkey. Experimental brain research. 1984;55(2):301-12.
89. Makris N, Papadimitriou GM, Kaiser JR, Sorg S, Kennedy DN, Pandya DN. Delineation of the middle longitudinal fascicle in humans: a quantitative, in vivo, DT-MRI study. Cerebral Cortex. 2009;19(4):777-85.
90. Maldonado IL, De Champfleur NM, Velut S, Destrieux C, Zemmoura I, Duffau H. Evidence of am iddle l ongitudinal f asciculus in the human brain from fiber dissection. Journal of anatomy. 2013;223(1):38-45.
91. Makris N, Pandya DN. The extreme capsule in humans and rethinking of the language circuitry. Brain Structure and Function. 2009;213(3):343-58.
92. Hickok G, Poeppel D. The cortical organization of speech processing. Nature reviews neuroscience. 2007;8(5):393-402.
93. Heilman KM, Van Den Abell T. Right hemisphere dominance for attention: the mechanism underlying hemispheric asymmetries of inattention (neglect). Neurology. 1980;30(3):327-.
94. Molholm S, Sehatpour P, Mehta AD, Shpaner M, Gomez-Ramirez M, Ortigue S, et al. Audio-visual multisensory integration in superior parietal lobule revealed by human intracranial recordings. Journal of neurophysiology. 2006;96(2):721-9.
95. Galton CJ, Patterson K, Graham K, Lambon-Ralph MA, Williams G, Antoun N, et al. Differing patterns of temporal atrophy in Alzheimer's disease and semantic dementia. Neurology. 2001;57(2):216-25.
96. Asami T, Saito Y, Whitford TJ, Makris N, Niznikiewicz M, McCarley RW, et al. Abnormalities of middle longitudinal fascicle and disorganization in patients with schizophrenia. Schizophrenia research. 2013;143(2-3):253-9.
97. Amaral DG, Price J. Amygdalo-cortical projections in the monkey (Macaca fascicularis). Journal of Comparative Neurology. 1984;230(4):465-96.
98. Haxby JV, Gobbini MI, Furey ML, Ishai A, Schouten JL, Pietrini P. Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex. Science. 2001;293(5539):2425-30.
99. Malkova L, Mishkin M. One-trial memory for object-place associations after separate lesions of hippocampus and posterior parahippocampal region in the monkey. Journal of Neuroscience. 2003;23(5):1956-65.

100. Goldberg ME, Bisley J, Powell KD, Gottlieb J, Kusunoki M. The role of the lateral intraparietal area of the monkey in the generation of saccades and visuospatial attention. Annals of the New York Academy of Sciences. 2002;956(1):205-15.
101. Clarke S, Lindemann A, Maeder P, Borruat F-X, Assal G. Face recognition and postero-inferior hemispheric lesions. Neuropsychologia. 1997;35(12):1555-63.
102. Sarubbo S, De Benedictis A, Merler S, Mandonnet E, Balbi S, Granieri E, et al. Towards a functional atlas of human white matter. Human Brain Mapping. 2015;36(8):3117-36.
103. Axer H, Klingner CM, Prescher A. Fiber anatomy of dorsal and ventral language streams. Brain and language. 2013;127(2):192-204.
104. Martino J, Brogna C, Robles SG, Vergani F, Duffau H. Anatomic dissection of the inferior fronto-occipital fasciculus revisited in the lights of brain stimulation data. cortex. 2010;46(5):691-9.
105. Duffau H, Gatignol P, Mandonnet E, Peruzzi P, Tzourio-Mazoyer N, Capelle L. New insights into the anatomo-functional connectivity of the semantic system: a study using cortico-subcortical electrostimulations. Brain. 2005;128(4):797-810.
106. Almairac F, Herbet G, Moritz-Gasser S, de Champfleur NM, Duffau H. The left inferior fronto-occipital fasciculus subserves language semantics: a multilevel lesion study. Brain Structure and Function. 2015;220(4):1983-95.
107. Obersteiner H. Anleitung beim Studium des baues der Nervösen centralorgane im Gesunden und Kranken sustande: F. Deuticke; 1892.
