

Frontal Lob Assosiyasyon Yolakları: Kadavra Çalışması

Frontal Lobe Association Pathways: Cadaveric Study

^{ID} Baran BOZKURT^a, ^{ID} Kaan YAĞMURLU^b, ^{ID} Musa ÇIRAK^c, ^{ID} Necmettin TANRIÖVER^d

^aAcıbadem Maslak Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul, TÜRKİYE

^bVirginia Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Charlottesville, ABD

^cBakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul, TÜRKİYE

^dİstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul, TÜRKİYE

ÖZET Amaç: İnsan beyni frontal lob ak madde assosiyasyon yollarının, mikrocerrahi anatomilerinin (uzanımları, başlangıç ve bitiş bölgeleri), birbirleri ile olan ilişkilerinin, literatürde klinik çalışmalar ışığında bilinen özellikle dil fonksiyonları ile birlikte değerlendirilmesi amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışma, Haziran 2013-Ağustos 2014 tarihleri arasında İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nöroşirürji Ana Bilim Dalı Mikrocerrahi-Nöroanatomi Laboratuvarı'nda yapıldı. On adet postmortem insan beyin spesmeni, Klingler metoduna uygun şekilde muamele edildi. Beyin hemisferlerinin lateralden mediale ve doğru ak madde lif diseksiyonları, mikrocerrahi seti ile operasyon mikroskobu altında yapıldı ve her aşama fotoğraflandı. **Bulgular:** Kademeli olarak yapılan ak madde lif diseksiyonu çalışması sonucu, frontal lob ile bağlantılı ak madde assosiyasyon yolları veya frontal lobdaki kısa ak madde yolları literatürde bilinen klinik çalışmalarla korele şekilde gösterildi. **Sonuç:** Ak madde lif diseksiyon çalışması, beyin 3 boyutlu anatomisinin kavranmasında nöroşirürjiyenler için oldukça önemlidir. Anatomofonksiyonel ak madde liflerinin anatomik olarak bilinmesi, pre-intra ve postoperatif klinik "diskonneksiyon sendromları", beyin fonksiyonları ve ak madde tümöral invazyon paternlerinin anlaşılmasında yardımcı olur; cerrahi strateji, preoperatif planlama buna göre yapılır, böylelikle cerrahi morbidite azalır.

Anahtar Kelimeler: Frontal lob; kadavra; mikrodiseksiyon; ak madde; afazi

ABSTRACT Objective: The aim of this study is to evaluate the microsurgical anatomy of human brain frontal lobe association white matter pathways (course, start and target zones), relationships with each other and its potential functional role with reference to clinical trials in the literature. **Material and Methods:** This study was performed between June 2013-August 2014 at Istanbul University Cerrahpaşa Faculty of Medicine, Microsurgery- Neuroanatomy Laboratory of Department of Neurosurgery. Ten postmortem human brain specimens were prepared in accordance with Klingler's method. Brain hemispheres were dissected step by step from lateral to medial and medial to lateral under operating microscope and images were captured at every stage. **Results:** As a results of the white matter fiber dissection step by step, white matter association pathways associated with frontal lobe or short white matter tracts in frontal lobe were shown to correlate clinical studies known in the literature. **Conclusion:** Knowledge of the anatomofunctional role of fiber tracts helps to understand pre-, intra- and postoperative clinical "disconnection syndromes" and white matter tumoral invasion patterns, and may improve presurgical planning and surgical strategy, thereby potentially decreasing surgical morbidity.

Keywords: Frontal lobe; cadaver; microdissection; white matter; aphasia

Duysal-motor entegrasyon anlayışımızdaki yeni gelişmeler, frontal lobun bilinç ve davranış üzerinde benzersiz bir rolü olduğunu düşündürmektedir. Frontal lobdan kaynaklanan uzun lifler ayrıntılı olarak maymunlarda tarif edilmiştir, fakat insanlardaki intralobar yerel bağlantılar hakkında çok az bilgi mevcuttur.^{1,2} Geçmişte yapılan nöroanatomik çalışmalarda, özellikle ak madde yollarının tanımlanması daha çok patolojik durumlarla doğrulanmıştır. Patolojinin varlığı bilinen olgularda yapılan postmortem diseksiyonlar topografik ya da hodolojik lezyonların klinikle olan ilişkisine ışık tutmuştur. Ayrıca, uyanık

