

BÖLÜM 3

Çeviren Beyne Giriş: Sözlü ve Yazılı Çeviriyi Gerçekleştiren Beyin¹

Adolfo M. García

Çeviren: Nazan Müge Uysal²

APA: García, A. M. (2023). Bölüm 3: Çeviren beyne giriş: Sözlü ve yazılı çeviriyi gerçekleştiren beyin (N. M. Uysal, Çev.). *Abant Journal of Translation and Interpreting Studies*, 1(1), 77-102.

3.1. Önce temeli oluşturalım

Alicante'ye bağlı Benidorm kasabası 2013 yılında büyük ün yaptı. Dünyanın pek çok yerinde gazetelerde İspanya'nın geleceğini simgeleyen InTempo isimli 47 katlı gökdelenin inşasındaki usulsüzlüklerle ilgili haberler yer aldı. Projeye ilgili finansal ve politik skandalların ötesinde çoğu yayın organının asıl dikkatini çeken nokta, bu gökdelen projesinde yapılan büyük bir mimarî hataydı: Farklı haber kaynaklarında binanın planında asansör boşluklarına yer verilmemiş olduğu yazılıp çizildi. Bazı gazetecilere göre InTempo, proje planında yapılan yanlışlıkların kurbanı olmuştur.

İlerleyen zamanlarda InTempo'ya dair bu hikâyenin yanlış olduğu beyan edildiyse de gökdelen halen tamamlanabilmiş değil³. Ancak bu olay karmaşık yaratıcı süreçler ile ilgili çalışmalar yapanlar için çok önemli bir durumu gözler önüne serdi: Temel unsurlar en baştan yeterince düşünülmediği takdirde çok büyük bir girişim geri dönüşü olmayacak biçimde zarar görebilir. Bir gökdelenin inşa edilebilmesi için geçerli ve gerekli olan bu bilgi kuramsal modellerin oluşturulmasında da büyük önem taşımaktadır.

InTempo örneğinden çıkarılacak bu ders, güncel bilişsel çeviribilim araştırmalarında da yankı uyandırmalıdır. Sözlü veya yazılı çeviri süreçlerini açıklamaya çalışan modellerin çoğunda, çeviriyi mümkün kılan bazı temel unsurlar dikkate alınmamaktadır; örneğin çevirinin gerçekleştiği sistemin yapısal özelliklerine, çeviri yapılırken aktif olan dilsel mekanizmalara ve dillerarası yeniden oluşturma süreçlerinin (DYO-interlingual reformulation) bir ön koşulu olan çiftdilliliğe özgü detaylara yeterince değinilmemektedir. Bu temel dayanaklar göz ardı edildiğinde, çeviribilim alanındaki çoğu kavramsal başyapıt doğru yolu göstermekten uzak olacaktır. Sözlü ve yazılı çeviride

Çeviri Kitap Bölümü (Translated Chapter)

Sisteme yüklenme tarihi (Submitted on): 10.06.2023

Kabul tarihi (Accepted for publication on): 08.08.2023

¹ Bu çalışma, Adolfo M. García tarafından kaleme alınan *The Neurocognition of Translation and Interpreting* [Nörobiliş Perspektifinden Sözlü ve Yazılı Çeviri] başlıklı kitabın 3. bölümünü oluşturan "Prolegomena to the translating and interpreting brain" başlıklı bölümün Türkçe çevirisinden oluşmaktadır. Kitap ile ilgili ayrıntılı bilgi için bkz.

García, Adolfo M. (2019). Prolegomena to the translating and interpreting brain. *The neurocognition of translation and interpreting* (pp. 75-97). John Benjamins. <https://doi.org/10.1075/btl.147>

Çeviri için John Benjamins Yayinevi'nden gerekli izinler alınmıştır [Reprinted with kind permission from John Benjamins Publishing Company, Amsterdam/Philadelphia (www.benjamins.com)].

Çevirmen Notu (Ç.N.): Metinde yer alan bilimsel terimlerin çevirilerinde, sinirbilim ve sinirdilbilim alanlarında Türkçe literatürdeki terim kullanımları kontrol edilerek, mümkün olduğunca Türkçe eşdeğer terimler kullanılmaya çalışılmıştır. Böylelikle özellikle bu alanlarda Türkçe literatürde, ödünleme/aktarma yöntemi ile dilimizde oluşturulan eşdeğerliklerin ötesinde, Türkçe terimlerin kullanılmasının yaygınlaşmasına katkıda bulunmak amaçlanmıştır (ör. 'frontal lob' yerine 'ön lob', 'parietal lob' yerine 'yan kafa lobu', 'nöron' yerine 'sinir hücresi' terimleri kullanılmıştır).

² Doç. Dr., Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Yabancı Diller Yüksekokulu, Mütercim ve Tercümanlık Bölümü, İngilizce Mütercim ve Tercümanlık Anabilim Dalı (Bolu-Türkiye), e-posta: mugeuysal@ibu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8983-4367

³ Ç.N.: Kitabın yayımlandığı tarihte (2019) henüz tamamlanmamış olan InTempo 2021 yılında hizmete açılmıştır. (Kaynak: <https://www.trthaber.com/haber/dunya/abn-en-yuksekk-binasi-sonunda-tamamlandi-596935.html>)

genel teorik çerçeve çizilmeksizin ortaya atılan iddialar en iyi ihtimalle eksik ifade edilmiş ve sınanmamış, en kötü ihtimalle de olasılıksız ve yorumlanamaz olmaya mahkûmdur.

Uyarı niteliğindeki bu bilgiler çerçevesinde bu bölümde DYO'ya özgü temel kavramlara ve DYO'nun nörobilişsel özellikleri ile ilgili yorumsal sınırlılıklara odaklanılmaktadır. DYO'nun çalışma prensibi; sözlü ve yazılı çeviri süreçlerinin, beyindeki belirli yapıların organizasyonu, dilsel işlevsel devreler ve çiftdilliliğin nörobilişsel özellikleri vasıtasıyla şekillendiğini göstermektedir. DYO ile ilgili bu bölümde yer alan bilgiler ışığında kitabın 4., 5., 6. ve 7. bölümlerinde ele alınan kavramlar daha iyi anlaşılabilir ve detaylı bir biçimde irdelenebilecektir.

Bu bölümde DYO'ya odaklanılmasının ilk nedeni, bilişsel işlemler ile beyin yapıları ve bu yapıların işlevleri arasındaki ilişkinin rastlantısal olmayışıdır (Kandel 2006, 2013). DYO kavramının biyolojik temelleri ile ilgili herhangi bir varsayımda bulunabilmek için nörolojinin genel prensipleri temel bir referans kaynağı olarak düşünülmelidir. 3.2 "Nöroloji üzerine temel bilgiler" başlıklı bölümün odak noktasını DYO sürecinde rol alan çeşitli beyin bölgeleri ve bu süreçte beyinde gerçekleşen işlemlerin tanımlanması ile ilgili bilgiler oluşturmaktadır. Bu bölümde özellikle bu konulara yeni merak sarmış okuyucuların kitabın ilerleyen kısımlarında yer alan pek çok bulguyu kavrayabilmesi için gerekli olan temel bilgiler sunulmaktadır.

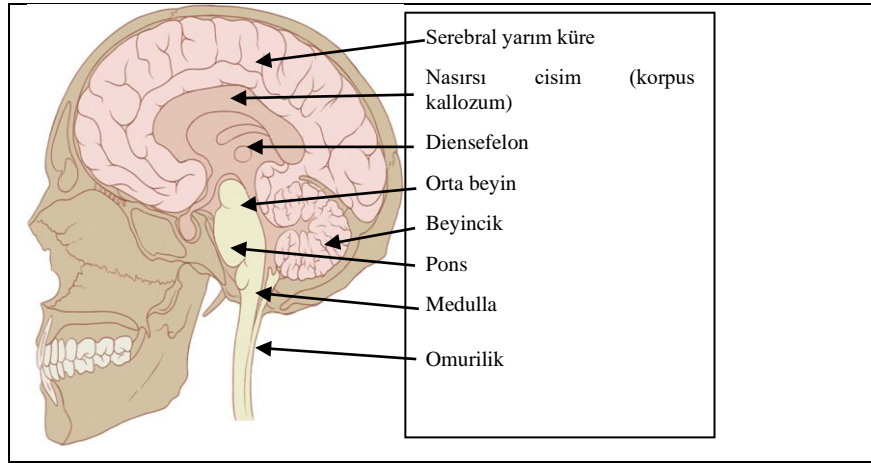
İkinci neden, belirli göstergelerarası biçimler dışında, sözlü ve yazılı çevirinin kapsadığı tüm işlemlerin dilsel mekanizmalara dayanıyor olmasıdır. Beyindeki sinirsel yapılanmalar çerçevesinde düşünüldüğünde, DYO süreçleri daha geniş dil sistemlerinin bir parçasını oluşturmaktadır (García, Mikulan ve Ibáñez 2016). Bu yüzden, 3.3 "Sözel beyin" başlıklı bölümde DYO süreçlerinin özelliklerini anlamak için gerekli olan geniş dilsel bağlantı yapısı açıklanmıştır.