108. Yeatman JD, Rauschecker AM, Wandell BA. Anatomy of the visual word form area: adjacent cortical circuits and long-range white matter connections. Brain and language. 2013;125(2):146-55.
109. Greenblatt SH. Alexia without agraphia or hemianopsia anatomical analysis of an autopsied case. Brain. 1973;96(2):307-16.
110. Aron AR, Behrens TE, Smith S, Frank MJ, Poldrack RA. Triangulating a cognitive control network using diffusion-weighted magnetic resonance imaging (MRI) and functional MRI. J Neurosci. 2007;27(14):3743-52.
111. Catani M, Dell'Acqua F, Vergani F, Malik F, Hodge H, Roy P, et al. Short frontal lobe connections of the human brain. cortex. 2012;48(2):273-91.
112. de Schotten MT, Dell'Acqua F, Valabregue R, Catani M. Monkey to human comparative anatomy of the frontal lobe association tracts. Cortex. 2012;48(1):82-96.
113. Briggs RG, Conner AK, Rahimi M, Sali G, Baker CM, Burks JD, et al. A Connectomic Atlas of the Human Cerebrum-Chapter 14: Tractographic Description of the Frontal Aslant Tract. Oper Neurosurg (Hagerstown). 2018;15(suppl_1):S444-s9.
114. Glasser MF, Coalson TS, Robinson EC, Hacker CD, Harwell J, Yacoub E, et al. A multi-modal parcellation of human cerebral cortex. Nature. 2016;536(7615):171-8.
115. Szmuda T, Rogowska M, Słoniewski P, Abuhaimed A, Szmuda M, Springer J, et al. Frontal aslant tract projections to the inferior frontal gyrus. Folia Morphologica. 2017;76(4):574-81.
116. La Corte E, Eldahaby D, Greco E, Aquino D, Bertolini G, Levi V, et al. The frontal aslant tract: a systematic review for neurosurgical applications. Frontiers in Neurology. 2021;12:641586.
117. Mandelstam SA. Challenges of the anatomy and diffusion tensor tractography of the Meyer loop. AJNR Am J Neuroradiol. 2012;33(7):1204-10.
118. Meyer A. The connections of the occipital lobes and the present status of the cerebral visual affections. Trans Assoc Am Physicians. 1907;22:7-16.

119. Rubino PA, Rhoton AL, Jr., Tong X, Oliveira E. Three-dimensional relationships of the optic radiation. Neurosurgery. 2005;57(4 Suppl):219-27; discussion -27.
120. Abe O, Masutani Y, Aoki S, Yamasue H, Yamada H, Kasai K, et al. Topography of the human corpus callosum using diffusion tensor tractography. Journal of computer assisted tomography. 2004;28(4):533-9.
121. Pustina D, Doucet G, Skidmore C, Sperling M, Tracy J. Contralateral interictal spikes are related to tapetum damage in left temporal lobe epilepsy. Epilepsia. 2014;55(9):1406-14.
122. Güngör A, Baydin S, Middlebrooks EH, Tanriover N, Isler C, Rhoton AL. The white matter tracts of the cerebrum in ventricular surgery and hydrocephalus. Journal of Neurosurgery JNS. 2017;126(3):945-71.
123. Robert H.Wilkins SSR. Techniques of Ventricular Puncture. Timothy B. Mapstone RAR, editor. 151996.
124. Hildebrandt G, Surbeck W, Stienen MN. Emil Theodor Kocher: the first Swiss neurosurgeon. Acta Neurochir (Wien). 2012;154(6):1105-15; discussion 15.
125. Morone PJ, Dewan MC, Zuckerman SL, Tubbs RS, Singer RJ. Craniometrics and Ventricular Access: A Review of Kocher's, Kaufman's, Paine's, Menovksy's, Tubbs', Keen's, Frazier's, Dandy's, and Sanchez's Points. Oper Neurosurg (Hagerstown). 2020;18(5):461-9.
126. Woo H, Kang DH, Park J. Preoperative determination of ventriculostomy trajectory in ventriculoperitoneal shunt surgery using a simple modification of the standard coronal MRI. J Clin Neurosci. 2013;20(12):1754-8.