dur.^{1,2} Geçmişte yapılan nöroanatomik çalışmalarda, özellikle ak madde yollarının tanımlanması daha çok patolojik durumlarla doğrulanmıştır. Patolojinin varlığı bilinen olgularda yapılan postmortem diseksiyonlar topografik ya da hodolojik lezyonların klinikle olan ilişkisine ışık tutmuştur. Ayrıca, uyanık

Correspondence: Baran BOZKURT

Acıbadem Maslak Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul, TÜRKİYE/TURKEY

E-mail: drbaranbozkurt@gmail.com

Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences.

Received: 24 Apr 2020

Accepted: 04 May 2020

Available online: 07 May 2020

2146-9040 / Copyright © 2020 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

olarak yapılan insan ameliyatlarındaki beyin stimülasyonlarının yanı sıra deney hayvanlarında yapılan beyin stimülasyonları bugünün nörobiliminin gelişmesine ciddi katkılar sağlamıştır.

Ak madde yollarının daha derin anlaşılması, klinik amaçlar için de uygundur. Çok sayıda hastalık ak madde yollarının etkilenmesi ile oluşur, örneğin; multipl skleroz, Alzheimer hastalığı ve normal yaşlanma süreci gibi diğer ak madde anormallikleri ile ilgili henüz net anlayamamış durumlar da mevcuttur. Ayrıca, frontal lobun içerdiği suplamantar motor alan, primer motor alan (M1), Broca alanı (BA) vb. eloquent alanların varlığı, frontal lob cerrahisinde bizleri hem sınırlandırır, hem de bu alanların önemi ve subkortikal bağlantılarının varlığı cerrahi öncesi çok iyi bir planlama yapma gereği doğurur. Bu nedenle, özellikle glioma cerrahisinde bu bölgelerin bağlantıları ve diğer bölgelerle olan bağlantılar mutlaka dikkate alınmalıdır. İki teknik insanlarda ak madde bağlantı yolları üzerinde araştırma yapılmasına izin verir: Postmortem diseksiyon ve difüzyon traktografi (DTI). İki araştırma modeli de belirli sınırlamaları olmasına rağmen, birbirinin tamamlayıcısı oldukları kabul edilmektedir.

Bu anatomik çalışmada, postmortem insan kadavrası beyinde frontal lobun ak madde assosiyasyon bağlantılarının mikrocerrahi anatomisi eşliğinde gösterilmesi, bu bağlantıların özellikle konuşma üretimi ve konuşma bozuklukları ile ilişkilerinin literatür ile birlikte değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, Haziran 2013-Ağustos 2014 tarihleri arasında İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nöroşirürji Ana Bilim Dalı Mikrocerrahi-Nöroanatomik Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Çalışma, anatomik kadavra çalışması olduğundan etik kurul onayı alınmamıştır. Çalışma Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak yapılmıştır. On adet postmortem insan beyin spesmeni, Klingler metoduna uygun olacak şekilde, en az 1 ay %10 formalin solüsyonunda bekletildi. Sonrasında araknoid, pia mater ve vasküler yapılar operasyon mikroskobu altında uzaklaştırıldı ve en az 2 hafta boyunca buzdolabı buz-

luğunda (-15°C) dondurulduktan sonra, 1 saat çeşme suyu altında çözdürüldü.³ Diseksiyonlar arası spesmenler %10 formalin solüsyonu içinde buzdolabı buzlukunda bekletildi. Diseksiyonlar, Zeiss OPMI Pico mikroskop altında x4 ve x40 büyütmede, mikrocerrahi seti (dişsiz pensetler, Rhoton dissektörü, çeşitli boyutlarda metal spatula) ve aspiratör kullanılarak yapıldı.