Son olarak, doğası gereği DYO çift dil bilen beyinde var olan belirli özellikler sayesinde meydana gelir. "Çiftdilliliğin çeviri becerisinin altyapısını oluşturduğu" (Shreve 2012: 2) göz önünde bulundurulduğunda, bu becerinin nörobilişsel özelliklerini anlayabilmek için beyinde bir arada bulunan iki farklı dil sisteminin nasıl yönetildiğini kavramak gerektiği ön plana çıkar. Bu nedenle, 3.4 "Tango için bir çift gerekir: Çiftdilliliğin ön koşulu" başlıklı bölümde çiftdillilik ile ilgili araştırmaların temel bulgularına odaklanılmıştır. Bölümde çiftdillilik üzerine yapılan araştırmalara yer verilmesi, çiftdillilik ve bilişsel çeviri araştırmalarının yaklaşması için bir çağrı olarak da değerlendirilebilir (Schwieter ve Ferreira 2017).

Özetle, aşağıda göreceğiniz başlıklarda özellikle sinirbilim ve sinirdilbilim alanlarına çok da aşina olmayan okuyucular için bir nevi giriş niteliği taşıyan bilgiler bulacaksınız. Bu alanlarda yeterli bilgiye sahip olan okuyucular üçüncü bölümü atlayarak kitabın devamında yer alan daha detaylı mevzulara odaklanabilir veya okumaya devam ederek ele alınan kavramlara dair genel bir değerlendirme yapma fırsatı yakalayabilir. Sinirbilim ve sinirdilbilim alanlarında daha fazla bilgi sahibi olmak isteyenler, sinirbilim konusunda Kandel (2013), dilin nörobiyolojisi konusunda Hickok ve Small (2015) ve beyinde çiftdillilik konusunda Hernandez'in (2013) çalışmalarına bakabilir.

3.2. Nöroloji üzerine temel bilgiler

Beyin merkezî sinir sisteminin bir parçasıdır. Kafatasında yer alır, yaklaşık 1 kilo 360 gram ağırlığındadır ve 100 milyardan fazla sinir hücresinden (nöron) oluşur. Beyin konusundaki klasik sınıflandırmada beyni oluşturan ana yapılar miyelsefalon (medulla oblongata-soğanilik-), metensefalon (pons-varol köprüsü- ve serebellum-beyincik-), mezensefalon (orta beyin), diensefalon (talamus ve hipotalamus) ve telensefalon (neokorteks -beyin kabuğu- ve serebral yarım küreler) olarak isimlendirilir. Şekil 3.1'de beynin ortasagittal bölümünde yer alan bu yapılar görülmektedir.



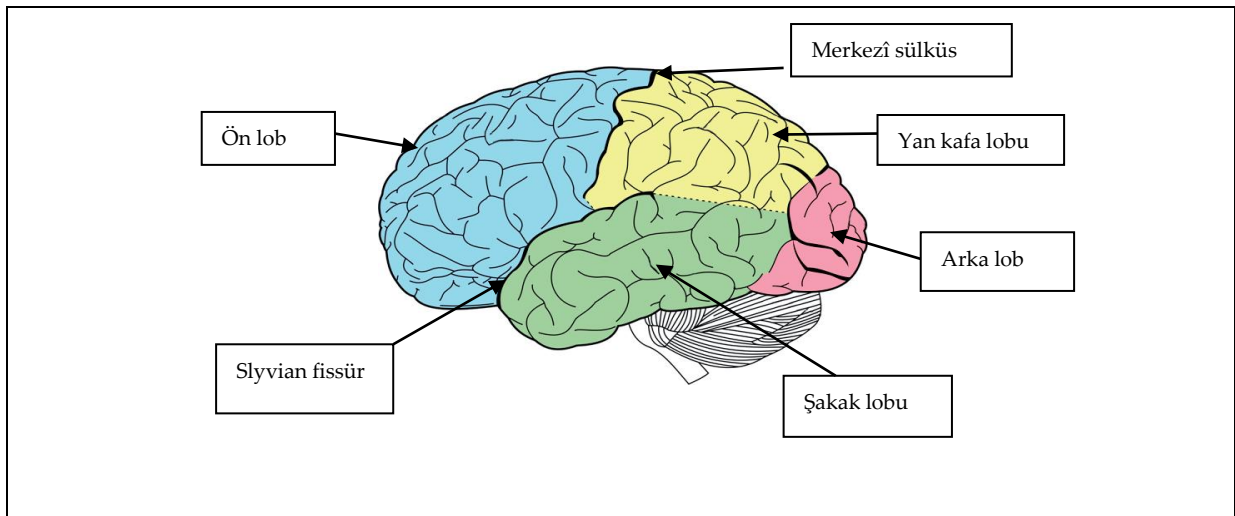
Şekil 3.1 Beynin ortasagittal bölümü

Şekilde, yukarıdan aşağıya serebral yarım küre, nasırsı cisim, diensefelon, orta beyin, beyincik, pons, medulla ve omurilik bölümlerinin şematik görüntüsü verilmiştir.

Serebral yarım kürelerin dış yüzeyi beyin kabuğu olarak, diensefelon ve orta beynin içinde kalan bölgeler korteks altı yapılar olarak adlandırılır. Bölüm 3.2.1 ve 3.2.2'de sırasıyla beyin kabuğu ve korteks altı yapılar irdelenmektedir.

3.2.1. Beyin kabuğu (Neokorteks)

Beyin kabuğu dil işleme ile ilgili en önemli bölgeleri içerir ve serebral yarım küreler olarak isimlendirilen simetrik sayılabilecek iki parçadan oluşur. Boylamsal fissür tarafından ikiye ayrılan beyin kabuğundaki yarım küreler nasırsı cisim boyunca çift yönlü olarak uzun sinir lif demetleri ile birbirine bağlıdır. Her ne kadar bu iki yarım küre insanlarda pek çok fiziksel eylemin gerçekleşmesinde uyumlu bir biçimde çalışsa da her bir yarım kürenin sorumlu olduğu bazı özel işlevler söz konusudur. Dil işleme süreçleri insanların %97'sinde özellikle sol yarım kürede (SOY) gerçekleşmektedir (Springer ve diğerleri, 1999), ancak sağ yarım küre (SAY) de sözel iletişimde önemli rollere sahiptir (Bölüm 3.3'e bakınız). Şekil 3.2'de de görülebileceği gibi, her bir yarım küreyi anatomik olarak tanımlanmış loblar oluşturmaktadır, bu loblar da girüs denilen daha küçük parçalara ayrılmıştır.



Şekil 3.2 Sol yarım kürenin yanal görünümü

Şekilde dört beyin lobunun yanı sıra Sylvian fissür ve merkezî sülküs de gösterilmektedir.

Şekil 3.2’de Sylvian fissür ve merkezî sülküs olarak adlandırılan iki temel yarıklık görülmektedir. Bu yarıklar her iki yarım kürede yer alan geniş bölgelerin sınırlarını çizen anatomik oluklardır. Sylvian fissür, şakak lobunu ön lob ve yan kafa loblarından ayırırken merkezî sülküs, ön lob ve yan kafa lobları arasındaki sınırı oluşturur. Ön lob, merkezî sülküsün önünde Sylvian fissürün üzerinde yer alır ve motor eylemler ile beynin diğer bölgelerinden gelen bilgilerin yönetilmesi ve davranışların planlanması gibi işlevlerden sorumludur. Şakak lobu, Sylvian fissürün arka tarafında alt kısımda yer alır ve bazı özel işlevlere ek olarak işitsel işlemeyi gerçekleştirir. Şakak lobunun üst kısmında, merkezî sülküsün arkasında vücudun her bölgesinden gelen somatosensoriyel bilgilerin işlenmesini sağlayan yan kafa lobları bulunmaktadır. Her iki yarım kürenin en arkasında ise görsel bilgilerin işlenmesinde önemli rol oynayan arka loblar yer alır.

