



Hipotalamusun Mikrocerrahi Ak Madde Anatomisi ve Hipotalamusa Cerrahi Yaklaşımlar

Microsurgical White Matter Anatomy of the Hypothalamus and Surgical Approaches to the Hypothalamus

Pelin KUZUCU¹, Abuzer GÜNGÖR², M. Necmettin PAMİR²

¹Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

²Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Yazışma adresi: Pelin KUZUCU ✉ drpelinkuzucu@gmail.com

ÖZ

Hipotalamus karışık anatomik yapısının yanısıra çok sayıda fonksiyonu barındırmasına rağmen ilişkili olduğu ak madde yolları henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Bu nedenle anatomik sınırları içerisinde kalan ilişkili ak madde yollarını bilmek hipotalamusa cerrahi yaklaşımlar esnasında sonuçların daha başarılı olmasını sağlamaktadır. Hipotalamusun anatomisinin ilişkili ak madde yollarına bakacak olursak; Broca'nın diagonal bandı, ventral amigdalahipotalamik lif, stria terminalis, fornix, postkommissural fornixin anteromedial hipotalamus ile singulum, supraoptik komissür, frontopontin yolların hipotalamusun anterolateral kısmı ile medial longitudinal fasikül, dorsal longitudinal fasikülün posteromedial hipotalamus ile ansa pedünkularis, mamillaris princeps fasikül, kortikospinal yol, temporo-parieto-okspito-pontin yol, medial lemnisküs, mamillotegmental yol, spinotalamik yol, dentato-rubrotalamik yolun posterolateral hipotalamus ile mamillotalamik yol ve fasikülüs retrofleksusun posterior hipotalamusta süperoinferior hipotalamus ile ilişkilidir. Bu önemli bölgeye yapılacak cerrahi yaklaşımlar ise endoskopik, supraorbital, subfrontal, pterional, orbitozigomatik transkalozal ve transkortikal transventriküler, transsfenoidal yöntemler olarak söylenebilir. Ayrıca DBS cerrahisinde de hedef olarak ön plana çıkmaya başlayan hipotalamusun var olan anatomik yapısının daha detaylı olarak bilinmesi ile etkin cerrahi sonuçlar almak mümkündür.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Beyin sapı, Derin beyin stimülasyonu, Hipotalamus, Fiber diseksiyon, Ak madde yolları

ABSTRACT

Although the hypothalamus has a mixed anatomic structure and a large number of functions, the white matter pathways it is associated with have not yet been fully understood. Therefore, knowing the associated white matter pathways within the anatomical boundaries makes the results more successful during surgical approaches to the hypothalamus. Considering the related white matter pathways of the anatomy of the hypothalamus; the diagonal band of Broca, ventral amygdalohypothalamic fiber, stria terminalis, fornix, and the postcommissural fornix are related to the anteromedial part of the hypothalamus; the cingulum, supraoptic commissure, and the frontopontine tracts are related to the anterolateral part of hypothalamus; the medial longitudinal fasciculus and the dorsal longitudinal fasciculus are related to the posteromedial part of the hypothalamus; the ansa peduncularis, the postcommissural fornix, the fasciculus mamillaris princeps, the corticospinal tract, the temporo-parieto-occipito-pontine tract, the medial lemniscus, the spinothalamic tract, the mammillotegmental tract and the dentatorubrothalamic tract are related to the posterolateral part of the hypothalamus; and the fasciculus retroflexus and mammillothalamic tract lie superoinferior part of the hypothalamus. Endoscopic, supraorbital, subfrontal, pterional, orbitozygomatic transcallosal and transcortical transventricular, and the transsfenoidal methods can be used for surgical approaches to this important region. In addition, it is possible to obtain effective surgical results by knowing the present anatomical structure of the hypothalamus, which is becoming a target in DBS surgery.

KEYWORDS: Brainstem, Deep brain stimulation, Hypothalamus, Fiber dissection, White matter pathways

■ GİRİŞ

Hipotalamus küçük bir nöral doku topluluğu olmakla beraber (21,29) otonomik, endokrin ve davranışsal durumların düzenlenmesinde oldukça önemli göreve sahip çekirdek topluluğudur. Başlıca görevleri olarak sirkadiyen ritim düzenlenmesi, uyanma / uyku döngüleri, termoregülasyon, sıvı-elektrolit dengesi, gıda alımı ve üremedir.

Nöroşirürji literatüründeki seriler hipotalamus lokalizasyonlu cerrahide beynin diğer hassas bölgelerine oranla artmış mortalite ve morbidite bildirmektedir. Buna rağmen ak madde yolları üzerinde bugüne kadar fazla durulmamıştır. Hipotalamusun stratejik olarak yerleşimine ve dolayısıyla beyin sapı ve sereballar korteks arasında önemli bir kavşak alanı olmasına dikkat çekmek gerekmektedir.

Son yıllarda Difüzyon Tensor Görüntüleme (DTG) tekniğinin gelişmesi ile ak madde yollarının önemi daha iyi anlaşılmıştır (2,3,37). Özellikle DTG'nin üç boyutlu traktografileri, normal beyin iç yapısını açığa çıkarmakta ve ilişkilerini değerlendirmemizi kolaylaştırmaktadır (8,25,26). DTG'nin doğru uygulanımı ve değerlendirilmesi ancak postmortem diseksiyon temelli detaylı cerrahi nöroanatomî çalışmalarına bağlıdır.

Serebral korteksin yüzeysel ve derin yapılarının anatomisinin detaylı olarak araştırılması ve bilinmesine karşın, nöral sistemin farklı bölgelerini birbirine bağlayan ak madde lif yolları hakkında hem bilgi eksikliği hem de görüş farklılıkları devam etmektedir.

■ HİPOTALAMUS ANATOMİSİ

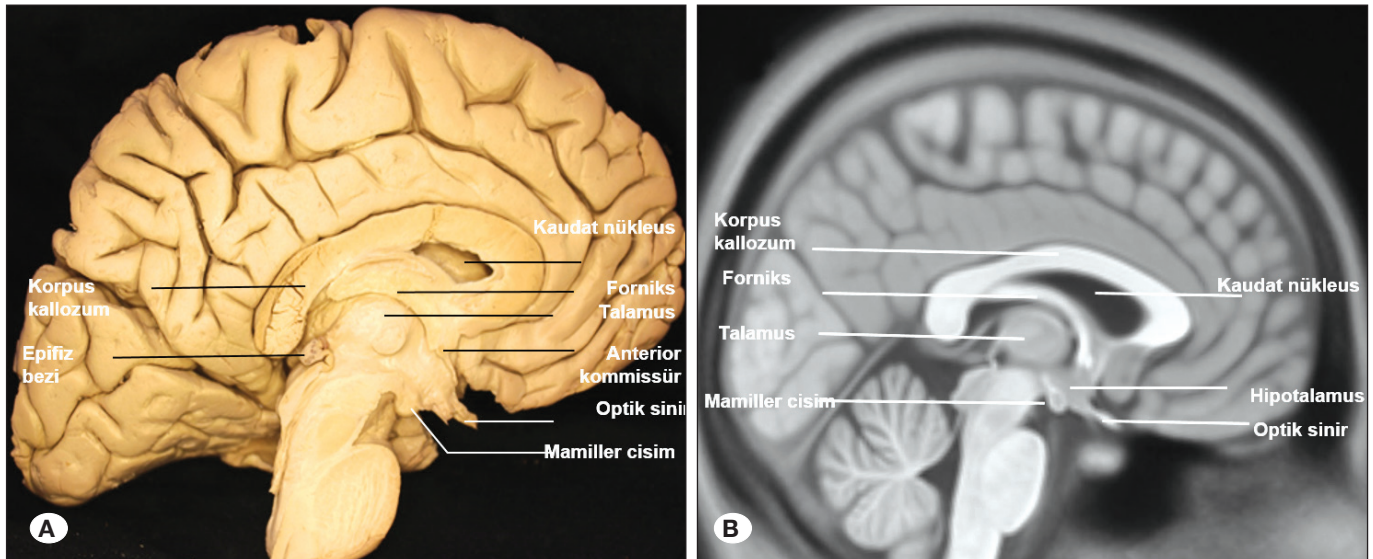
Hipotalamus, diensefalunun en ventral kısmını kapsar ve üçüncü ventrikülün lateral duvarlarına katkıda bulunur (Şekil 1A, B). Ventrikül tarafında üst sınırı, hipotalamik sulkus olan sığ bir oluk ile ayrılmıştır. Hipotalamus kaudali, mezensefalunun periventriküler ve tegmental gri maddesinden geçer. Hipotalamusun rostral sınırı foramen Monro ortasından optik kiazma

hizasından geçer (Şekil 2). Bununla birlikte, hipotalamusun posterior sınırı mamiller cismin posterior sınırından adhezyo intertalamikaya doğru uzanan bir hat şeklinde sınırlandırılabilir.