Serebral korteks aspiratör ve spatula yardımıyla dekortike edildi. Bazı spesmenlerde lateralden mediale diseksiyon yapılırken bazılarında medialden laterale doğru diseksiyon ilerletildi. Spesmenlerin lateral ve medial yüzlerinde, kısa assosiyasyon lifleri alındı (U lifleri) ve uzun majör assosiyasyon liflerine ulaşıldı. Her aşama, Canon EOS 550 fotoğraf makinası 18-55 ve 100'lük mercekler ile 3 boyutlu çekim tekniği kullanılarak fotoğraflandı.

BULGULAR

Korteks aspiratör ve spatula yardımıyla dekortike edildi. Spesmenlerin lateral ve medial yüzlerinde; kısa assosiyasyon lifleri alındı (U lifleri) ve uzun majör assosiyasyon liflerine ulaşıldı (**Resim 1A**).

ASSOSİYASYON LİFLERİ

Superior longitudinal fasikül (SLF); kadavra ak madde diseksiyonu ile orta ve inferior frontal gyrus, inferior parietal lobül, superior ve orta temporal gyrusların altındaki kısa assosiyasyon lifleri alındıktan sonra ortaya çıkar. Diseksiyonumuz esnasında SLF 1'e rastlanılmadı. SLF 2'nin ise oksipital peristriat korteksten (BA 19) başlayıp, dorsolateral prefrontal kortekse (BA 46 ve 9) ve lateral frontopolar kortekse (BA 10) kadar uzandığı saptandı. SLF 3 ise; SLF 2'ye göre inferiorda ve lateralde yerleşip supramarginal gyrustan (BA 40) pars operkularise (BA 44) kadar seyrediyordu (**Resim 1B**).

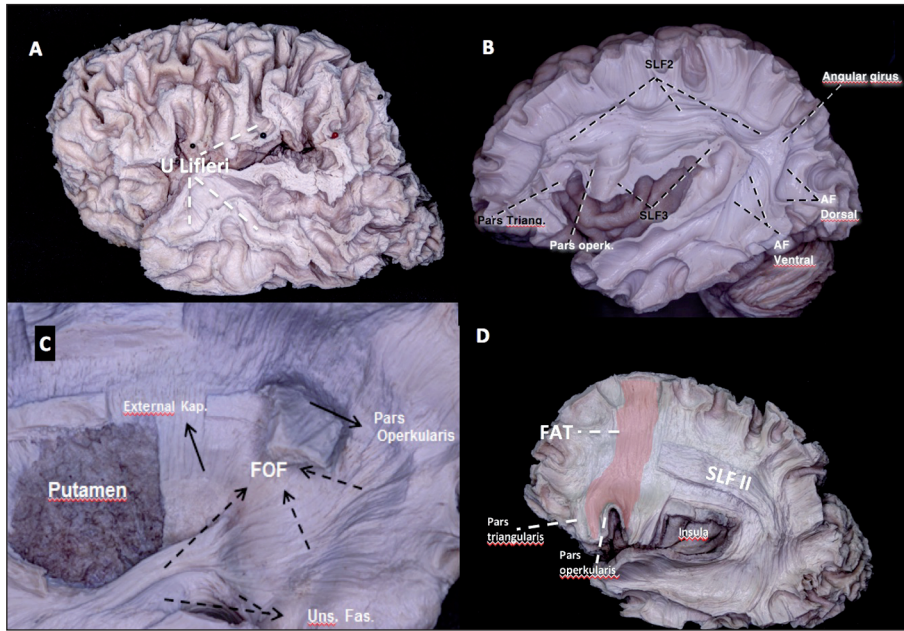
Arkuat fasikül (AF) uzanımları, korteksteği bağlantı bölgeleri, birbirlerine olan konumları gibi anatomik özellikleri dikkate alındığında; AF silvian fissür arkasında vertikal, silvian fissür üzerinde ise horizontal yönelimlidir. AF ventral ve dorsal segmentlere ayrılmıştır. AF-ventral segment supramarginal gyrus ile superior temporal ve orta temporal gyrusun orta arka kısmından başlar, SLF 3 ile birlikte yatay olarak pars operkularise (BA 44) ulaşır. Bu-

nunla birlikte, AF-dorsal segment posteriordan orta temporal ve inferior temporal gyrusa başlar. Açısal gyrus (BA 39) SLF 2 ile pars opercularis'e ulaşır (Resim 1B). Diseksiyonlarımızı ve nörogörüntüleme, lezyon göreve dayalı ve difüzyon tensör görüntüleme (DTI) çalışmalarından elde edilen literatüre dayanarak, AF ventral segmenti fonolojik dil işlemeyle, AF dorsal segmenti ise sözel ve semantik dil işlemeyle ilişkilidir.⁴ AF'nin ventral segmenti klasik AF modeline eş değerdir.