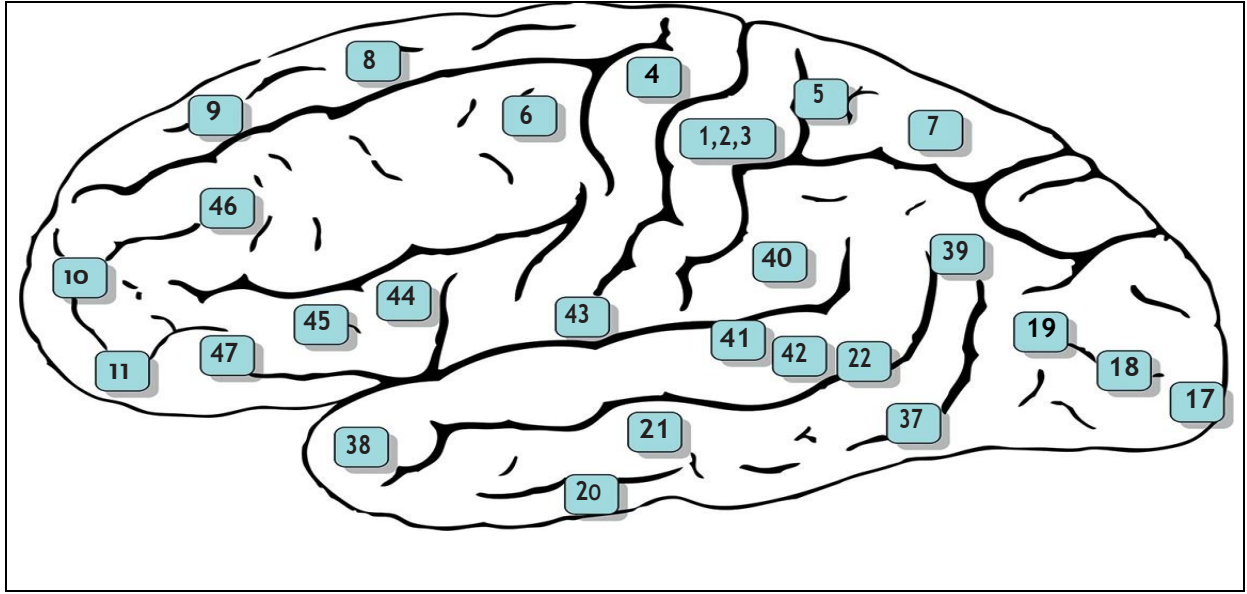
Sol ön loblar ve şakak lobları, dil işleme konusunda fonolojik tanıma, sözcük-anlambilimsel erişim, biçimdzimsel işleme, sesbilimsel üretim ve daha pek çok temel işlevin gerçekleşmesinde oldukça önemli olan bölgeleri içerir (Ardila, Bernal ve Rosselli 2015). Bu bölgeler Sylvian fissürü çevrelediğinden perisylvian bölgeler olarak da bilinir. Sylvian fissürün, dil işlevleri açısından daha baskın olan SOY’da SAY’a nazaran daha uzun ve yatay olduğunu belirtmek gerekir. Ayrıca dil işlemede önemli bazı perisylvian bölgeler (örneğin planum temporale ve pars triangularis) SOY’da daha yoğun gri madde hacmine sahiptir.

Her bir lob kendi içinde farklı bölümlere ayrılır. Özellikle, ön loblar ve şakak loblarında üç ayrı giriş bulunur (alt, orta, üst). Örneğin, üst şakak girişi, şakak lobunda hemen Sylvian fissürün alt kısmında yer alan bölgeyi oluşturur. Orta ve alt şakak girişleri de art arda sıralanmıştır. Her bir lobdaki giriş, belirli görevleri kısmi olarak yerine getirir.

Tüm beyin bölgeleri geniş ölçüde birbiriyle bağlantılıdır. Hiçbir bölge düşünme, görsel-uzamsal algı, hafıza ve dil gibi üst düzey işlevleri yerine getirmek için kendi başına yeterli değildir. Bu tür işlevler, birbirinden mesafe olarak uzak olabilen pek çok nöral yapının uyumlu eylemlerini gerektirir. Ancak bazı bölgeler belirli bilişsel işlemlerin düzgün biçimde gerçekleşebilmesinde önemli rol oynar.

Beynin şaşırtıcı düzeydeki bu bağlantı ağı sinir hücreleri sayesinde gerçekleşir. Sinir hücrelerinin hücre gövdeleri beyin kabuğunda yarım kürelerin dış yüzeyini oluşturur. 3 ila 6 mm kalınlığındaki bu yüzeye gri madde adı verilir. Sinir hücreleri yakın çevrelerindeki komşu sinir hücreleri veya daha uzak mesafedeki hücrelerle iletişim kurabilir. Uzak mesafedeki sinir hücreleriyle iletişim kurulabilmesi, gri maddenin altında bulunan ve beyaz madde olarak bilinen uzun miyelini aksanlar sayesinde mümkün olur. Beyaz madde, bir lob içindeki veya farklı loblardaki hücreler arasında ve hatta bir yarım küreden diğerine doğru bağlantı kurulmasına yardımcı olur. Bunların yanı sıra komşu hücreler arasında da iletişimi sağlar.

Tüm sinir hücreleri bazı ortak özelliklere sahiptir, örneğin hepsinde bir hücre gövdesi, bilginin iletilmesini sağlayan terminallere sahip bir akson ve iletilen bilgiyi alan uzantılarıyla pek çok dendrit bulunur. Bununla birlikte, biçim ve işlevlerine göre farklı şekilde sınıflandırılacak farklı hücre tipleri de mevcuttur. Sinir hücrelerinin fizyolojik ve moleküler açıdan incelenmesi bu bölümün kapsamı dışındadır, ancak bir kabuksal bölgeden diğerine hücre türlerinin dağılımında küçük ancak önemli farklılıklar olduğunu belirtmekte yarar var. Hücre dağılımındaki bu farklılıkların bir haritasını oluşturan ilk bilim insanı Korbinian Broadman (1909) olmuştur. Broadman, insan beyinde, bugün Broadman alanları (BA) olarak isimlendirilen, 52 sitoarkitektonik alan olduğunu saptamıştır. Şekil 3.3’te bu alanlardan bazıları gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Brodman alanlarından bazılarını içeren görsel

Şekilde sol yarım kürede yer alan bazı sitoarkitektonik bölgeler görülmektedir.

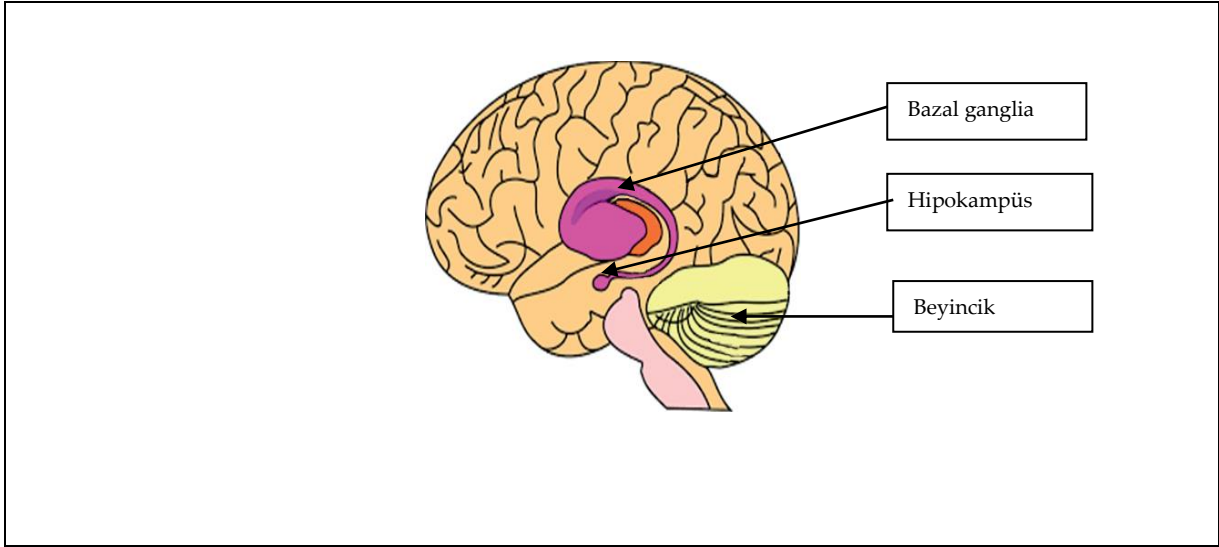
Şekil 3.3'te, BA'ların beyin kabuğu boyunca (ve kabuğun altındaki) yayılımı gösterilmektedir. Bu alanlar hücrelerin gruplandırılmasına göre anatomik yapıları anlamamıza yardımcı olur. Büyük anatomik bölgelere oranla genellikle daha ince damarlı bir yapılanmaya sahip olan BA'lar, hangi bölgelerin belirli bilişsel süreç veya işlevlerde hayati rol oynadığının tespit edilmesini sağlar (Bu noktada bilişsel işlemler ile BA'lar arasında birebir bir ilişki bulunmadığını belirtmek gerekir). Tablo 3.1'de farklı dilsel süreçlerde önemli rolü olan BA'lar listelenmiştir.