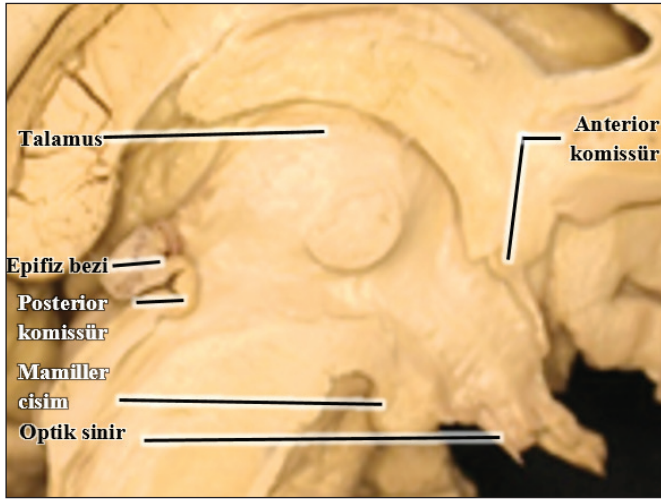
Le Gros Clark (25), preoptik-hipotalamik oluşumu preoptik, supraoptik veya anterior, tuberal ve mamiller olmak üzere dört gruba ayırırken, Crosby ve Woodburne (8) periventriküler, medial ve lateral olarak üç gruba ayırmıştır. Biz ise hipotalamusu kabaca anterior, posterior, süperior, inferior, lateral ve medial olmak üzere 6 kısma ayırdık (24). Bu sınıflandırmayı yaparken anterior komissür (AC) ve posterior kommissür (PC) hattı ile mamillar cismi referans olarak kullandık. Buna göre mamillotalamik traktın iz düşümü ile lateral ve medial sınırları belirlerken, AC-PC hattının aksiyel düzlemdeki iz düşümü süperior ve inferior sınırların belirtilici olarak alındı. Mamillar cismin anterior sınırının ön kısmı anterior hipotalamus olarak ayrılırken arka kısım ise posterior hipotalamus olarak sınıflandırıldı.

Ak madde diseksiyonlarında ilk görülen lif demeti singulum olarak karşımıza çıkar (Şekil 3A, B) (13). Papez döngüsünde önemli bir yere sahip olan ve aynı zamanda davranışsal düzenlemede rol alan singulum medial serebral korteks içerisinde subkallosal korteksi ve parahippokampal girusun ön kısmını bağlayacak şekilde uzanarak hipotalamusun anterolateral kısmı ile bağlantı yapar.

Medial yüzeyden bakıldığı zaman görülen forniks ise yine Papez döngüsünde yer alan hippokampal formasyondan meydana gelen ve septal bölgeye ve hipotalamusa yönelen büyük, kompakt, kemer şeklinde bir demettir (Şekil 3A, B) (1,27,34,35). Özellikle hafıza ile ilgili önemli role sahiptir ve intralimbik girus ve mamillar cisim arasında uzanarak anteromedial hipotalamus ile ilişki kurar. Postkommissural forniks, forniksın inferiora doğru ilerleyerek posteromedial mamiller cisme ulaşan kısmı olarak adlandırılır. Yine forniks gibi hem hafıza denetimi hem de limbik sistem için görevleri olan ve hipotalamusa anteromedialden ulaşan bir yoldur (Şekil 3A, B).



Şekil 1: A) Beynin medialden görünümü ve hipotalamus komşulukları B) Beynin medial kesitine karşılık gelen MR görüntüsü.

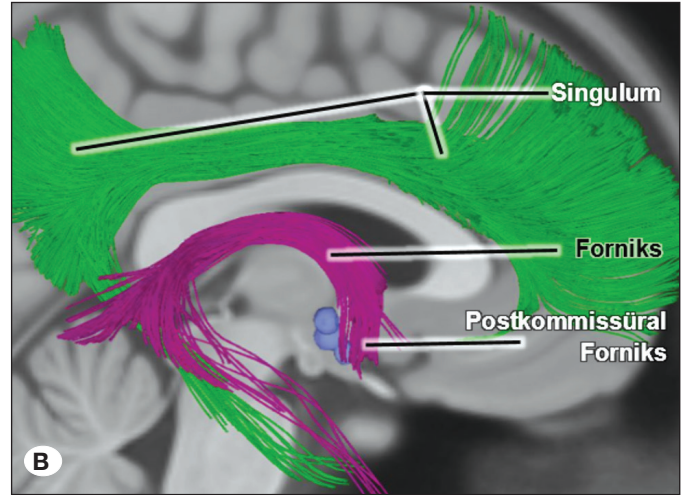
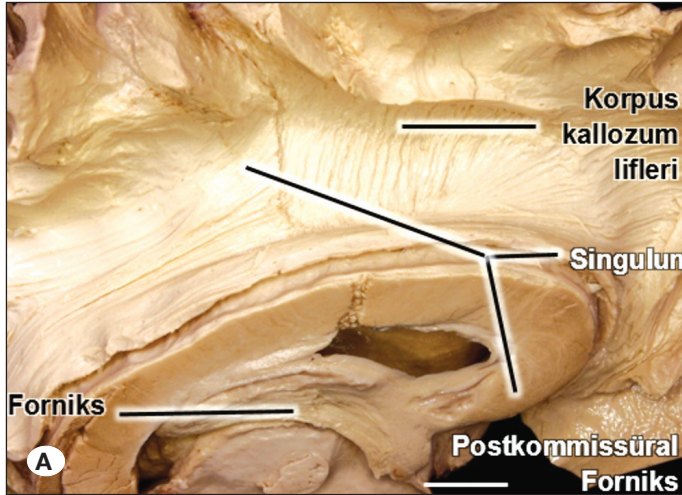


Şekil 2: Beynin medialden yakın görünümü ve hipotalamus sınırları.

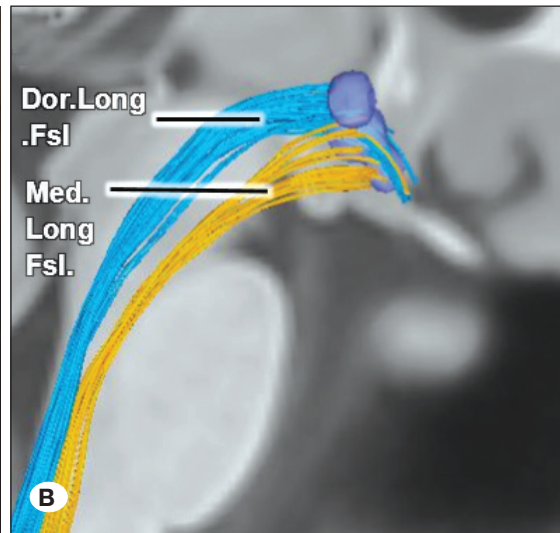
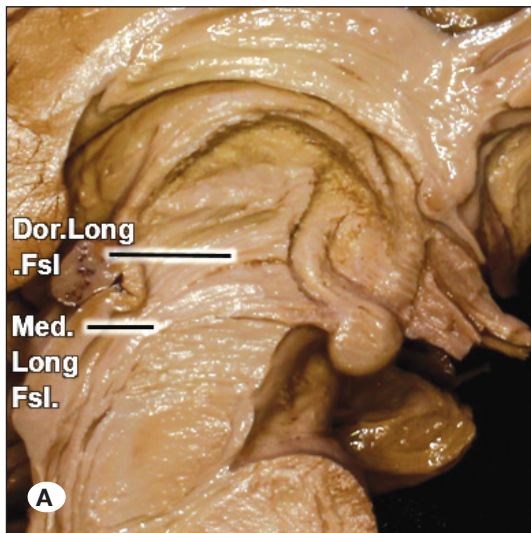
Stria terminalis diğer adı ile dorsal amigdalafugal yol striatotalamik sulkus içerisinde 'C' şeklinde seyrederek amigdalyı, preoptik ve septal alanlarla anteromedial hipotalamusa bağlar.

Mamiller cismin anterolateral yüzeyinden başlayarak talamusun anterior talamik çekirdeğine uzanan mamillotalamik yol ise Papez döngüsünde iletili görev yaparak limbik sistem düzenlenmesinde rol oynayan önemli bir ak madde yoludur ve süperior – inferior hipotalamus arasında uzanım gösterir (Şekil 4A, B).

Mamillotalamik yolun daha inferoposteriorunda kalan diğer yol ise fasikülüs retrofleksusdur. Fasikülüs retrofleksus (Şekil 5) red nükleus, habenula ve interpedünküler nükleusa epitalamustan bağlanır (28). Red nükleus ve epitalamus arasında uzanarak yine direkt olarak posterior hipotalamik alan içerisinde yer alır ve mamillotalamik yol gibi süperior-inferior hipotalamus aksında uzanarak glutamat salınımının düzenlenmesinde rol oynar.