İnferior frontooksipital fasikül (IFOF); limen insulanın düzeyinde, unsinat fasikülün üst kısmında yerleşir; frontal ve oksipital bölgeleri birbirine bağlar. Eksternal kapsül lifleri ile karışır. İlk detaylı tanımı Curran tarafından yapılmıştır. Önde prefrontal korteks ile arkada temporal ve oksipital hornların lateral duvarları boyunca uzanıp oksipitale ulaşır (Resim 1C).

Unsinat fasikül; frontal segment yelpaze şeklinde frontoorbital bölgeye uzanır. Frontal pol alanında her 2 lif demetleri birbirine karışır (Resim 1D).

Frontal aslant trakt (FAT); Literatür bilgisi olarak FAT, superior frontal gyrus posterior kısmı (suplantar motor alan, pre-suplantar motor alan, Brodman-6) ile inferior frontal gyrus posterior kısmı (pars operkularis ve pars triangülarisin bir kısmı, Brodman 44) arasında uzanır.⁵ Bizim diseksiyonlarımızda, superior frontal gyrusun arka kısmında yani SMA ve pre-SMA olarak adlandırılan bölgeden başlanarak, kademeli olarak inferior frontal gyrusun posterior kısmına yani pars operkularise doğru vertikal düzlemde bölge diseke edildi. FAT'nin, SLF 2'ye göre medialde olduğu (SLF 2'nin altından geçtiği) görüldü. Aynı bölgede SLF 2'nin kaldırılmasıyla hemen altında bu 2 bölge arasında lif demetinin sürekliliği ortaya çıktı (Resim 1D).



RESİM 1: A) Sol hemisfer lateralden görünüm. Dekortikasyon sonrası komşu gyruslar arasında uzanan kısa assosiyasyon (U) lifleri görülüyor. **B)** Sol hemisfer lateralden görünüm. Superior longitudinal fasikül (SLF) 3 alındıktan sonra, arkuat fasikülün bölümleri ve superior longitudinal fasikül 2 ile olan ilişkileri görülmekte. Arkuat fasikülün (AF) horizontal ve vertikal olmak üzere iki yönelimi vardır. Arkuat fasikül; dorsal ve ventral segment olarak 2 bölümde incelenebilir: Ventral segment orta temporal gyrusun orta kısmı ve superior temporal gyrusun posterior kısmından başlayıp, supramarginal gyrusa (BA40) ulaşır, SLF 3'ün medialinde, frontoparietal operkulum içinde seyrederek inferior frontal gyrusta sonlanır. AF dorsal segment ise, orta ve inferior temporal gyrusun posterior 1/3'ünden başlayarak, angular gyrusa (BA39) ulaşır, SLF 2'nin ventralinden ilerleyerek orta ve inferior frontal gyrusta sonlanır. **C)** Sağ hemisfer. İnsular korteks ve ekstrem kapsül alındıktan sonra eksternal kapsülde bir kısmı alınmış ve altında putamen görülmektedir. Frontooksipital fasikül ve unsinat fasikül lifleri; eksternal kapsüle katılırlar. **D)** Sağ serebral hemisfer. SLF 2'nin frontal uzanımının kesilip kaldırılmasıyla, superior frontal gyrus (sup. front. gir.) ve inferior frontal gyrus arası vertikal düzlemde kesintisiz devam eden, FAT gözlenmektedir. Böylece FAT'nin, SLF 2'nin medialinden geçtiği görülmektedir. Superior frontal gyrustan itibaren lifler takip edildiğinde inferiorda çoğunlukla liflerin pars operkularise ulaşmakla birlikte, pars triangülarisede ulaştığı gözlemlendi.