127. Jones RF, Stening WA, Brydon M. Endoscopic third ventriculostomy. Neurosurgery. 1990;26(1):86-91; discussion -2.
128. Zohdi A, El Kheshin S. Endoscopic approach to colloid cysts. Minim Invasive Neurosurg. 2006;49(5):263-8.
129. Wang WH, Hung YC, Hsu SP, Lin CF, Chen HH, Shih YH, et al. Endoscopic hematoma evacuation in patients with spontaneous supratentorial intracerebral hemorrhage. J Chin Med Assoc. 2015;78(2):101-7.
130. Dunn I, Fierichs K, Day A, Kim D. Ventriculostomy. Schmidek & Sweet Operative Neurosurgical Techniques: Indications, Methods, and Results, ed. 2006;5:35-6.
131. Abdoh MG, Bekaert O, Hodel J, Diarra SM, Le Guerinel C, Nseir R, et al. Accuracy of external ventricular drainage catheter placement. Acta Neurochir (Wien). 2012;154(1):153-9.
132. Toma AK, Camp S, Watkins LD, Grieve J, Kitchen ND. External ventricular drain insertion accuracy: is there a need for change in practice? Neurosurgery. 2009;65(6):1197-200; discussion 200-1.
133. Paine JT, Batjer HH, Samson D. Intraoperative ventricular puncture. Neurosurgery. 1988;22(6 Pt 1):1107-9.
134. Hyun SJ, Suk JS, Kwon JT, Kim YB. Novel entry point for intraoperative ventricular puncture during the transsylvian approach. Acta Neurochir (Wien). 2007;149(10):1049-51; discussion 51.
135. Park J, Hamm IS. Revision of Paine's technique for intraoperative ventricular puncture. Surg Neurol. 2008;70(5):503-8; discussion 8.
136. Chen CC, Lin HL, Cho DY. Endoscopic surgery for thalamic hemorrhage: a technical note. Surg Neurol. 2007;68(4):438-42; discussion 42.
137. Frazier CH, Gardner W. The radical operation for the relief of trigeminal neuralgia. Surg Gynecol Obstet. 1928;47:73-7.
138. Dandy WE. VENTRICULOGRAPHY FOLLOWING THE INJECTION OF AIR INTO THE CEREBRAL VENTRICLES. Ann Surg. 1918;68(1):5-11.

139. Greenberg MS, Arredondo N. Handbook of neurosurgery: Thieme New York; 2001.
140. Dziedzic TA, Balasa A, Jeżewski MP, Michałowski Ł, Marchel A. White matter dissection with the Klingler technique: a literature review. Brain Structure and Function. 2021;226:13-47.
141. Güngör A, Baydın Ş S, Holanda VM, Middlebrooks EH, Isler C, Tugcu B, et al. Microsurgical anatomy of the subthalamic nucleus: correlating fiber dissection results with 3-T magnetic resonance imaging using neuronavigation. J Neurosurg. 2018;130(3):716-32.
142. Wysiadecki G, Clarke E, Polguj M, Haładaj R, Żytkowski A, Topol M. Klingler's method of brain dissection: review of the technique including its usefulness in practical neuroanatomy teaching, neurosurgery and neuroimaging. Folia morphologica. 2019;78(3):455-66.
143. Mu Q, Xie J, Wen Z, Weng Y, Shuyun Z. A quantitative MR study of the hippocampal formation, the amygdala, and the temporal horn of the lateral ventricle in healthy subjects 40 to 90 years of age. AJNR Am J Neuroradiol. 1999;20(2):207-11.
144. Patwardhan RV, Nanda A. Implanted ventricular shunts in the United States: the billion-dollar-a-year cost of hydrocephalus treatment. Neurosurgery. 2005;56(1):139-45.
145. Muirhead WR, Basu S. Trajectories for frontal external ventricular drain placement: virtual cannulation of adults with acute hydrocephalus. British journal of neurosurgery. 2012;26(5):710-6.
146. Constantoyannis C, Berk C, Honey CR, Mendez I, Brownstone RM. Reducing hardware-related complications of deep brain stimulation. Canadian Journal of Neurological Sciences. 2005;32(2):194-200.