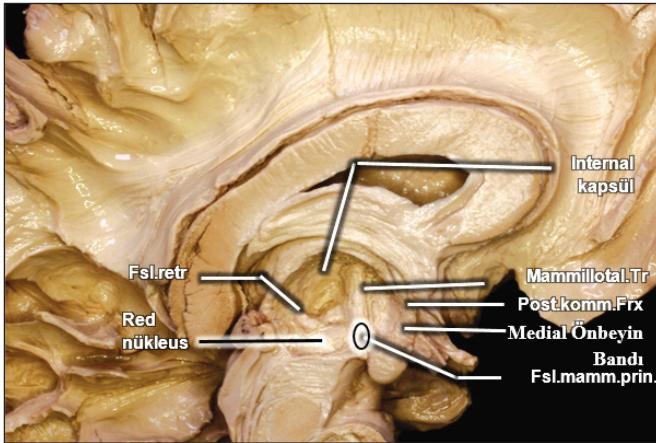
Şekil 3: A) Medial yüzeyde singulum, forniks ve postkommissüral forniksın hipotalamus ile bağlantısı **B)** Şekil A'ya karşılık gelen MR traktografi görüntülemesi. **Yeşil:** Singulum **Mor:** Forniks, Postkommissüral Forniks.



Şekil 4: A) Medial yüzeyde diseksiyon sonrası dorsal longitudinal fasikül, medial longitudinal fasikülün hipotalamus ile bağlantısı **B)** Şekil A'ya karşılık gelen MR traktografi görüntülemesi. **Dor. Long .Fsl:** Dorsal Longitudinal Fasikül **Med. Long Fsl.** Medial Longitudinal Fasikül, **Mavi:** Dorsal Longitudinal Fasikül, **Sarı:** Medial Longitudinal Fasikül.

Bazal veya medial ön beyin demeti (Şekil 5), hipotalamusun anterior, posterior ve lateral kısmını septal alana bağlar. Bazal ön beyin demetinin rostral orijini birden fazladır: koku alma bölgesi, septum, nükleus accumbens, amigdala ve substansia innominata, bunlar hipotalamusun ön kısmından medial forebrain bandı ile anteriordan posterior hipotalamusa ulaşırlar (12). Medial forebrain bandı (MFB) aminergic yolların kontrolünde önemli yer edinmektedir.

Dorsal longitudinal fasikül ipsilateral pontin tegmentum ve ponstan, posteromedial hipotalamusa uzanım gösterir (Şekil 4A, B). Visseral motor ve duyu sinyallerinin iletiminde görev



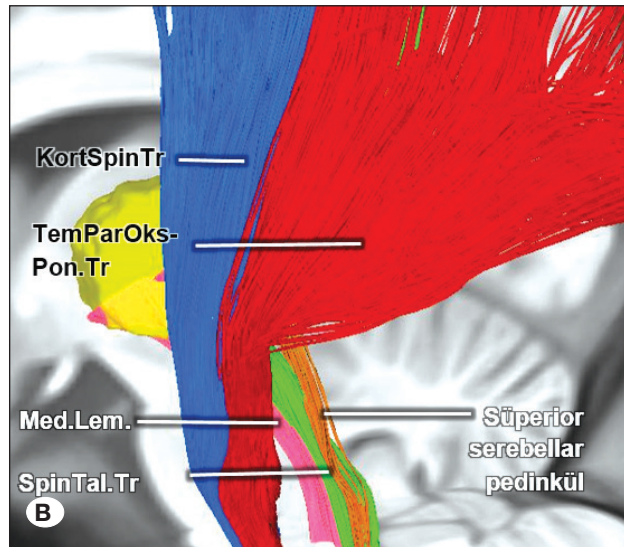
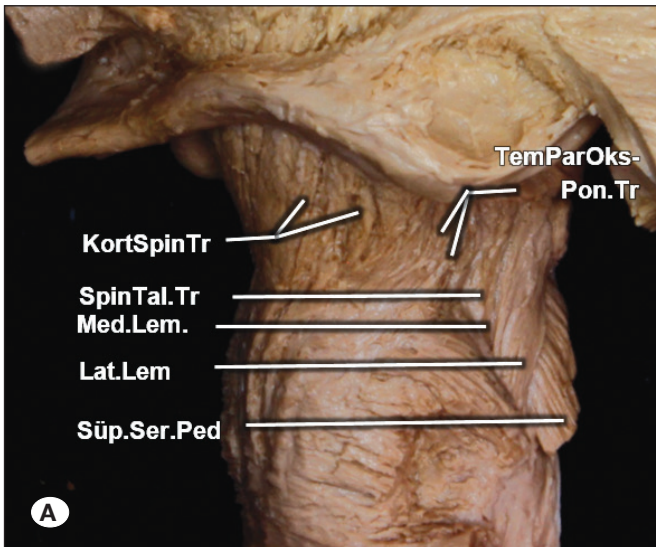
Şekil 5: Medial yüzeyde diseksiyon sonrası retrofleksus fasikül, mamillotalamik yol, mamillaris princeps fasikül ve medial önbeyin bandı hipotalamus ile bağlantısı. **Fsl. Retr.:** Fasikül Retrofleksus Mamillotal. **Tr:** mamillotalamik trakt. **Post. komm. Frx:** postkommissüral forniks. **Fsl. mamm. prin.:** fasikulus mamillaris princeps.

alır. Medial longitudinal fasikül ise periaquaduktal gri madde ve interstisyel çekirdeğe yükselerek (17) posteromedial hipotalamusdan geçer. Gözlerin konjuge hareketini ve ilişkili baş ve boyun hareketlerini koordine eder.

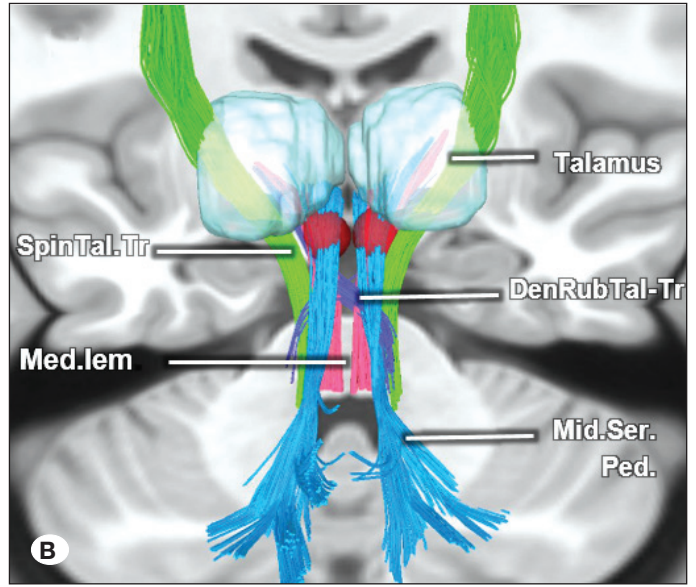
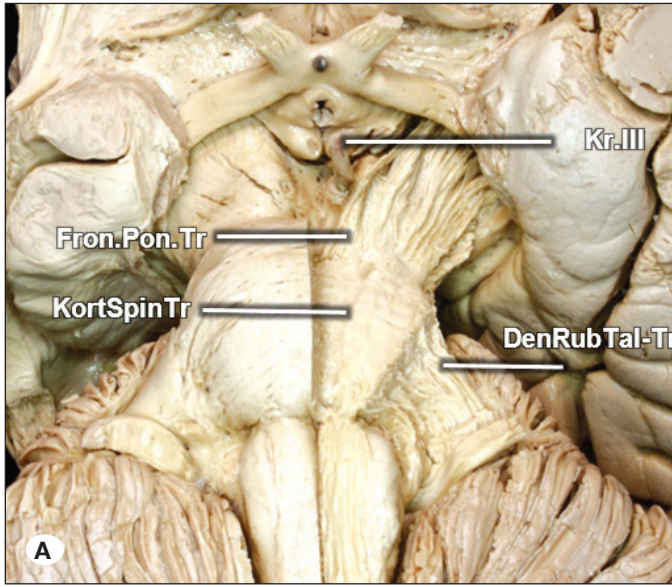
Mamillotegmental fasikül, mamiller cismin principal mamiller fasikülünden ortaya çıkar ve tegmentumda biter (11). Mamillotegmental fasikül posterolateral hipotalamustaki küçük efferent lif demetidir (16). Görevi tam olarak henüz anlaşılmamıştır. Prinsipal mamiller fasikül, mamillotalamik ve mamillotegmental fasikülleri içeren dorsal kısımdan geçen kısa bir birleşim noktasıdır (Şekil 5) (21). Limbik sistem içerisinde görev almaktadır.