SLF: Superior longitudinal; AF: Arkuat fasikül; BA: Brodmann alanı; Triang: Triangularis; Operk: Operkularis; External kap: Eksternal kapsül; FOF: Frontooksipital fasikül; Uns. Fas: Unsinat fasikül; FAT: Frontal aslant trakt.

TARTIŞMA

Ak madde yollarının anatomofonksiyonel bağlantılarının bilinmesi ve korunması nöroşirurjiyenler için önemlidir.⁶⁻⁸ Teorik olarak serebrumdaki her intraaksiyel lezyon, değişik derecelerde beyin ak maddesini etkiler ve inme çalışmalarından bildiğimiz gibi ak madde hasarları kortikal hasarlardan daha kalıcı ve ciddidir. Pre ve postoperatif nörolojik semptom ve sendromların yorumlanmasında; ak madde liflerinin anatomofonksiyonları ve ilişkili diskonneksiyon sendromlarının bilinmesi oldukça önemlidir. Ak madde yollarının anatomisi özellikle serebral glioma cerrahi tedavisi için önemlidir, çünkü gliomalar hem kortikal hem de subkortikal yapıları içerirler; bu yüzden bağlantı liflerini etkilerler, 2. olarak gliomalar ak madde lifleri boyunca yayılırlar.^{2,6,9-11} Frontal lob glioma cerrahisi sıklıkla uyguladığımız bir cerrahi olup, özellikle düşük grade glioma olgularında kitlenin sınırlarının intraoperatif olarak çok net belirlenememesi sebebiyle, frontal lobun fonksiyonel anatomisi ve bağlantı yollarının iyi bilinmesi, hem preoperatif planlamada hem de intraoperatif uygulamalarda, morbiditeyi azaltma ve cerrahinin başarısını arttırmada çok önemlidir.

Klasik Broca afazisinde Broca alanını (sol inferior frontal gyrusta BA44 ve BA45), bu alanı çevreleyen frontal alanlar (BA6, BA8, BA9,10,47 ve 46'nın dış yüzü) ile alttaki beyaz madde ve komşu bazal gangliyayı içine alan yaygın hasar söz konusudur.¹² Hastanın konuşması zahmetli ve genelde yavaştır, kelimeler arasında duraklamalar kelimelerin kendilerinden çok daha sıktır. Normal konuşmaya göre melodik düzenlemenin olmayışı, kelime sayısındaki azalmayla birlikte, bu konuşma tarzını "tutuk" olarak tanımlar. Yine de hastalar belli bir başarıyla sözel iletişimi becerirler.

Wernicke afazili hastalar, cümle tekrarının bozulması, fonemlerin yanlış birleştirilmesi ve isimlendirme bozukluğu açısından; klasik Broca afaziklerine benzerdir, fakat diğer bütün yönlerden tamamen farklıdır. İlk olarak Wernicke afaziklerinin konuşması "akıcıdır" --- eforuz, melodik, normal ya da normalden daha hızlı üretilir. İkincisi, fonem ve kelime seçiminde sık hatalar nedeni ile, konuşmanın içeriği anlaşılabilir. Üçüncüsü, Wernicke afazikleri

duydıkları cümleleri anlamakta zorluk çekerler. Wernicke afazisi genellikle sol işitsel asosiyasyon korteksinin posterior bölgesinin (BA22) hasarı sonucu gelişir. Sıklıkla BA 37, 39, 40 veya her 3'ünün birden tutulumu söz konusudur.¹²

Kondüksiyon afazili hastalar, basit cümleleri anlayabilir ve anlaşılır cümleler kurabilirler. Buna karşın cümleleri kelime kelimesine tekrar edemezler, fonemleri uygun biçimde yerleştiremezler (ve dolayısıyla birçok fonemik parafazi yaparlar), konfrontasyon adlandırma düzeneklerinde nesnelere doğru olarak adlandıramazlar. Wernicke ve Broca alanlarını birbirine bağlayan arkuat fasikül lokalizasyonunda subkortikal derin yerleşimli lezyonlar da oluşur.¹³