Tablo 3.1 Brodman alanları ve yaklaşık olarak bu alanlarla eşleştirilebilecek nöroanatomik bölgeler

Brodman alanları	Yaklaşık olarak nöroanatomik yerleşimleri
BA 44, BA 45	Alt ön girüs (Broca alanı)
BA 4	Ön lob: ön merkezî girüs (birincil motor korteks)
BA 41	Üst şakak girüsü (birincil işitsel korteks)
BA 42, BA 22	Üst şakak girüs alanının arka bölümü
BA 1, BA 3	Yan kafa lobu: arka merkezî girüs (birincil beden-duyu korteksi)
BA 17	Arka lobun arka bölümü

3.2.2. Dil ile ilişkili bazı korteks altı yapılar

Korteks altı yapılar karmaşık ve çeşitlidir. Bu bölümde bu yapıların hepsine odaklanılmamış ancak kitabın farklı bölümlerinde birtakım işlevlerine değinilecek olan üç korteks altı yapıya (bazal ganglia, hipokampus ve beyincik) yer verilmiştir. Bu yapılar Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Dil süreçlerinde görevli bazı korteks altı yapılar

Şekilde bazal ganglia, hipokampüs ve beyinciğin yerleri gösterilmektedir.

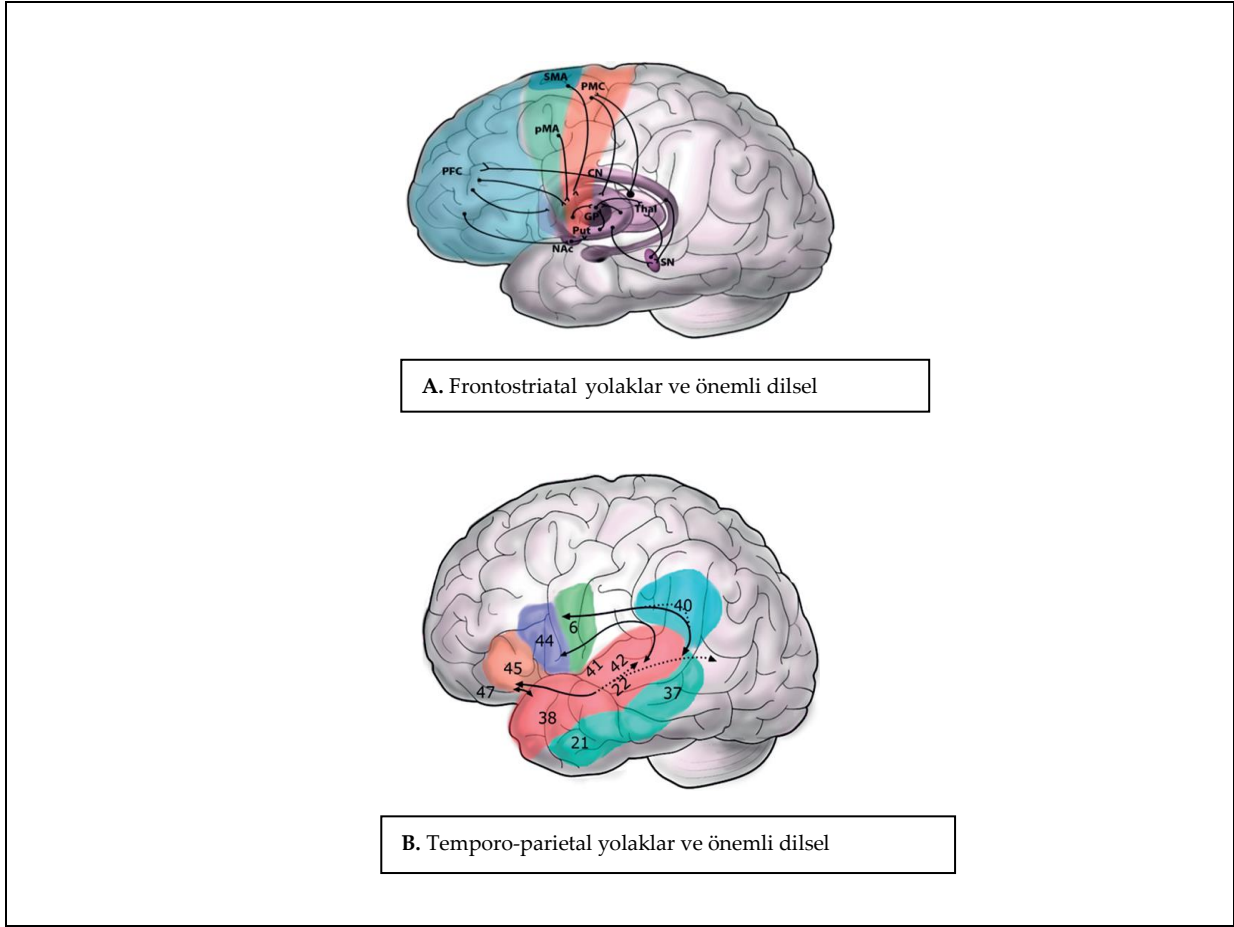
Bazal ganglia; neostriatum (kaudat çekirdeği ve putamen), globus pallidus ve siyah madde (substantia nigra) gibi çeşitli bölümlerden oluşur. Bu yapıların her biri farklı işlevlere sahiptir ancak bazal ganglia genel olarak vücut duruşu, planlama, motor hareketlerin koordinasyonu ve ardışık ve hiyerarşik bilgi örüntülerinin öğrenilmesi süreçlerinde rol oynar. Dil konusunda ise bazal gangliayı oluşturan bu yapılar sözdizim (Birba ve diğerleri 2017), edim (Holtgraves ve McNamara 2010; Monetta ve Pell 2007), sözel akıcılık (Raskin, Sliwinski ve Borod 1992) ve eylem semantiği (Bak 2013; Birba ve diğerleri 2017) alanlarında oldukça önemli işlevlere sahiptir.

Hipokampüs orta şakak lobu içerisinde yer alır. Beyin kabuğundaki pek çok alanla oldukça fazla ilişkilidir. Hipokampüsün temel görevlerinden biri, korteks ve korteks altı yapılara yayılmış olan bilişsel ve duygusal mekanizmalar arasındaki ileti alışverişini düzenlemektir. Ayrıca uzun süreli belleğin oluşumunda oldukça önemli bir role sahiptir çünkü yeni bilgilerin kodlanıp hafızada sağlamlaştırılması hipokampüs sayesinde mümkün olmaktadır. Dil alanında şakak lobları ve hipokampüs arasındaki bağlantılar sözcük-anlambilimsel işlemlerde büyük öneme sahiptir.

Varol köprüsünün (pons) arkasında beyincik yer alır. Oldukça karmaşık bir yapı olan beyincik, hacimsel olarak beyin %10'unu kaplıyor olmasına rağmen beyinde yer alan sinir hücrelerinin %50'sini içermektedir. Bu nedenle piyano çalmak veya oyun kağıtlarını karıştırmak gibi motor hareketlerin kontrol edilmesi ve sıralı olarak yapılmasında beyinciğin görevi büyüktür. Daha genel olarak bakıldığında beyincik, kavramsal bilgilerin beyin diğer bölgelerinde işlenmek üzere araştırılıp bulunmasını sağlar. Dil ile ilgili süreçlerde ise, sözel akıcılık ve kavramsal sıralama işlemlerinin gerçekleştirilmesinin yanı sıra sözcük-anlambilimsel birimlerin sözdizimsel yapılara dönüşmesinde rol oynamaktadır.