İnternal kapsül lifleri, motor ve duysal alan için önemli olan derin bir alt kortikal yapı projeksiyon lifleridir. İnternal kapsül frontopontin yolu, temporo-parieto-occipito-pontin yolunu, kortikospinal yolu, medial lemnisküsü, spinotalamik lifleri ve talamik radyasyon liflerini içerir (Şekil 6A, B). İnternal kapsül 5 parçadan oluşur: ön bacak, genu, arka bacak, retro ve sublentiküler parçalar. Anterior kısım anterior ve süperior frontal talamik radyasyon liflerini ve frontopontin yolunu içerir ve anterolateral hipotalamus ile ilişkilidir. İç kapsülün genusu, kortikospinal yolların ön kısmını ve üst frontal talamik radyasyonların arka kısmını içerir. Arka bacak, kortikospinal yolun arka kısmını, parietal talamik radyasyonları, medial lemnisküsü, spinotalamik yolu içerir. İç kapsülün retrolentiküler kısmı temporo-parieto-oksipito-pontin yolunu ve oksipital talamik radyasyonları içerir (14,36) ve bunlar da hipotalamusun posterolateral kısmı ile ilişki içerisindedirler.

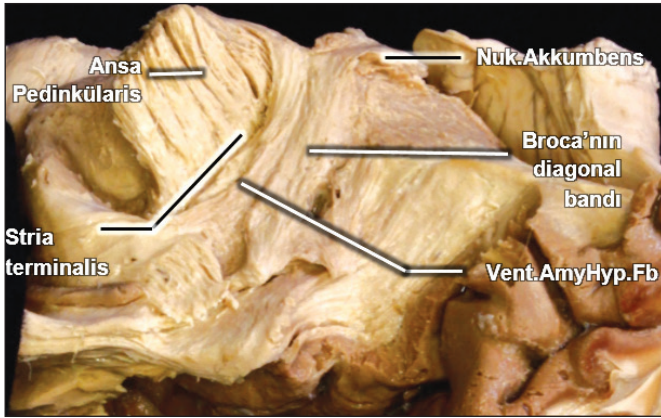
Beyin sapının arka-lateral yüzeyinde, süperior ve inferior kolikülüs, süperior serebellar pedinkül, lateral lemnisküs, medial lemnisküs, spinotalamik yol, temporo-parieto-oksipito-pontin yol yer alır (15).



Şekil 6: A) Lateral yüzeyde beyin sapı yüzeysel diseksiyon sonrası kortikospinal yol, spinotalamik yol, medial lemnisküs, süperior serebellar pedinkül, temporo-parieto-oksipito-pontin yolun gösterilmesi. **B)** Şekil 6'A'ya karşılık gelen MR traktografi görüntülemesi. **Pembe:** Medial Lemnisküs, **Mavi:** Kortikospinal Yol, **Kırmızı:** Temperoparietooksipitopontin Yol, **Yeşil:** Spinotalamik Yol, **Kahverengi:** Süperior Serebellar Pedinkül, **TemParOks-Pon. Yol:** Temporo-parieto-oksipito-pontin, **KortSpinTr:** Kortikospinal Yol, **SpinTal.Tr:** Spinotalamik Yol, **Med. lem:** Medial Lemnisküs, **Lat.lem.:** lateral lemnisküs, **Süp.Ser. Ped:** Süperior Serebellar Pedinkül.



Şekil 7: A) Anterior yüzeyde beyin sapı diseksiyon sonrası dentorubrotalamik yolun gösterilmesi. **B)** Şekil A'ya karşılık gelen MR traktografi görüntülemesi. **Pembe:** Medial Lemnisküs **Yeşil:** Spinotalamik Yol; **Mavi:** Orta Serebellar Pedinkül; **Mor:** Dentorubrotalamik yol; **DenRubTal-Tr:** Dentatorubrotalamik trakt; **Mid.ser.ped:** Orta serebellar pedinkül; **Fron.pon.tr.:** Frontopontin trakt.

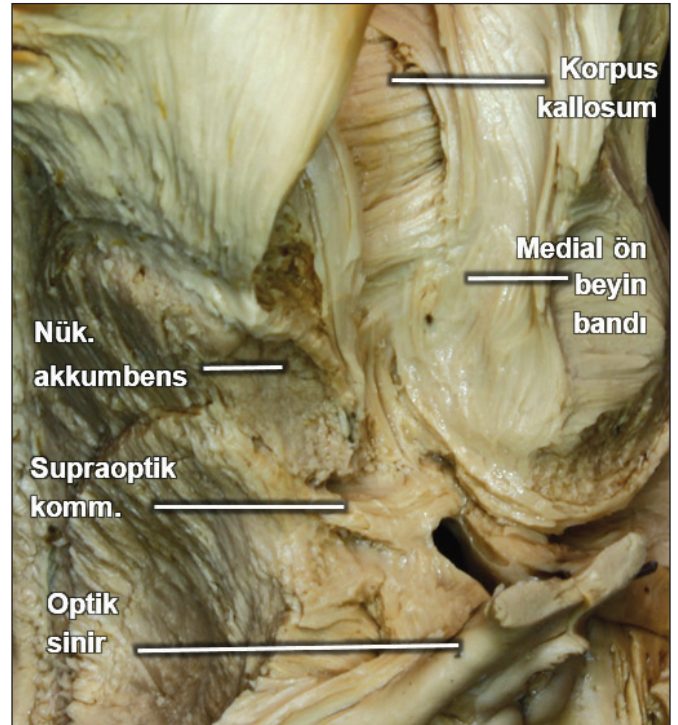


Şekil 8: İnferior yüzeyde diseksiyon sonrası ansa pedinkularis, Broca'nın diagonal bandı, ventral amigdalohipotalamik yol ve stria terminalisin hipotalamus ile ilişkisi. **Vent. Amighip Yol:** Ventral Amigdalohipotalamik Yol.

Süperior serebellar pedinkül, dentat çekirdekten doğar ve kontralateral red nükleus, talamus ve posterior hipotalamusa ulaşır. Dentatorubrotalamik yol ise aynı süperior serebellar pedinkül gibi dentat nükleustan yükselir ve karşı taraf red nükleusa ulaşarak posterolateral hipotalamustan geçerek, bilateral alt ekstremite kontrolünün sağlanmasında görev alır (Şekil 7A, B).

Medial lemnisküs grasilis ve küneatus çekirdeklerinin yükselen bir demetidir ve medulla oblongatada çaprazlaşarak ve talamusun ventral posterior çekirdeğinde bittikten sonra, hipotalamusun posterolateral kısmından geçerek serebral korteksin postsentral girustan gelen bilgilerin iletimi sağlar.

Frontopontin yol internal kapsül anterior bacağında ve antero-lateral hipotalamusta uzanır ve frontal lobu orta beyine bağlar.



Şekil 9: Oblik bakış ile anterior yüzeyde diseksiyon sonrası supraoptik kommissürün karşı hipotalamusa uzanımının gösterilmesi.

Vizüel ve motor hareket kontrolünde görevlidir. Primer motor alan, suplementer motor korteks ve pariyetal lob ile beyin sapı ve omuriliğe doğru uzanan ana yol kortikospinal yoldur ve lifleri internal kapsül genüsünden geçerek posterolateral hipotalamusa uzanır. Ekstremitelerin motor hareketlerini yapabildiğini yönetir.

Spinotalamik sistem iki grup yol içerir; ventral ve lateral spinotalamik sistem. Ventral spinotalamik sistem medulla ve ponstan medial lemnisküse katılır, lateral spinotalamik sistem spinal lemnisküs olarak devam eder ve birlikte talamus duyuşal kortekse kadar uzanır.

Temporo-parieto-okspito-pontin trakt, serebellar pedinkülün lateralinde, arka bacadan internal kapsül içine uzanır ve temporal, parietal, oksipital lobları ponsa bağlar.

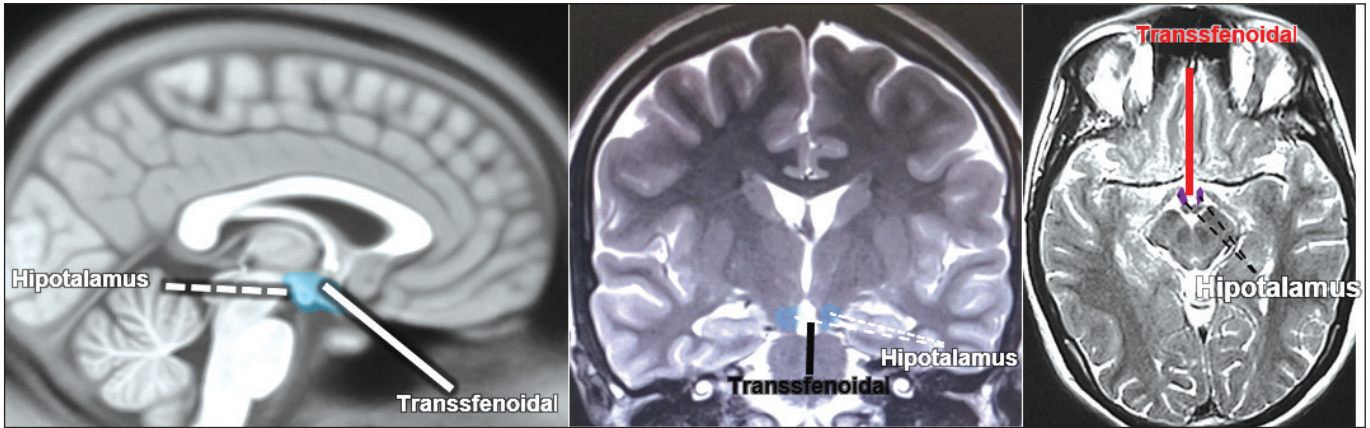
Girus paraterminalisi amigdala ve anterior hipotalamik bölgeyle birleştiren, Broca'nın diagonal bandı ve amigdalanın dorso-medial kısmından preoptiko-hipotalamik bölgeye uzanan ventral amigdalohipotalamik lifleri ise hipotalamusun anteromedial kısmı ile ilişkili olup duyuş ve davranışların düzenlenmesinde görev alan liflerdir (Şekil 8) (18). Optik sinirin süperiorunda ise supraoptik komissür (Şekil 9) bulunur ve karşı hipotalamus, substansiya innominata, subthalmus, lateral genikülât cisim, tektum ve genellikle dorsal lif gruplarını bağlar (28). Hipotalamusun anterolateral kısmı ile ilişkilidirler.