Yukarıdaki tüm afazilerden cümle tekrarının normal olması ile ayrılan transkortikal afaziler hakkında bilinenler çok yenidir.¹⁴ Fonksiyonel olarak; AF ventral segmentin tekrarlama, AF dorsal segmentin anlamsal konuşma ve sesin anlaşılması ile ilgili olduğu iddia edilmektedir.¹⁵ AF ventral segment hasarında; bilinen klasik kondüksiyon (ileti) tipi afazi görülür. AF dorsal segmentin vertikal düzlemde; Wernicke ve Geschwind alanları arasındaki (superior temporal gyrus BA22 ile inferior parietal lobül BA39,40 arasında) hasarında; transkortikal duysal afazi oluşurken, AF dorsal segmentinin horizontal düzlemde; Geschwind ile Broca alanları arasında (inferior parietal lobül BA39,40 ile inferior frontal gyrus BA44,45) hasarı sonucu transkortikal motor afazi oluşur.¹⁶

Primer progresif afazi (PPA), progresif olarak konuşma fonksiyonlarının bozulmasıyla karakterize bir demansiyel klinik sendromdur. Göreceli olarak diğer kognitif etkilerin tutulumu ve farklı dil bozukluğu paternleri ile seyreden ve 3 farklı klinik fenotiple ayrılmış karmaşık ve heterojen bir sendromdur. Bu 3 fenotip: Tek bir kelime ile anlamının nispeten korunduğu, yazı dili veya konuşulan gramerin diğer yönleri veya söz dizimi anormalliği ile sözel akıcılığın bozulduğu agramatik varyantı, hastalarda tek kelimenin anlaşıldığı anomali ve akıcılığın ve gramerin nispeten korunduğu semantik varyant, ve son olarak hastalarda aralıklı kelime bulma tereddütleri, fonemik parafaziler ve bozulmuş tekrarlamanın görül-

düğü logofenik varyanttır.^{17,18} Traktografi ve Track-Vis tekniği ile yapılan sanal diseksiyon çalışmalarında PPA'lı hastalarda ak madde lif demetinin, projeksiyonlarının kalınlığının azalmış olduğu görülmüştür.¹⁹

FAT için yapısal bozukluklar PPA'nın agramatik grubu için belirgin bulunmuştur. Bu bulgular agramatik PPA'lı hastalarda FAT'nin makro ve mikroyapısal anormallikleri için önemli bir belirteçdir. FAT ile bütün dil ölçümleri, gramer defisiti, tekrarlama, tek kelime ile anlama ölçümleri arasında tam korelasyon bulunamadı. Bu bulgular FAT yolundaki bozuklukların (atrofi, tümör, dejenerasyon... vs.), PPA hastalarında sadece akıcı konuşma bozukluğuna (agramatik varyant) yol açtığını gösterdi.^{19,20}

Unsinat fasikül, inferior frontal gyrus (pars orbitalis), orbitofrontal korteks ile anterior temporal lob'u bağlar. Aynı çalışmada bu yolağın kortikal kalınlıkları PPA'lı hastalar ve kontrol grubu arasında karşılaştırılmıştır. PPA'nın subtipleri ve kontrol grubu arasında unsinat fasikül için akıcılık sayısında önemli istatistiksel farklılıklar görülmüş, semantik varyant hastaları için unsinat fasikülün akıcılık sayısının belirgin olarak düştüğü belirtilmiştir. Çalışmadaki tüm bulgular semantik varyant hastalarının unsinat fasiküllerinde hem hacimsel hem de mikroyapısal anormallik olduğunu göstermiştir.¹⁹

Unsinat fasikül ile total dil bozukluğu, gramer defisiti, tekrarlama bozukluğu, sözel akıcılık ölçümleri arasında bir korelasyon saptanmamıştır. Bu bulgular PPA'lı hastalarda tek kelime anlama ve adlandırma bozukluğunun (semantik varyant) unsinat fasikülün mikro-makro yapısal bozukluklardan kaynaklandığını göstermiştir.¹⁹