147. Houseman ND, Taylor GI, Pan W-R. The angiosomes of the head and neck: anatomic study and clinical applications. Plastic and reconstructive surgery. 2000;105(7):2287-313.
148. Germann AM, Jamal Z, Al Khalili Y. Anatomy, Head and Neck, Scalp Veins. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
149. Potts DG, Reilly KF, Deonarine V. Morphology of the arachnoid villi and granulations. Radiology. 1972;105(2):333-41.
150. Park SH, Park KS, Hwang JH. Arachnoid Granulations Mimicking Multiple Osteolytic Bone Lesions in the Occipital Bone. Brain Tumor Res Treat. 2018;6(2):68-72.
151. Rodrigues JR, Santos GR. Brain herniation into giant arachnoid granulation: an unusual case. Case Reports in Radiology. 2017;2017.
152. Case records of the Massachusetts General Hospital. Weekly clinicopathological exercises. Case 42-1984. A 29-year-old woman with a lytic lesion of a parietal bone. N Engl J Med. 1984;311(16):1036-43.
153. ÖKTEN Aİ, GEZERCAN Y, OKAY Ö. Beynin venöz anatomisi. Türkiye Nöroşirurji Dernegi 26 (1). 2016:5-14.
154. Mortazavi MM, Adeeb N, Griessenauer C, Sheikh H, Shahidi S, Tubbs R, et al. The ventricular system of the brain: a comprehensive review of its history, anatomy, histology, embryology, and surgical considerations. Child's Nervous System. 2014;30(1):19-35.
155. Bertuccio A, Marasco S, Longhitano Y, Romenskaya T, Elia A, Mezzini G, et al. External Ventricular Drainage: A Practical Guide for Neuro-Anesthesiologists. Clinics and Practice. 2023;13(1):219-29.

156. Chung DY, Mayer SA, Rordorf GA. External ventricular drains after subarachnoid hemorrhage: is less more? Neurocritical care. 2018;28:157-61.
157. Schödel P, Proescholdt M, Ullrich O-W, Brawanski A, Schebesch K-M. An outcome analysis of two different procedures of burr-hole trephine and external ventricular drainage in acute hydrocephalus. Journal of Clinical Neuroscience. 2012;19(2):267-70.
158. Lessell S. Topical diagnosis; retrochiasmal visual pathways and higher occipital function. Duane's clinical ophthalmology. 1989;2:1-4.
159. Jang SH, Kwon Y. Injury of leg somatotopy of corticospinal tract at corona radiata by ventriculoperitoneal shunt: A case report. Medicine. 2018;97(10).
160. Jang SH, Seo JP. Injury of corticoreticular pathway and corticospinal tract caused by ventriculoperitoneal shunting. Neural Regeneration Research. 2015;10(11):1874.
161. Gold MM, Shifteh K, Valdberg S, Lombard J, Lipton ML. Brain injury due to ventricular shunt placement delineated by diffusion tensor imaging (DTI) tractography. The Neurologist. 2008;14(4):252-4.
162. Kwon HG, Jang SH. Cingulum injury by ventriculoperitoneal shunt. European Neurology. 2012;67(1):63.
163. Safadi Z, Grisot G, Jbabdi S, Behrens TE, Heilbronner SR, McLaughlin NCR, et al. Functional Segmentation of the Anterior Limb of the Internal Capsule: Linking White Matter Abnormalities to Specific Connections. J Neurosci. 2018;38(8):2106-17.
164. Smith JB, Lee AK, Jackson J. The claustrum. Current Biology. 2020;30(23):R1401-R6.
165. Kumral E, Evyapan D, Balkir K. Acute caudate vascular lesions. Stroke. 1999;30(1):100-8.
166. Çırak M, Yağmurlu K, Kearns KN, Ribas EC, Urgun K, Shaffrey ME, et al. The Caudate Nucleus: Its Connections, Surgical Implications, and Related Complications. World Neurosurg. 2020;139:e428-e38.
167. Perelle IB, Ehrman L. An international study of human handedness: the data. Behav Genet. 1994;24(3):217-27.
168. Tzourio-Mazoyer N, Petit L, Zago L, Crivello F, Vinuesa N, Joliot M, et al. Between-hand difference in ipsilateral deactivation is associated with hand lateralization: fMRI mapping of 284 volunteers balanced for handedness. Front Hum Neurosci. 2015;9:5.