■ HİPOTALAMUSA CERRAHİ YAKLAŞIMLAR

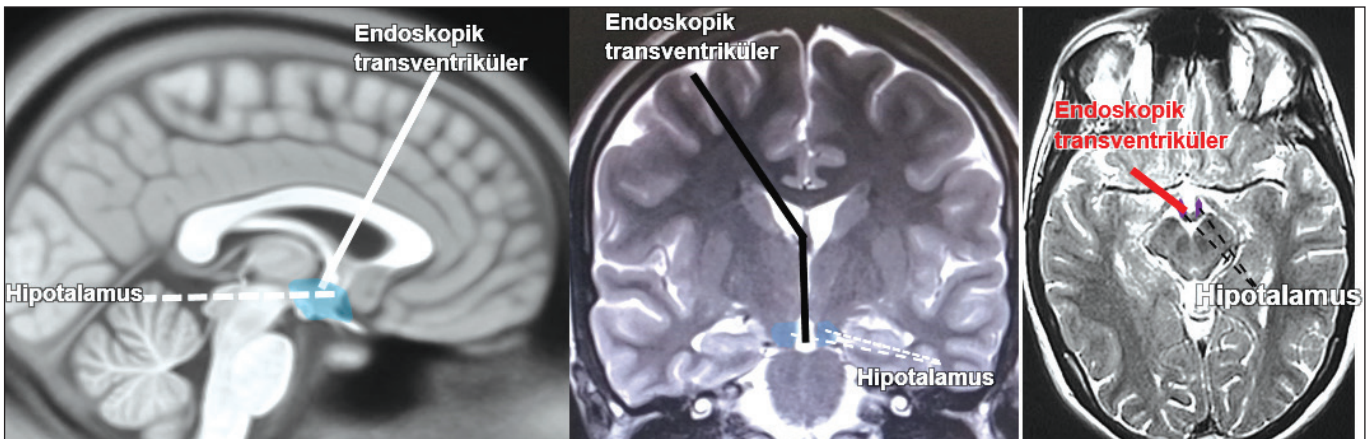
Hipotalamus oldukça elegan bir bölge olması nedeni ile cerrahi

girişimler sonrasında mortalite ve morbidite oranının yüksek olduğu önemli bir alandır. Ancak günümüzde bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans (MR) gibi gelişen radyolojik tetkiklerle beraber özellikle MR traktografinin kullanılabilmesi sonucu ameliyat öncesi cerrahi anatominin daha iyi ortaya konulması, mikrocerrahi tekniklerin gelişimi ve endoskopik yöntemlerin de geliştirilmesi ile artık bu bölgeye daha güvenli yaklaşımlar gerçekleştirilebilmektedir. Bu konuda ak madde yollarının bilinmesi oldukça önem arz etmektedir.

Hipotalamusa cerrahi yaklaşımları üç ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar endoskopik, transventriküler ve kafatabanı yaklaşımlardır. Endoskopik yöntemler transsfenoidal ve transventriküler olarak iki farklı şekilde kullanılabilir (Şekil 10,11). Transventriküler olarak ise transkortikal ve transkallozal olmak üzere iki şekilde cerrahi seçim yapılabilir (Şekil 12, 13). Kafatabanı seçenekleri olarak ise subfrontal, supraorbital, pterional, orbitozigomatik yaklaşımlar mevcuttur. Hipotalamus cerrahilerinde klasik tercih edilen yöntemler transkallozal transventriküler yöntem ve pterional (Şekil 14) yaklaşımdır ancak hipotalamusa cerrahi yaklaşımlarda tek bir yol seçilebileceği gibi kombine yaklaşımlarda tercih edilebilir. Örneğin; Kranio-kaudal yaklaşımlarda infrakiazmatik yüzeyin görüntü-



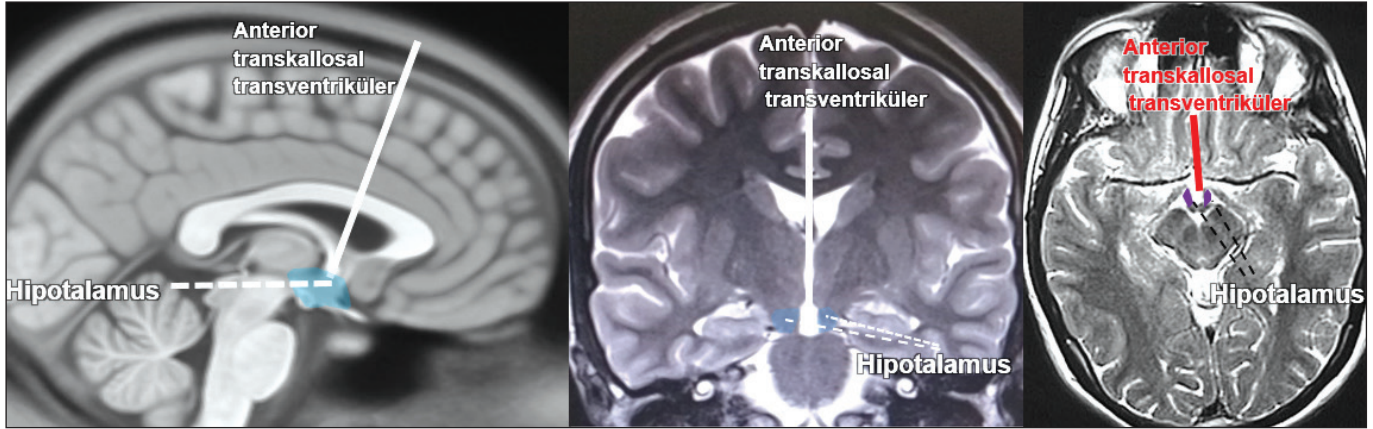
Şekil 10: Hipotalamusa endoskopik transsfenoidal yaklaşımın saggital, koronal, aksiyel MR kesitler üzerinde giriş yolu ve uzanımının gösterilmesi.



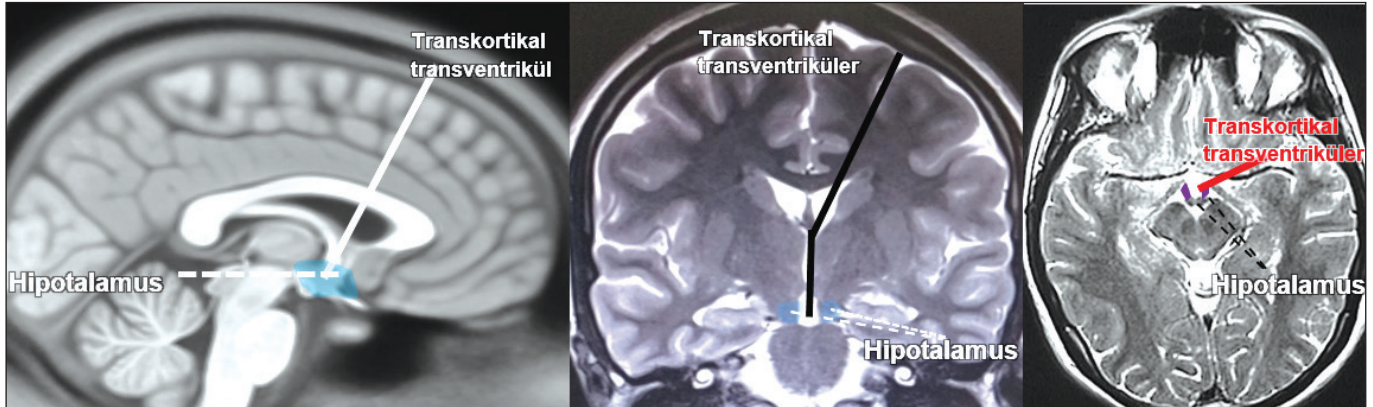
Şekil 11: Hipotalamusa endoskopik transventriküler yaklaşımın saggital, koronal, aksiyel MR kesitler üzerinde giriş yolu ve uzanımının gösterilmesi.