Yapılan çalışmalarda, traktografi kullanılarak PPA'lı hastalarda frontal lob bağlantı yollarının yapısal bütünlüğünde önemli bir azalma olduğu gösterilmiştir. Akıcı konuşma ve anlamsal sıralama (semantik) fonksiyonlarının altında, bağlantı yollarının fonksiyonel anatomisinin yattığına dair önemli bir ayrıntı gözlemlendi. FAT anomalisi akıcı konuşmaya dair ölçümler ile korelasyon göstermiş, fakat anlamsal sıralama veya isimlendirme ile göstermemiştir. Bunun tersine, unsinat fasiküle ait ölçümler anlamsal sıralama ile korelasyon gösterip,

akıcı konuşmayla ilgili göstermemiştir. Bu bulgular göstermiştir ki akıcı konuşma ve anlamsal sıralama fonksiyonları farklı yollara bağımlıdır ve her 2'si de inferior frontal gyrusun komşu bölgelerine uzanır. FAT liflerinin hasarı, diğer PPA varyantlarına göre karşılaştırıldığında, özellikle agramatik PPA'da belirgin gözlenmiştir. PPA'nın bu subtipinde, posterior frontal atrofi olması da bu durumu desteklemiştir.^{19,20}

FAT'ye ek olarak, primer progresif afazi sendromunun semantik subtipinde unsinat fasikül öne çıkmıştır. Unsinat fasikül difüzyon değişiklikleri, tek kelime anlama, anlamsal sıralama ve adlandırma fonksiyonu değişiklikleriyle korelasyon göstermiştir. Burada farklı ak madde lif demetlerinin etkilenmesiyle farklı dil kusurlarının ortaya çıkması, PPA sendromunda etkilenen farklı anatomik bölgelere göre farklı semptomlar ve farklı fonksiyon bozuklukları ortaya çıkacağını gösterir. Yine aynı şekilde, Broca'nın farklı bölgelerindeki selektif dejenerasyon veya Broca'nın arkuat fasikül, uncinat fasikül ve FAT ile olan bağlantıları, PPA'lı hastaların heterojenitesini ve aynı alt tipteki hastaların sınıflandırmasındaki ayrışmayı açıklayabilir. Bu durum göstermiştir ki; Arkuat fasiküle ek olarak FAT ve unsinat fasikül yolları da geniş dil ağları modeline dâhil edilerek, bu bulgular ışığında klasik dil anatomisi modeli yeniden değerlendirilmelidir.^{19,20}

SONUÇ

Son yıllarda nörobilim çalışmaları, serebrum içindeki subkortikal bağlantıların yıllardır öne sürülen görüşlerin aksine kortikal uzmanlaşmadan (korteksin hassas bölgelerinin fonksiyonel dağılımı) daha önemli olduğunu göstermiştir. Cerrahi sırasında ak madde yollarının hasarı, kortikal hasar ile karşılaştırıldığında, hastalarda daha ağır kalıcı hasar bırakmaktadır. Bu nedenle ak madde yollarının anatomisinin kapsamlı olarak anlaşılması nöroşirurjikal lezyonların geniş spektrumunda tedavisi için önemlidir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi

bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Necmettin Tanrıöver, Baran Bozkurt; **Tasarım:** Baran Bozkurt, Kaan Yağmurlu; **Denetleme/Danışmanlık:** Necmettin Tanrıöver, Kaan Yağmurlu, Baran Bozkurt; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Musa Çırak, Baran Bozkurt, Kaan Yağmurlu; **Analiz ve/veya Yorum:** Necmettin Tanrıöver, Baran Bozkurt; **Kaynak Taraması:** Baran Bozkurt, Musa Çırak; **Makalenin Yazımı:** Baran Bozkurt; **Eleştirel İnceleme:** Necmettin Tanrıöver, Kaan Yağmurlu, Musa Çırak; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Necmettin Tanrıöver; **Kaan Yağmurlu; Malzemeler:** Necmettin Tanrıöver.