3.2.3. Dil ile ilgili sinir devrelerini içeren iki temel beyin bölgesi

Buraya kadar değinilen çeşitli bölgelerin yanı sıra pek çok dil işleminin gerçekleştirildiği iki geniş kortikal ve korteks altı ağ yapısı mevcuttur. Bu ağ yapıları, frontostriatal yolaklar ve bu yolakların projeksiyonları ile şakak lobları ve yan kafa loblarının birleştiği kısım olan temporo-parietal bölgeler ve bu bölgelerin çeşitli alanlarla kurduğu bağlantılardan oluşur. Her iki bağlantı sistemine de Şekil 3.5'te yer verilmiştir.



Şekil 3.5 Sözel işlemede görevli ana frontostriatal ve temporo-parietal yollar

Şekilde frontostriatal yollar (A) ve temporo-parietal yollar (B) tarafından gerçekleştirilen bazı temel dilsel devreler ve bu devrelerin diğer bölgelerle yaptıkları bağlantılar gösterilmektedir.

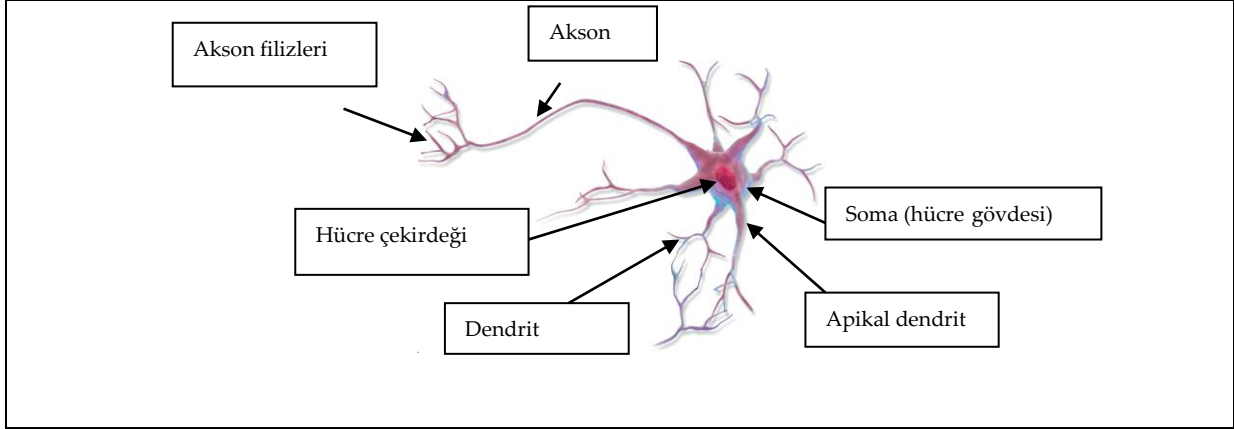
Ön beyin bölgelerinden (prefrontal regions) çıkan frontostriatal yollar bazal gangliadaki yapılarla bağlanır. Bu süreçteki bağlantı noktaları önce kaudat çekirdeği ve putamen, daha sonra globus pallidus ve siyah madde, son olarak prefrontal kortekse geribildirimde bulunan talamus olarak sıralanabilir. Bu frontostriatal ağ yapısı özellikle Broca bölgesinden başlayıp putamene, daha sonra globus pallidus ve talamusa varan ve talamus tarafından tekrar Broca bölgesi ile kurulan bağlantılardan oluşur (Ford ve diğerleri 2013). Bu sistem motor eylemler ve üst-düzye işlevlerin düzenlenmesini sağlayan serotonerjik, noradrenerjik ve kolinerjik girdileri içerir (Tekin ve Cummings 2002). Frontostriatal ağ yapısı sözdizimsel, sesbilgisel-sesletimsel ve anlambilimsel işlemler başta olmak üzere bir dizi dilsel işlemin meydana gelmesinde büyük rol oynar (Bölüm 3.3.1.2’de bu konuya yer verilmiştir).

Şakak loblarında, Sylvian sülküse paralel olarak, üst, orta ve alt temporal girüsler arasındaki anatomik sınırı temsil eden iki ana sülkü yer alır. Özellikle orta temporal girüs, bildirimsel bellek fonksiyonlarının oluşmasını sağlayan hipokampus, dentat girüs, subikular kompleks ve perirhinal, entorhinal ve parahipokampal korteksten oluşan kortikal-korteks altı sistemin bir parçasıdır. Bu bölgeler sırasıyla intraparyatel sulkus ve Sylvian fissürün yatay uzantısı arasında yer alan angular girüs ile yan kafa lobunun alt kısmında bulunan supramarjinal girüs ile doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılıdır. Birbiri ile iletişim içinde olan bu alanların tümü aynı zamanda ön lob bölgeleri ile bağlantı kurar. Beynin ön bölgesi ile kurulan bu bağlantılar ventral ve dorsal yollar olarak bilinen iki temel yolak vasıtasıyla gerçekleşir. Fasciculus uncinatus aracılığıyla oluşan ventral yolak, birincil işitme alanını arka temporal alanlara bağlar. Dorsal yolak, temporal alanları yan kafa lobunun alt kısımları ile birleştirir. Bu iki yolak, her türlü dilsel işlemede farklı düzeylerde görev alıyor olsa da en

önemli işlevlerinin sesbilgisel ve anlambilimsel dil süreçlerinin yürütülmesinde gerçekleştiği söylenebilir.

3.2.4. Sinir hücreleri ve sinapsler

Nörobilişsel faaliyetler hem sinir hücrelerinin hücre içi bağlantıları hem de birbirleri ile kurdukları bağlantılar sonucunda oluşan karmaşık süreçlerdir. Her bir sinir hücresi üç temel yapıdan oluşur: soma (hücre gövdesi), çok sayıda dendrit ve bir adet akson ile bu aksondan dallanarak çıkan uzantılar (bkz. Şekil 3.6).



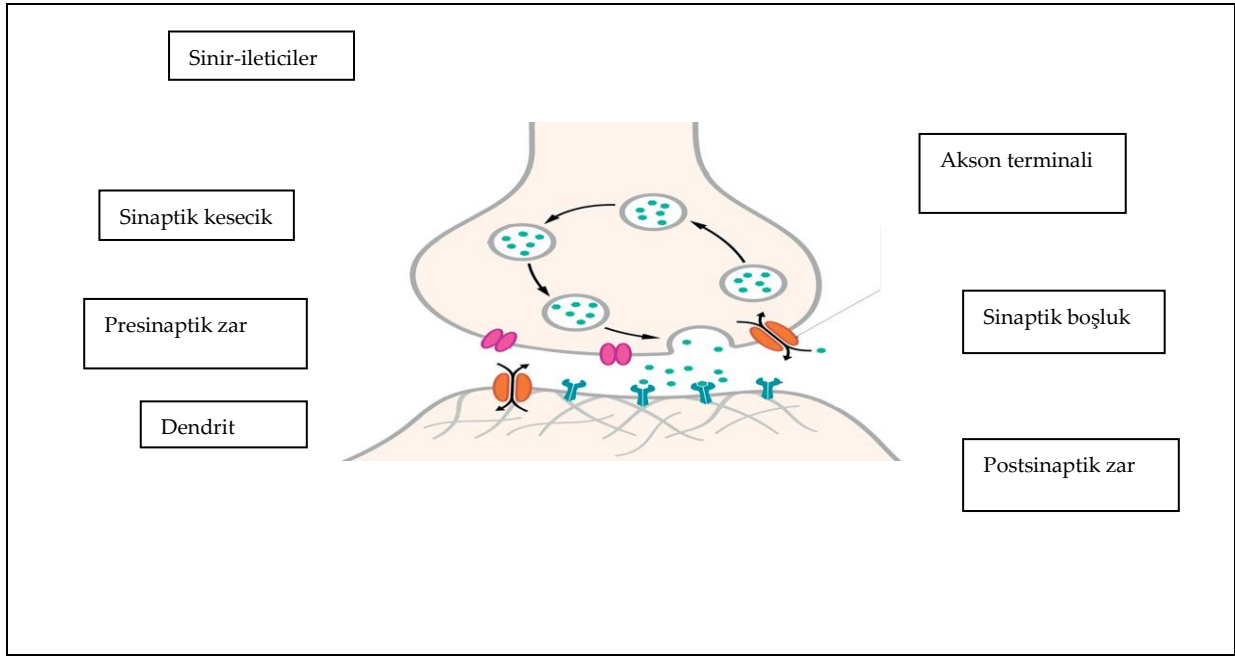
Şekil 3.6 Sinir hücresinin yapısal parçaları

Şekilde piramidal hücrenin hücre gövdesi ve hücre çekirdeği ile akson, akson filizleri ve bazı dendritler görülmektedir.