lenmesi zayıftır ve lateral yaklaşımlar ilgili sahanın etrafında normal nörovasküler yapıların manipüle edilmesini gerektirir ya da transsfenoidal mikroskobik ya da endoskopik veya bunların kombine edildiği yaklaşımların tümöre girişim için alanın iyi görüntülenmesine izin vermesi nedeniyle kombine

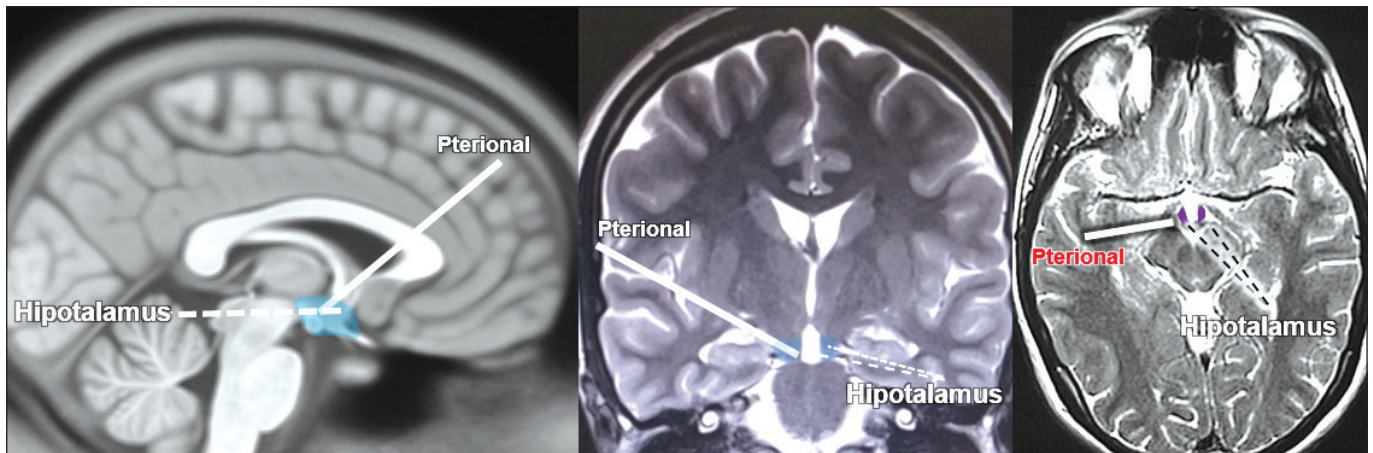
kullanımlarında değerli seçenekler olduğunu belirtmek gerekir (4-6,9,10,22,23,32,33). Özetle; Endoskopik, supraorbital, subfrontal, pterional, orbitozigomatik transkallozal ve transkortikal transventriküler yöntemler tek tek kullanılabileceği gibi kombine olarak yaklaşım da mümkündür (Tablo I).



Şekil 12: Hipotalamusa anterior transkallosal transventriküler yaklaşımın saggital, koronal, aksiyel MR kesitler üzerinde giriş yolu ve uzanımının gösterilmesi.



Şekil 13: Hipotalamusa transkortikal transventriküler yaklaşımın saggital, koronal, aksiyel MR kesitler üzerinde giriş yolu ve uzanımının gösterilmesi.



Şekil 14: Hipotalamusa pterional yaklaşımın saggital, koronal, aksiyel MR kesitler üzerinde giriş yolu ve uzanımının gösterilmesi.

Tablo I: Hipotalamusa Yönelik Seçilebilecek Cerrahi Yollar Avantaj ve Dezavantajları (4-6,9,10,22,23,32,33)

	Avantaj	Dezavantaj	Anatomik yol
Transsfenoidal	Vizüel yaralanma daha az	BOS kaçağı riski yüksek	Anterior orta hat
Subfrontal	Lamina terminalis yoluyla 3. ventriküle girilebilir	Frontal sinüs açılması; perfiks kiazma durumunda güç olabilir	Anterior orta hat
Pterional	Suprasellar sisteme girilebilir	Karşı optiko-karotid üçgen ve karşı retrokarotid aralığın sınırlı görülmesi; 3. ventrikül arkası görülmez	Anterolateral
Orbitozigomatik	Cerrahi aletlerin daha rahat kullanımı	Pterional gibidir	Anterolateral
Transkallosal-transventriküler	Foramen manroe'nun dilatasyonuna bağlı	Ekartasyon yaralanması	İntraventriküler
Transkortikal-transventriküler	Transkallosal yaklaşıma göre ekartasyon yaralanması riski daha düşük	Korteks yaralanması ve Postoperatif nöbet riskinin artması	İntraventriküler

Ventrikül içi yerleşimli daha küçük boyutlarda olan lezyonlar için, lateral ventrikül içerisinden foramen Monro aracılığı ile hipotalamusa ulaşmayı sağlayan endoskopik yöntem kullanımını artıran bir endikasyondur. Transkallosal yaklaşım seçerken lezyonların ventrikül içine uzanması ana kriter olarak alınırken, pterional yaklaşımda ise interpedinküler sisteme doğru uzanım olması dikkate alınır (Şekil 12-14). Orbitozigomatik yaklaşım bilateral yayılım gösteren ve beyin ekartasyonunu minime indirerek daha geniş bir alanda lateral bir açıdan bakma imkanı sağlanmasının istenildiği olgularda tercih edilecek yöntemdir (Şekil 15). İpsilateral lezyonlarda ise supraorbital yaklaşım tek ya da kombine olarak kullanılan bir diğer yaklaşım şeklidir (Şekil 16). Klasik olarak subfrontal yaklaşım (Şekil 17) yapıldığında ise proksimal sylvian fissürü diseksiyonu sonrası internal karotid arter anterior serebral arter ve middle serebral arter serbestleştirilerek ipsilateral optik sinir görülerek ipsilateral optikokarotid pencereden çalışılarak açık bir plan sağlanabilir. Tüm cerrahi sırasında vasküler yapılar özellikle korunmaya dikkat edilmelidir, çünkü anatomik olarak hipotalamus oldukça hayati yapılara komşudur ve bu vasküler yapılar talamus, internal kapsül, kaudat çekirdek, globus pallidus gibi önemli yapıları da eş zamanlı olarak beslemektedir. Cerrahi sırasında hipotalamusun anterior sınırı daha belirgin olmasına karşın posterior rezeksiyon sınırına karar vermek amacı ile mamiller cisim referans olarak kullanılabilir.

Hipotalamus için özellikle derin beyin stimülasyonundan bahsetmek gerekmektedir. Pek çok otonomik kontrolün merkezi olması nedeni ile stereotaktik girişimlerinde önemli bir merkezidir. Derin beyin stimülasyonu (DBS), nöroşürüjünün en hızlı gelişen alanlarından biridir. Derin beyin stimülasyonu, etkinliği, nondestrüktif nonablative özelliği, uyum kolaylığı ve geri dönüşümlü olması gibi avantajlarından dolayı son yıllarda klinisyenlerin lezyon cerrahisini daha az kullanılmasına neden olmaktadır (14).

DBS ile alınan etki; hedefteki düzensiz ve patolojik aktivitenin ortadan kaldırılıp uyarı bağımlı düzenli yerine konulması durumudur. Bu etki aşağıya doğru tüm bazal ganglionlara ve

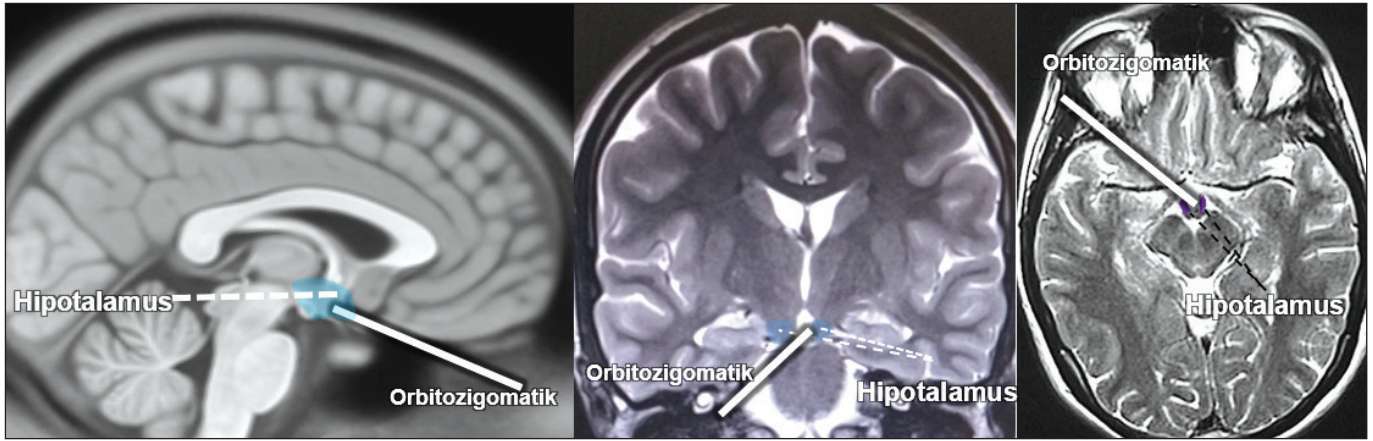
yollara yayılır. Özellikle son dönemlerdeki çalışmalar; uyarılan bölgelere komşu ak madde yolların aktivasyonunun da gözlenen klinik etkilere katkıda bulunabileceğini göstermiştir (19). Özetle DBS uyarılan çekirdeklerden veri çıktısını artırır, kompleks aktivatör ve inhibitör bir modelle komşu yolları aktive ederek hastalık semptomlarının düzelmesini sağlar (20).