169. Martin K, Jacobs S, Frey SH. Handedness-dependent and -independent cerebral asymmetries in the anterior intraparietal sulcus and ventral premotor cortex during grasp planning. Neuroimage. 2011;57(2):502-12.
170. Knecht S, Dräger B, Deppe M, Bobe L, Lohmann H, Flöel A, et al. Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. Brain. 2000;123 Pt 12:2512-8.
171. Kiroğlu Y, Karabulut N, Oncel C, Yagci B, Sabir N, Ozdemir B. Cerebral lateral ventricular asymmetry on CT: how much asymmetry is representing pathology? Surg Radiol Anat. 2008;30(3):249-55.
172. Enríquez G, Correa F, Lucaya J, Piqueras J, Aso C, Ortega A. Potential pitfalls in cranial sonography. Pediatric radiology. 2003;33:110-7.
173. Hori A, Bardosi A, Tsuboi K, Maki Y. Accessory cerebral ventricle of the occipital lobe: morphogenesis and clinical and pathological appearance. Journal of neurosurgery. 1984;61(4):767-71.
174. Abdoh MG, Bekaert O, Hodel J, Diarra SM, Le Guerinel C, Nseir R, et al. Accuracy of external ventricular drainage catheter placement. Acta neurochirurgica. 2012;154(1):153-9.
175. Kang K, Kwak K, Yoon U, Lee JM. Lateral Ventricle Enlargement and Cortical Thinning in Idiopathic Normal-pressure Hydrocephalus Patients. Sci Rep. 2018;8(1):13306.

176. Bierbrauer KS, Storrs BB, McLone DG, Tomita T, Dauser R. A prospective, randomized study of shunt function and infections as a function of shunt placement. Pediatric neurosurgery. 1990;16(6):287-91.
177. Ventureyra E, Higgins MJ. A new ventricular catheter for the prevention and treatment of proximal obstruction in cerebrospinal fluid shunts. Neurosurgery. 1994;34(5):924-6; discussion 6.
178. Rashid Choudhury A. Avoidable factors that contribute to the complications of ventriculoperitoneal shunt in childhood hydrocephalus. Child's Nervous System. 1990;6:346-9.
179. Holodny AI, George AE, Golomb J, de Leon MJ, Kalnin AJ. The perihippocampal fissures: normal anatomy and disease states. Radiographics. 1998;18(3):653-65.
180. Huyette DR, Turnbow BJ, Kaufman C, Vaslow DF, Whiting BB, Oh MY. Accuracy of the freehand pass technique for ventriculostomy catheter placement: retrospective assessment using computed tomography scans. J Neurosurg. 2008;108(1):88-91.
181. Saladino A, White JB, Wijdicks EF, Lanzino G. Malplacement of ventricular catheters by neurosurgeons: a single institution experience. Neurocritical care. 2009;10:248-52.
182. Kakarla UK, Kim LJ, Chang SW, Theodore N, Spetzler RF. Safety and accuracy of bedside external ventricular drain placement. Neurosurgery. 2008;63(1 Suppl 1):ONS162-6; discussion ONS6-7.
183. Coppeto JR, Gahm NH. Bitemporal hemianoptic scotoma: a complication of intraventricular catheter. Surg Neurol. 1977;8(5):361-2.
184. Slavin ML, Rosenthal AD. Chiasmal compression caused by a catheter in the suprasellar cistern. Am J Ophthalmol. 1988;105(5):560-1.
185. Shults WT, Hamby S, Corbett JJ, Kardon R, Winterkorn JS, Odel JG. Neuro-Ophthalmic Complications of Intracranial Catheters. Neurosurgery. 1993;33(1):135-8.
186. Chai FY, Farizal F, JEgaN T. Coma due to malplaced external ventricular drain. Turkish neurosurgery. 2013;23(4).
187. O'Leary ST, Kole MK, Hoover DA, Hysell SE, Thomas A, Shaffrey CI. Efficacy of the Ghajar Guide revisited: a prospective study. J Neurosurg. 2000;92(5):801-3.