Hücre çekirdeğinin yer aldığı soma, genetik bilgiyi depolar ve hücrenin hayatta kalması için gerekli olan proteinleri ve diğer molekülleri üretir. Dendritler ve akson ise sinir hücresinin diğer sinir hücreleri ile iletişimini sağlayan sinir lifleri olarak bilinir. Dendritler, diğer sinir hücrelerinden gönderilen uyarıları alan (afferent) uzantılardır. Aksonlar ise sahip oldukları kollateral filizler sayesinde uyarıları diğer sinir hücrelerine ileten (efferent) yapılardır. Aksonlar komşu hücrelere ulaşabildikleri gibi daha uzak mesafedekilerle de bağlantı kurabilir. Bazı aksonların uzunlukları birkaç santimetreyi bulabilir.

Sinir hücrelerinin yapılarından dolayı sahip olduğu iki temel özellik vardır: yakınsama ve ıraksama. Her bir sinir hücresi uyarı gönderen farklı sinir hücrelerinden gelen verileri alabilir (yakınsama) veya pek çok uyarı alan sinir hücresine veri gönderebilir (ıraksama). İki sinir hücresinin birleşme noktasına sinaps adı verilir. Beyindeki her bir sinir hücresi beynin değişik bölgelerindeki diğer binlerce sinir hücresi ile sinaptik bağlantılar gerçekleştirir. DeFelipe ve Farinas'a göre (1992), tipik bir piramidal sinir hücresi ellışer bin kadar uyarı iletilici ve uyarı alıcı sinaptik bağlantıya sahiptir. İnsan zihninin karmaşık bir yapıya sahip olmasının nedeni sinir hücrelerinin bağlantı miktarındaki bu yoğunluktur.

Basit bir biçimde tanımlanacak olursa, sinir hücreleri arasındaki iletişim öncelikle presinaptik zarda yer alan bir sinir-ileticinin (nörotransmitter) belirli moleküllerinin uyarı verici bir sinir hücresi aksonu tarafından salınmasıyla başlar. Daha sonra bu moleküller yaklaşık 20 nm genişliğindeki sinaptik boşluk boyunca ilerleyip dendritlerdeki postsinaptik zara veya uyarı alan sinir hücresinin hücre gövdesine ulaşır. Sinapslarda gerçekleşen bu hücre iletişim süreci Şekil 3.7'de görülebilir.



Şekil 3.7 Sinapsin genel görüntüsü

Şekil, sinaptik kesecikten salınan sinir-ileticilerinin presinaptik zar kanalıyla sinaptik boşluktan geçerek postsinaptik zardaki alıcılara ulaşmasını göstermektedir.

Genellikle sinir-ileticilerin tek bir presinaptik terminalden alınması alıcı sinir hücresinin tepki vermesi için yeterli olmaz. Ancak sinir-ileticiler aynı anda yeterli miktarda uyarı verici bağlantı sonucu oluşturduğu zaman uyarı alan sinir hücresi eylem potansiyeli adı verilen bir elektriksel akım üretebilir. Eylem potansiyeli akson boyunca ilerleyerek diğer alıcı sinir hücrelerindeki hareketliliği artırabilecek bir elektriksel sinyal üretilmesi anlamına da gelir. Böylelikle uyarı alan sinir hücresi uyarı verebilecek bir sinir hücresine dönüşebilir. Sinir hücreleri arasındaki iletişim dalgası basit bir ifadeyle şu sıralama ile oluşur: elektriksel-kimyasal-elektriksel. Aksonlardan gelen elektriksel sinyaller daha önce sinir-ileticiler olarak adlandırdığımız kimyasal maddelerin salınmasına neden olur. Sinir-ileticiler de gerekli koşullar oluştuğunda, uyarı alan bir sinir hücresi ile buluşarak yeni bir elektriksel sinyalin meydana gelmesini sağlar.

Sinir hücreleri arasındaki bağlantılar uyarıcı (excitatory) veya engelleyici (inhibitory) olabilir ve her bağlantı türü farklı sinir-ileticilerinden oluşur. Uyarıcı nitelikteki sinir-ileticileri, uyarıyı alan sinir hücresinde eylem potansiyeli oluşturabilecek ateşlenmeyi sağlar ve birbirine yakın veya uzak mesafede olan sinir hücreleri arasında gerçekleşebilir. Engelleyici sinir-ileticileri ise, uyarıcıların aksine, iletiyi alan sinir hücresindeki aktiviteyi engellemeye çalışır ve genellikle komşu sinir hücreleri arasındaki bağlantılarda görülür.

Uyarıcı bağlantıların gerçekleşmesini sağlayan başlıca sinir hücreleri piramidal ve yıldız biçimindeki stellat (spiny stellate cells) hücrelerdir. Uyarıcı nitelikteki sinir hücreleri çeşitli biçimlerde olabilir. Beyin kabuğunda yer alan en yaygın uyarıcı hücre türleri file hücre (large basket cells), çift buket hücre (double bouquet cells), avize hücre (chandelier cells) ve düz stellat hücrelerdir (smooth stellate cells). Engelleyici bağlantılar akso-aksonik ve akso-somatik olmak üzere iki türdür. Akso-aksonik iki akson arasında gerçekleşen bağlantıyı ifade ederken akso-somatik bir akson ile bir başka sinir hücresinin hücre gövdesi arasındaki bağlantı olarak tanımlanabilir.

Hücre gövdesinin akson ile buluştuğu noktada, hücrede akson tepciği isimli bir yapı oluşur. Uyarı alan sinir hücresine giren sinyaller bu tepecikte toplanır ve biriken sinyallerin yoğunluğu hızlı bir şekilde artar veya sinir hücresinin uyarılma eşiğini geçerse, eylem potansiyeli tetiklenmiş olur (diğer bir deyişle sinir hücresi ateşlenir). Öte yandan hücredeki akım uyarılma eşiğinin altına düşerse, hücre

aktifleşmemiş olur. Uyarıcı ve engelleyici bağlantılar arasındaki temel fark budur. İlk durumda iletiyi alan sinir hücresindeki akım miktarının artması ve böylelikle hücrenin uyarılması söz konusu iken ikinci durumda akım düşmekte ve hücrede eylem gerçekleşmemektedir.

Eylem potansiyeli ya hep ya hiç kuralıyla çalışan bir hücre tepkisidir, diğer bir deyişle eylem potansiyeli bir sinir hücresinde ya tamamen gerçekleşir ya da gerçekleşmez. Kısmi eylem potansiyeli gibi bir kavram yoktur. Ayrıca aksondan ayrılıp aksonun her bir dalında yer alan çok sayıdaki sinapse doğru yol alınırken eylem potansiyelinde herhangi bir azalma olmaz. Tam aksine, alıcı sinir hücresine ait postsinaptik hücre zarında meydana gelen ve hücredeki akımın artmasına veya azalmasına neden olabilecek postsinaptik potansiyeller analog sinyallerdir çünkü hücrede salındıkları andan itibaren geçen süreye ve iletiyi aktaracakları dendritte aldıkları mesafeye bağlı olarak yavaş yavaş sönebilirler.

Sinaptik bağlantının kuvveti zaman içinde değişikliğe uğrayabilir. Daha açık ifade etmek gerekirse, sinaps sık kullanılırsa sinir hücreleri arasındaki bağlantılar kuvvetlenir. Bu durum Hebb prensibi ile açıklanabilir. Hebb prensibine göre, herhangi iki hücre veya hücre yapıları aynı anda tekrar tekrar aktif hale gelirse, birbiri ile eşleşmiş olur. Böylelikle hücrelerden biri ateşlendiğinde diğeri de uyarılmış olur (Hebb 1949: 70). Bu demektir ki bu durumun tam tersi olduğunda da nöronal (sinir hücresel)⁴ bağlantılar zayıflar. Yani iki hücrenin birbirinden bağımsız olarak uyarılması bu iki yapı arasında kurulan ortak bağın zayıflaması anlamına gelir (Tsumoto 1992). Sinir hücreleri arasındaki bağlantının kuvveti, çeşitli biyokimyasal ve yapısal değişikliklerin (sinir hücrelerindeki dendrit dallarının büyümesi gibi) bir sonucudur (Braitenberg ve Schüz 1998; Kandel 2013). Özetle, iki sinir hücresi arasındaki bağlantı bu hücrelerin birlikte uyarılmalarıyla güçlenirken bağımsız ateşlenmeleriyle gücünü yitirir.