DBS planlamaları yapılırken; anteromedial hipotalamus bağlantılı yollar olan Broca'nın diagonal bandı, ventral amigdalahipotalamik lif, stria terminalis, forniks, postkommissüral forniks, anterolateral bağlantılı frontopontin yol, supraoptik kommissür ve singulum yine anterior hipotalamus içerisinde yer alan çekirdeklerden olan anterior hipotalamik çekirdek, paraventricüler çekirdek, suprakiazmatik çekirdek, preoptik çekirdek ve supraoptik çekirdek (30) (Tablo II) ile olan iletişimleri gereği özellikle depresyon, obsesif kompulsif hastalık ve çeşitli davranışsal problemler için DBS açısından anterior hipotalamus hedef olarak kullanılabilir. Yine aynı şekilde posterolateral hipotalamus ile bağlantılı olan fasikülüs mammillaris prinseps, fasikülüs retrofleksus, mamillotalamik trakt, kortikospinal trakt, temporo-parieto-okspito-pontin trakt, medial lemniskus, spinotalamik trakt, dentatorubrotalamik trakt ve medial forebrain bandı ile posterior hipotalamus yerleşimli çekirdekler (30) venteromedial çekirdek, dorsomedial çekirdek, posterior hipotalamik çekirdek, mammiller çekirdek ve infundibular çekirdek (Tablo II) ile olan etkileşim nedeni ile epilepsi, baş ağrısı, hareket bozuklukları, tremor, distoni ve hipertansiyon gibi hastalıkların tedavisi seçiminde DBS için posterior hipotalamusun hedef olarak kullanılmasını sağlar.

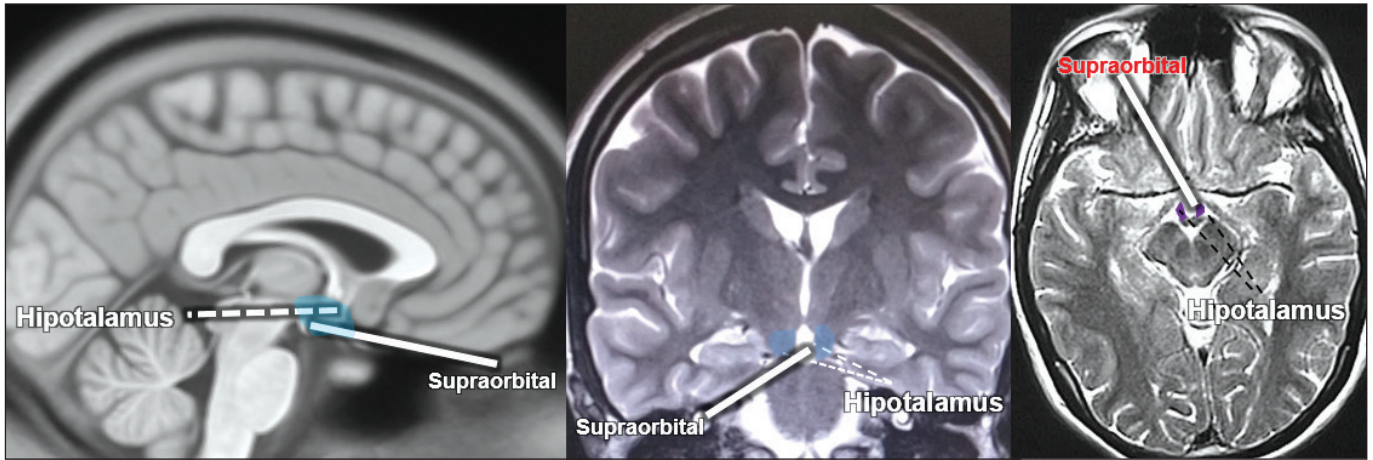
Günümüzde özellikle ak madde yollarının bilinmesi sayesinde küçük ama biz beyin cerrahları için oldukça büyük öneme sahip olan hipotalamusa cerrahi yaklaşım yaparken kendimizin daha güvenli ve rahat şekilde cerrahi tamamlayabilmemizi sağlamaktadır.

■ SONUÇ

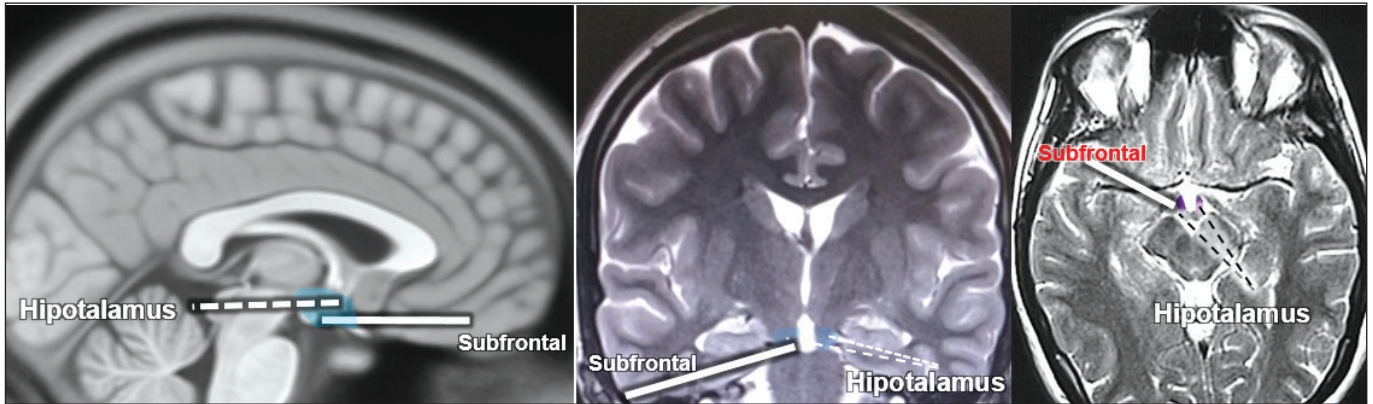
Güncel anatomik ve fizyolojik çalışmalar hipotalamusu çok etkin bir topografik bölge olarak tanımlamışlardır. Beyin sapı



Şekil 15: Hipotalamusa orbitozygomatik yaklaşımın saggital, koronal, aksiyel MR kesitler üzerinde giriş yolu ve uzanımının gösterilmesi.



Şekil 16: Hipotalamusa supraorbital yaklaşımın saggital, koronal, aksiyel MR kesitler üzerinde giriş yolu ve uzanımının gösterilmesi.



Şekil 17: Hipotalamusa subfrontal yaklaşımın saggital, koronal, aksiyel MR kesitler üzerinde giriş yolu ve uzanımının gösterilmesi.

ve serebral korteks yüzeylerini birbirine bağlayan milyonlarca akson hipotalamusa gelerek bu alanda etki göstererek endokrin sistem, duyu durum davranışları, motor hareketlerin kontrolü gibi yüksek kognitif fonksiyonları belirler. Bu nedenle, hipotalamus beynin sinirsel şebekesi içinde küçük lezyonlarla bile birçok sendromların ve ağır sekellerin ortaya çıktığı en hassas beyin bölgelerinden biridir.

Hipotalamus, beyin cerrahları için çok önemli ve karmaşık bir alandır, bu nedenle anatomisinin ve spesifik yollara bağlantısının anlaşılması seçilecek cerrahi yaklaşımların kararı ile yapılacak tedavilerin daha doğru ve güvenli olması mümkündür.