188. Stangl AP, Meyer B, Zentner J, Schramm J. Continuous external CSF drainage--a perpetual problem in neurosurgery. Surg Neurol. 1998;50(1):77-82.
189. Krombach G, Ganser A, Fricke C, Rohde V, Reinges M, Gilsbach J, et al. Virtual placement of frontal ventricular catheters using frameless neuronavigation: an “unbloody training” for young neurosurgeons. min-Minimally Invasive Neurosurgery. 2000;43(04):171-5.
190. O'Neill BR, Velez DA, Braxton EE, Whiting D, Oh MY. A survey of ventriculostomy and intracranial pressure monitor placement practices. Surgical neurology. 2008;70(3):268-73.
191. Binz DD, Toussaint LG, Friedman JA. Hemorrhagic complications of ventriculostomy placement: a meta-analysis. Neurocritical care. 2009;10(2):253-6.
192. Gautschi OP, Smoll N, Kotowski M, Schatlo B, Tosic M, Stimec B, et al. Non-assisted versus neuro-navigated and XperCT-guided external ventricular catheter placement: a comparative cadaver study. Acta neurochirurgica. 2014;156(4):777-85.
193. Sampath R, Wadhwa R, Tawfik T, Nanda A, Guthikonda B. Stereotactic placement of ventricular catheters: does it affect proximal malfunction rates? Stereotactic and functional neurosurgery. 2012;90(2):97-103.
194. Toma AK, Camp S, Watkins LD, Grieve J, Kitchen ND. External ventricular drain insertion accuracy: is there a need for change in practice? Neurosurgery. 2009;65(6):1197-201.

195. Whitehead WE, Jea A, Vachhrajani S, Kulkarni AV, Drake JM. Accurate placement of cerebrospinal fluid shunt ventricular catheters with real-time ultrasound guidance in older children without patent fontanelles. Journal of Neurosurgery: Pediatrics. 2007;107(5):406-10.
196. Thomale U, Knitter T, Schaumann A, Ahmadi S, Ziegler P, Schulz M, et al. Smartphone-assisted guide for the placement of ventricular catheters. Child's Nervous System. 2013;29(1):131-9.
197. Hermann EJ, Capelle H-H, Tschan CA, Krauss JK. Electromagnetic-guided neuronavigation for safe placement of intraventricular catheters in pediatric neurosurgery. Journal of Neurosurgery: Pediatrics. 2012;10(4):327-33.
198. Villavicencio AT, Leveque J-C, McGirt MJ, Hopkins JS, Fuchs HE, George TM. Comparison of revision rates following endoscopically versus nonendoscopically placed ventricular shunt catheters. Surgical neurology. 2003;59(5):375-9.
199. Wilson TJ, Stetler WR, Al-Holou WN, Sullivan SE. Comparison of the accuracy of ventricular catheter placement using freehand placement, ultrasonic guidance, and stereotactic neuronavigation. Journal of neurosurgery. 2013;119(1):66-70.
200. Raftopoulos C, Balériaux D, Brotchi J, Voordecker P. The traumatic aspect of ventricular catheterization demonstrated by magnetic resonance imaging. Clinical neurology and neurosurgery. 1988;90(1):47-52.
201. Jang SH, Kwon HG. Relative anterior safe area for invasive procedures in the human brain: diffusion tensor tractography. Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies. 2014;23(4):247-51.
202. Muirhead WR, Basu S. Trajectories for frontal external ventricular drain placement: virtual cannulation of adults with acute hydrocephalus. Br J Neurosurg. 2012;26(5):710-6.
203. Abdoh MG, Bekaert O, Hodel J, Diarra SM, Le Guerinel C, Nseir R, et al. Accuracy of external ventricular drainage catheter placement. Acta neurochirurgica. 2012;154:153-9.
204. Rengachary SS. Intraoperative ventricular puncture. Neurosurgery. 1989;24(1):140.
205. Yakar F, Çeltikçi P, Doğruel Y, Egemen E, Güngör A. The connectivity-based parcellation of the angular gyrus: fiber dissection and MR tractography study. Brain Structure and Function. 2023;228(1):121-30.