Beyin kabuğunun bir başka önemli özelliği ise bu alanda farklı beyin bölgeleri arasındaki bağlantıların karşılıklı olarak gerçekleşiyor olmasıdır. A bölgesinden B bölgesine sinyal gönderen bir grup sinir hücresi varsa, genellikle B'den A'ya sinyal gönderen bir başka sinir hücresi grubu da mevcuttur. Ancak bu noktada, karşılıklı olarak bir yöne doğru (B-A; A-B) gerçekleşen bağlantıları yapan sinir hücrelerinin aynı hücreler olmadığını vurgulamak gerekir. Bu nedenle bağlantı kuran hücreler uyarıcı, engelleyici, kuvvetlendirici ve zayıflatıcı etkilerin olduğu farklı süreçlere maruz kalmaktadır.

3.2.5. Nöronal takım çalışması olarak bilişsel süreçler

Hiçbir sinir hücresi bilişsel bir süreci tek başına yürütebilecek kapasiteye sahip değildir. Tek bir hücre karmaşık bir bilgiyi işleyecek verimliliğe sahip değildir çünkü hücrenin kendi içinde gerçekleşen işlemler hücreyi çevreleyen sinyallerden daha yoğun olabilir (Pulvermüller 2002). Bunun da ötesinde, her bilgi örüntüsü tek bir sinir hücresine bağlı olarak işleniyor olsaydı, hücresel bozulma veya hücre ölümü o kadar hızlı bir düzeyde olurdu ki bilginin uzun süre korunması imkânsız hale gelebilirdi.

Beyin kabuğundaki en düşük işleme biriminin kortikal mini sütunlar olduğu ifade edilmiştir (Mountcastle 1998). Mini sütun, altı tabakalı gri madde boyunca dikey olarak dizilmiş ve birlikte fonksiyonel bir ünite olarak çalışan 100 kadar sinir hücresinden oluşur (Arbib, Érdi ve Szentágothai 1998; Mountcastle 1998). Her bir mini sütun yaklaşık olarak 4 mm uzunluğunda ve 35 µm (mikron ya da mikrometre) çapındadır. Normal bir mini sütundaki sinir hücrelerinin neredeyse %70'i piramidal hücrelerdir, yani uyarıcı bağlantılar yapar. Geride kalan hücrelerin önemli bir kısmı engelleyici bağlantılar yapan hücre grubundandır. Dolayısıyla bir mini sütun diğer mini sütunlara hem uyarıcı hem de engelleyici sinyaller gönderebilir.

Mini sütunların yapısı ve işlevi ile ilgili bilgiler, kediler, maymunlar ve sıçanlar üzerinde yapılan deneylere dayanmaktadır. Hubel ve Wiesel'in çalışmaları (1962, 1977) bu türlerdeki görsel korteks

⁴ Ç.N: Sinir hücreleri ile ilgili/sinir hücrelerine ait anlamına gelen "neuronal" terimi yaygın olarak "nöronal" ifadesiyle karşılık bulmaktadır. Bu ifade yerine, öyküntü yöntemi ile üretilen Türkçe bir eşdeğer olarak "sinir hücresel" ifadesinin kullanımı önerilebilir. Aynı şekilde sinirler ile ilgili/sinirlere ait anlamına gelen "neural [nöral]" terimi için de "sinirsel" ifadesi kullanılabilir; "neurocognition[nörobiliş]" için "sinirbilis" ifadesinin kullanımı önerilebilir.

kıvrımlarının yatay olarak yapılanmış olan kortikal sütunlar biçiminde olduğunu göstermiştir. Birbirini izleyen her bir düzey, daha üst kademelere uyarı göndermek için kendisinden öncekinin özellikleri ile bütünleşir. Bu yüzden bir kortikal yapıda hiyerarşik olarak daha üstte olan katmanlar daha soyut bilişsel ilişkilerin yürütülmesini sağlar. Mountcastle (1998) yaptığı çalışmalarda, kedilerin ve maymunların birincil beden-duyu (primary somatosensory cortex) ve işitme kortekslerini inceleyerek benzer sonuçlara ulaşmıştır. Muhtemelen beyin diğer bölgeleri de bu beyin bölgeleri gibi sütunlar biçiminde yapılanmıştır.

Kedi ve maymunların sahip olduğu korteks yapısı bizim kafatasımızdakine benzer olduğundan sinirbilimciler zaman zaman bu hayvanlar üzerinde yaptıkları çalışmalardan elde ettikleri bulguları insan beyni üzerinde yaptıkları araştırmalarda kullanmaya çalışırlar. Bu hayvanların korteks yapıları ile insan korteksi arasındaki topolojik ve hüresel benzerlikler o kadar fazladır ki sinirbilimcilerin, insanların dilsel, algısal ve kavramsal sistemlerinin hiyerarşik olarak kortikal mini sütunlar biçiminde yapılanmış olduğu varsayımı üzerine çalışmalarına şaşmamak gerekir.

Ancak yine de kedi ve maymun beyni üzerinde yapılan çalışmalardan yola çıkarak dil işleme hususunda hipotezler üretmek, mevcut bilgilere dayalı fazladan, hatta belki abartılı denilebilecek düzeyde, tahmin yürütmeyi gerektirir. Zira dilin barındırdığı birtakım karmaşıklıklar ve işlevsel özellikler diğer türlerde mevcut değildir. Öte yandan, nasıl ki kediler ve maymunlar belirli işlemler için özelleşmiş, örneğin tek bir parmağın uyarılmasıyla ateşlenebilen kortikal sütunlara sahipse, insan korteksinde de mini sütunlar bulunur. Hatta belirli bir görsel uyarının varlığına bağlı olarak tek başına ateşlenebilen sinir hücreleri bile mevcuttur. Bu durum epilepsi hastaları üzerinde araştırmalar yapan Quian Quiroga ve diğerleri (2005) tarafından yapılan çalışmalarda da görülmektedir. Bu çalışmalar, sinir hücrelerinin, Amerikalı oyuncu Jennifer Aniston, efsanevi NBA oyuncusu Michael Jordan veya Pisa Kulesi gibi çok bilindik kavramları işaret eden uyaranlara belirgin biçimde farklı tepki verdiğini göstermiştir.

Bütünleşmiş işleme birimleri olarak çalışan başka tür nöronal sistemler de vardır. Ancak bu sistemlerde beyin farklı alanlarında işlenen bilgiler birleştirilmektedir. İşlevsel bağlantılar bu türden sistemlerin bir örneğidir. İşlevsel bağlantılar birbirinden uzak beyin bölgeleri tarafından işlenen karmaşık bilişsel bilgilerin birleştirilmesini sağlar. KÖPEK kavramını ele aldığımızı düşünelim, bu kavram DÖRT AYAKLI gibi temel olarak arka loblar tarafından işlenen bir görsel algıyı, şakak lobları tarafından oluşturulan HAVLAMAK gibi bir işitsel algıyı ve yan kafa lobları tarafından işlenen beden-duyusal bir algı olan YUMUŞAK TÜYLÜ bilgilerini içermektedir.

Pulvermüller'e göre (2002), bir işlevsel bağlantı, bölgesel olarak sınırları belirli olan ve dinlenme, ateşleme, hazırlama ve yansıma olmak üzere dört eylem durumunu içeren sinir hücrelerinin kapsamlı ve işlevsel mikro sistemleri olarak tanımlanabilir. Dinlenme, bağlantıda kayda değer bir elektrokimyasal eylem olmamasını; ateşleme, bağlantının eylem durumuna geçmesine yetecek miktarda uyarı almasını; hazırlama, bağlantının diğer aktif bağlantılarla iletişime geçmesi sonucu az miktarda uyarılmasını ve son olarak yansıma, bağlantının kendi içinde oluşturduğu eylemi birkaç saniye boyunca koruyabilmesini ifade eder.

Bilişsel bilgi, kortikal mini sütunlar tarafından desteklenmektedir ve işlevsel bağlantılardaki çeşitli işlemlerde farklı sinir hücreleri yer almaktadır. Bu bilgiden yola çıkılarak şu sonuca varılabilir: Yaşamın her döneminde beyindeki sinir hücrelerinin sayısı sınırlı olduğundan her bir bilişsel süreç zorunlu olarak sınırlı sayıdaki sinir hücresi tarafından gerçekleştirilir ve bu sınırlı sayı da her zaman aynı olmak durumunda değildir. Bir sinir hücresi veya sütun, farklı nöral bağlantılar kurabilir, bu da demektir ki değişik bilişsel süreçlerde yer alabilir. Fakat belirli bir işlemi gerçekleştiren sinir hücresi topluluğu genellikle aynı olur, farklı nörobilişsel (sinirbilişsel) bağlantılar arasında muhtemelen bazı kesişmeler de söz konusu olabilir.