KAYNAKLAR

- Maldonado IL, Mandonnet E, Duffau H. Dorsal fronto-parietal connections of the human brain: a fiber dissection study of their composition and anatomical relationships. *Anat Rec (Hoboken)*. 2012;295(2):187-95. [Crossref] [PubMed]
- Türe U, Yaşargil MG, Friedman AH, Al-Mefty O. Fiber dissection technique: lateral aspect of the brain. *Neurosurgery*. 2000;47(2):417-27. [Crossref] [PubMed]
- Klingler J. Facilitation of the macroscopic preparation of the brain through the freezing process. *Schweiz Arch Neurol Psychiatr*. 1935;36:247-56.
- Yagmurlu K, Vlasak AL, Rhoton Jr AL. Three-dimensional topographic fiber tract anatomy of the cerebrum. *Neurosurgery*. 2015;11(2):274-305. [Crossref] [PubMed]
- 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. [Crossref] [PubMed]
- Duffau H. New concepts in surgery of WHO grade II gliomas: functional brain mapping, connectionism and plasticity--a review. *J Neurooncol*. 2006;79(1):77-115. [Crossref] [PubMed]
- Yaşargil MG. Cerebrum (Telencephalon). In: Yaşargil MG, Adamson TE, eds. *Microneurosurgery: CNS Tumors: Surgical Anatomy, Neuropathology, Neuroradiology, Neurophysiology, Clinical Considerations, Operability*. Vol 4A. 1st ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1994. p.25-80.
- Yaşargil MG, Türe U, Yaşargil DC. Impact of temporal lobe surgery. *J Neurosurg*. 2004;101(5):725-38. [Crossref] [PubMed]
- Yaşargil MG. General considerations: categorization of CNS tumors specific considerations. In: Yaşargil MG, Adamson TE, eds. *Microneurosurgery: CNS Tumors: Surgical Anatomy, Neuropathology, Neuroradiology, Neurophysiology, Clinical Considerations, Operability*. Vol 4A. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1994. p.122-9.
- Burger PC, Heinz ER, Shibata T, Kleihues P. Topographic anatomy and CT correlations in the untreated glioblastoma multiforme. *J Neurosurg*. 1988;68(5):698-704. [Crossref] [PubMed]
- Mandonnet E, Capelle L, Duffau H. Extension of paralimbic low grade gliomas: toward an anatomical classification based on white matter invasion patterns. *J Neurooncol*. 2006;78(2):179-85. [Crossref] [PubMed]
- Damasio H. Anatomical and neuroimaging contributions to the study of aphasia. In: Goodglass, H, ed. *Handbook of Neuropsychology*. Vol. 1. Language. 1st ed. Amsterdam: Elsevier; 1987. p.3-46.
- Tippett DC, Hillis AE. Vascular aphasia syndromes. In: Hickok G, Small SL, eds. *Neurobiology of Language*. 1st ed. Amsterdam: Academic Press; 2016. p.913-22. [Crossref]
- Stewart C, Riedel K. Managing speech and language deficits after stroke. In: Gillen G, ed. *Stroke Rehabilitation: A Function Based Approach*. 4th ed. St. Louis, MO: Mosby Elsevier; 2015. p.673-90. [Crossref]
- Barbieri C, De Renzi E. The executive and ideational components of apraxia. *Cortex*. 1988;24(4):535-43. [Crossref] [PubMed]
- Catani M, Jones DK, Ffytche DH. Perisylvian language networks of the human brain. *Ann Neurol*. 2005;57(1):8-16. [Crossref] [PubMed]
- Mesulam MM. Slowly progressive aphasia without generalized dementia. *Ann Neurol*. 1982;11(6):592-8. [Crossref] [PubMed]
- Gorno-Tempini ML, Hillis AE, Weintraub S, Kertesz A, Mendez M, Cappa SF, et al. Classification of primary progressive aphasia and its variants. *Neurology*. 2011;76(11):1006-14. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Catani M, Mesulam MM, Jakobsen E, Malik F, Matersteck A, Wieneke C, et al. A novel frontal pathway underlies verbal fluency in primary progressive aphasia. *Brain*. 2013;136(Pt 8):2619-28. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Bozkurt B, Yagmurlu K, Middlebrooks EH, Karadag A, Ovalioglu TC, Jagadeesan B, et al. Microsurgical and tractographic anatomy of the supplementary motor area complex in humans. *World Neurosurg*. 2016;95:99-107. [Crossref] [PubMed]