Tablo II: Hipotalamus Çekirdekleri ve Görevleri (30,31)

Nükleus	Lokasyon	Görevler
Paraventriküler	Anterior alan	Otonomik sistemin ana denetleyicisi kortikotropin salgılayan hormon (CRH), oksitosin ve vazopressin salgısı üretir
Suprakiazmatik	Anterior alan	Endokrin, fizyolojik ve davranışsal sirkadiyen ritmi spektrumunu koordine etmek
Preoptik	Anterior alan	Üreme davranışı ve vücut sıcaklığının düzenlenmesi, erkek cinsiyet merkezi, ısı kontrol merkezi
Supraoptik	Anterior alan	Üreme davranışının koordinasyonu, vazopressin salgısı
Anterior hipotalamik	Anteromedial alan	Isı kontrol merkezi, vücut sıcaklığının homeostatik düzenlenmesi, solunum hızı, terleme
Infundibular (Arcuat)	İnferior alan	Doygunluk merkez, sempatik çıkışların düzenlenmesi
Ventromedial	Posteromedial alan	Kadın cinsiyet merkezi, gıda alımının ve vücut ağırlığının düzenlenmesi
Dorsomedial	Posteromedial alan	Tansiyon, kalp atışı ve sindirim sisteminin düzenlenmesi
Lateral Hipotalamik	Lateral alan	Gıda alımını ve vücut ağırlığını düzenlemek
Posterior Hipotalamik	Posteromedial alan	Miyozis, midriyazis ve terleme kontrolü
Mamiller	Posteromedial alan	Uyanma bölgesi, besleme düzenlenmesi

■ TEŞEKKÜR

Çalışmamız için gerekli radyolojik desteği sağlayarak MR traktografilerin çalışılması hususunda yanımızda olan Dr. Pınar Çeltikçi'ye özel olarak teşekkür ederiz.

■ KAYNAKLAR

- Akram H, Miller S, Lagrata S, Hyam J, Jahanshahi M, Hariz M, Matharu M, Zrinzo L: Ventral tegmental area deep brain stimulation for refractory chronic cluster headache. *Neurology* 18:1676-1682, 2016
- Balak N, Balkuv E, Karadag A, Basaran R, Biceroglu H, Erkan B, Tanriover N: Mammillothalamic and mammillotegmental tracts as new targets for dementia and epilepsy treatment. *World Neurosurgery* 110:133-144, 2018
- Baydin S, Gungor A, Tanriover N, Baran O, Middlebrooks EH, Rhoton AL Jr: Fiber tracts of the medial and inferior surfaces of the cerebrum. *World Neurosurgery* 98:34-49, 2017
- Cavallo LM, Solari D, Esposito F, Cappabianca P: The endoscopic endonasal approach for the management of craniopharyngiomas involving the third ventricle. *Neurosurg Rev* 36:27-38, 2013
- Chakrabarti I, Amar AP, Couldwell W, Weiss MH: Long-term neurological, visual, and endocrine outcomes following transnasal resection of craniopharyngioma. *J Neurosurg* 102:650-657, 2005
- Choux M, Lena G: Craniopharyngioma. Ch. 49. In: Apuzzo MLJ (ed), *Surgery of the Third Ventricle*. İkinci baskı, Baltimore: Williams & Wilkins, 1998:1143-1181
- Conturo TE, Lori NF, Cull TS, Akbudak E, Snyder AZ, Shimony JS, McKinstry RC, Burton H, Raichle ME: Tracking neuronal fiber pathways in the living human brain. *Proc Natl Acad Sci U S A* 96:10422-10427, 1999
- Crosby EC, Woodburne RT: The comparative anatomy of the preoptic area and the hypothalamus. *Res Publ Assoc Nerv Ment Dis* 20:52-169, 1940
- Elliott RE, Jane JA, Wisoff JH: Surgical management of craniopharyngiomas in children: Meta-analysis and comparison of transcranial and transsphenoidal approaches. *Neurosurgery* 69:630-643, 2011
- Fahlbusch R, Honegger J, Paulus W, Huk W, Buchfelder M: Surgical treatment of craniopharyngiomas. Experience with 168 patients. *J Neurosurg* 90:237-250, 1999
- Güngör A: Temporo-parietal bileşkenin mikrocerrahi anatomisi ve derin yapılarla ilişkisi (Tıpta Uzmanlık Tezi), İstanbul: Bakırköy Prof. Dr. Mazhar Osman Ruh Sağlığı ve Sinir Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 2014
- Güngör A, Baydin S, Holanda V, Middlebrooks E, Isler C, Tugcu B, Foote K, Tanriover N: Microsurgical anatomy of the subthalamic nucleus: correlating fiber dissection results with 3-T magnetic resonance imaging using neuronavigation. *J Neurosurg* 130(3):716-732, 2018
- Güngör A, Baydin S, Middlebrooks E, Tanriover N, Isler C, Rhoton Jr A: The white matter tracts of the cerebrum in ventricular surgery and hydrocephalus. *J Neurosurg* 126:945-971, 2017
- Hassan A, Ahlskog JE, Rodriguez M, Matsumoto JY: Surgical therapy for multiple sclerosis tremor: A 12-year follow-up study. *Eur J Neurol* 19: 764-768, 2012
- Heath RG: Depth recording and stimulation studies in patients. Winter A (ed), *The Surgical Control of Behavior*. Springfield: Charles C Thomas, 1971:21-37
- Heath RG: Modulation of emotion with a brain pacemaker. Treatment for intractable psychiatric illness. *J Nerv Ment Dis* 165:300-317, 1977

17. Heath RG: Pleasure and brain activity in man: Deep and surface electroencephalograms during orgasm. *J Nerv Ment Dis* 154:3-18, 1972
18. Hofman MA, Swaab DF: Diurnal and seasonal rhythms of neuronal activity in the suprachiasmatic nucleus of humans. *J Biol Rhythms* 8:283-295,1993
19. Hosobuchi Y, Adams JE, Linchitz R: Pain relief by electrical stimulation for the control of facial anesthesia dolorosa and its reversal by naloxone. *Science* 197:183-186, 1977
20. Hosobuchi Y, Adams JE, Rutkin B: Chronic thalamic stimulation for the control of facial anesthesia dolorosa. *Arch Neurol* 29:158-161, 1973
21. Kamada K, Todo T, Morita A, Masutani Y, Aoki S, Ino K, Kawai K, Kirino T: Functional monitoring for visual pathway using real-time visual evoked potentials and optic-radiation. *Neurosurgery* 57 Suppl 1:121-127, 2005
22. Kazan S, Göksu E: Kraniofarenjioma. *Türk Nöroşirürji Dergisi* 23(2):103-111, 2013
23. Komotar RJ, Starke RM, Raper DMS, Anand VK, SchwartzTH: Endoscopic endonasal compared with microscopic transsphenoidal and open transcranial resection of craniopharyngiomas. *World Neurosurg* 77(2):329-341, 2012
24. Kuzucu P: Hipotalamusun ak madde anatomisi (Tıpta Uzmanlık Tezi), Ankara: Gazi Üniversitesi Hastanesi, 2019
25. Le Gros Clark WE: The topography and homologies of the hypothalamic nuclei in man. *J Anat* 70:203-214.3, 1936
26. Loewy AD: Forebrain nuclei involved in autonomic control. *Progr Brain Res* 87:253-268, 1991
27. Mai J, Paxinos G, Voss T: Atlas of the human brain, (3. ed) Amsterdam: Elsevier, 2008
28. Maldonado IL, Moritz-Gasser S, de Champfleury NM, Bertram L, Moulinié G, Duffau H: Surgery for gliomas involving the left inferior parietal lobule: New insights into the functional anatomy provided by stimulation mapping in awake patients. *J Neurosurg* 115(4):770-779, 2011
29. Mori S, Crain BJ, Chacko VP, van Zijl PC: Three-dimensional tracking of axonal projections in the brain by magnetic resonance imaging. *Ann Neurol* 45:265-269, 1999
30. Nieuwenhuys R, Geeraedts LMG, Veening JG: Section II Structure of Spinal Cord and Brain Parts, 1982:292
31. Nieuwenhuys R, Voogd J, van Huijzen C: The Human Central Nervous System, dördüncü baskı, Berlin: Springer-Verlag, 1988:289-322
32. Puget S: Treatment strategies in childhood craniopharyngioma. *Front Endocrinol (Lausanne)* 3:64, 2012
33. Rigante M, Massimi L, Parrilla C, Galli J, Caldarelli M, Di Rocco C, Paludetti G: Endoscopic transsphenoidal approach versus microscopic approach in children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 75:1132-1136, 2011
34. Sandrew BB, Edwards DL, Poletti CE, Foote WE: Amygdalospinal projections in the cat. *Brain Res* 373:235-239,1986
35. Seijo-Fernandez F, Saiz A, Santamarta E, Nader L, Alvarez-Vega MA, Lozano B, Seijo E, Barcia JA: Long-term results of deep brain stimulation of the mamillotegmental fasciculus in chronic cluster headache. *Stereotact Funct Neurosurg* 96(4):215-222, 2018
36. Swaab DF: Biological rhythms in health and disease: The suprachiasmatic nucleus and the autonomic nervous system. In: Appenzeller (ed), The autonomic nervous system, Part 1. Normal functions. Amsterdam: Elsevier, 467-521 (Handbook of Clinical Neurology vol 74)
37. Waxman S: Clinical Neuroanatomy 27/E. Waxman SG, Books-share.com. <https://www.books-share.com/ebook/clinical-neuroanatomy-27-e>. Accessed June 27, 2019