3.3. Sözel beyin

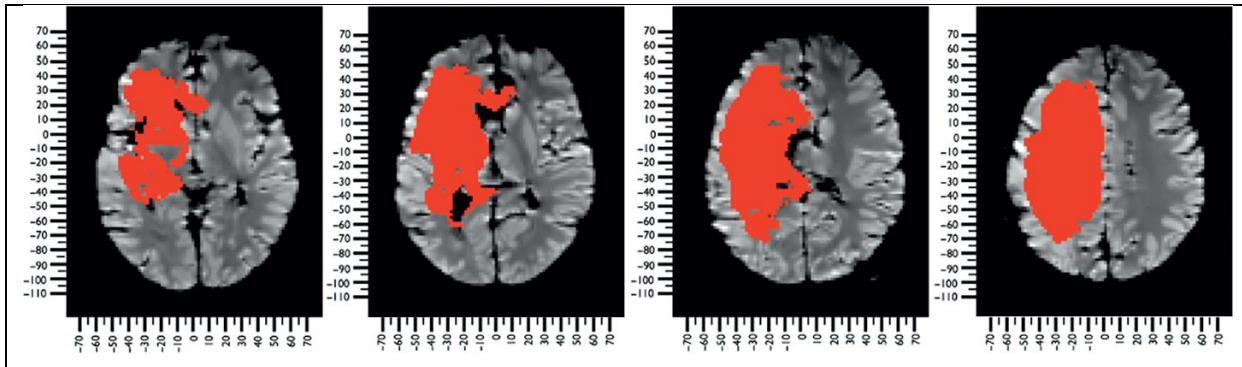
Sözel işleme birbiri ile ilişkili olan fakat işlevleri belirgin bir biçimde ayırt edilebilen nöral bağlantıları içerir. Bu bağlantılar çeşitli dilsel ve edimsel alanlardaki belirli devreleri ve elektrofizyolojik mekanizmaları kapsar. Takip eden alt başlıklarda bu konulara değinilmiştir.

3.3.1. Dilin işlevsel nöroanatomi: Söyleyin bana sözel işleme beynin neresinde?

3.3.1.1. İki yarım kürenin hikayesi

Sinirbilimdeki en önemli bulgulardan biri her bir serebral yarım kürenin dil işleme konusunda farklı görevleri olduğudur (Josse ve Tzourio-Mazoyer 2004). SOY ağırlıklı olarak temel dil işlevlerinden (ör. sesbilimsel ve biçim-sözdizimsel işleme) sorumlu iken SAY bu işlevlere, SOY'a nazaran, daha az katkıda bulunur. SAY da edimsel alanda anahtar roller üstlenir.

Sylvian fissür civarında bulunan temel dil alanları, SOY'da yer alan Broca (44 ve 45 numaralı BA'lar ve 6, 47, 46, 43, 8 ve 9 numaralı BA'ların belirli bölümleri) ve Wernicke (42 ve 22 numaralı yerler ile 21 numaralı BA'nın bir kısmı) bölgelerini kapsamaktadır (Amunts 2008). Ana dil alanlarının bu bölgelerden oluştuğu pek çok çalışma ile doğrulanmıştır. Paul Broca (1824-1880) ve Carl Wernicke (1848-1905) tarafından kaleme alınan öncü raporlarda, sol ön alt ve üst şakak bölgelerindeki lezyonlar dil üretimi ve anlama bozuklukları ile ilişkilendirilmiştir (Broca 1861a; Wernicke 1874), Şekil 3.8'de bu alanlar gösterilmektedir. Bu raporlarla paralel olarak, intraoperatif çalışmalarda sol perisylvian bölgede kortikal yüzey doğrudan uyarıldığında vakaların neredeyse %95'inde dil işlemede bozulmalar olduğu tespit edilmiş ancak aynı durum SAY'da nadiren gözlemlenmiştir (Penfield ve Roberts 2014). Benzer biçimde, SOY selektif anestezi altındayken temel dil işlemleri geçici olarak zarar görürken SAY'da bu duruma seyrek rastlanır (Stemmer ve Whitaker 2008). Bu işlevsel farklılıklar çok sayıda nörogörüntüleme çalışması ile de doğrulanmıştır. Bu çalışmalar; sözcük okuma ve tekrarlama, eş anlamlı ve kafiyeli kelimeler üretme ve cümle işleme işlevlerinin ağırlıklı olarak sol perisylvian ağlar tarafından gerçekleştirildiğini, bu işlevlerde Sylvian fissür dışı alanlarda ve SAY alanlarında oldukça az aktivite artışı meydana geldiğini göstermiştir (Vigneau ve diğerleri 2006). Tüm bu bulgular birlikte irdelendiğinde, en temel dil işlemlerinin büyük ölçüde SOY bölgeleriyle ilişkili olduğu görülmektedir. Ancak şunu da belirtmek gerekir ki bu organizasyon modelinin sağlakların %90'ı, solakların %60'ı için geçerli olduğu tahmin edilmektedir, bu yüzdeler dışındakiler için dil açısından sağ beynin veya her iki yarım kürenin de baskın olduğu düşünülmektedir (Mazoyer ve diğerleri 2016).



Şekil 3.8 Leborgne'ye ait MRI görüntüleri

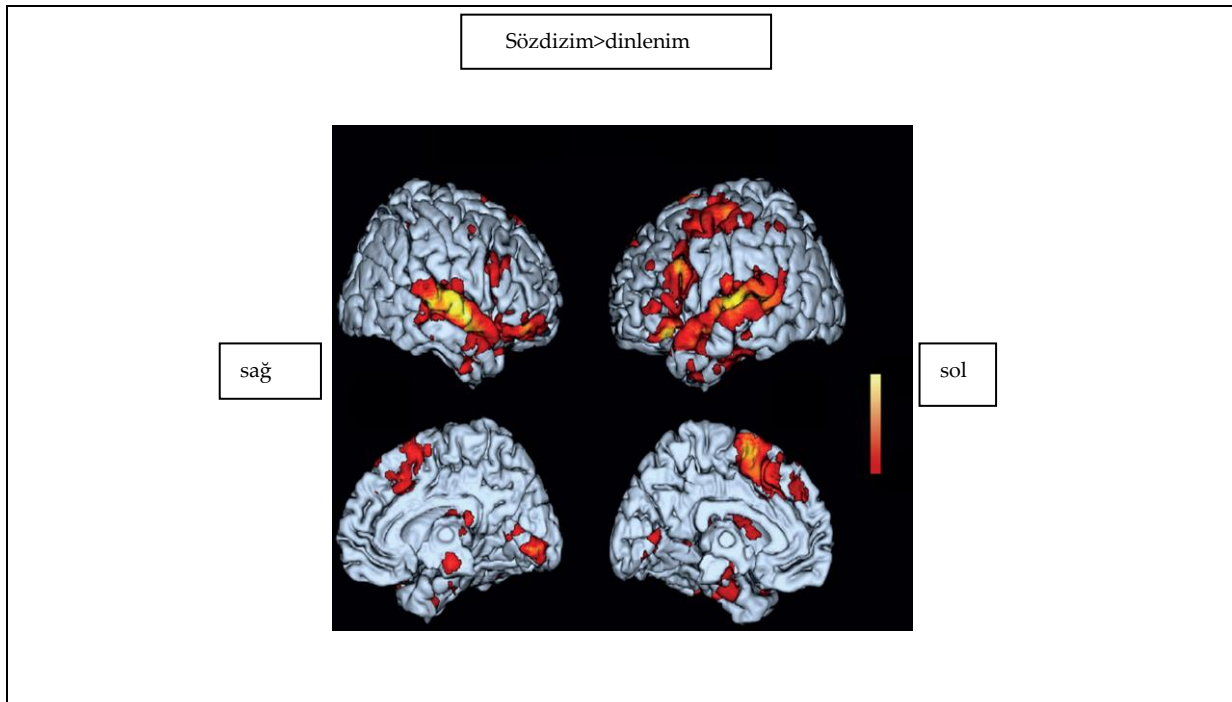
Leborgne, Broca'nın sol ön giriş bölgesi ve dil üretim mekanizmaları arasındaki kuvvetli ilişkiyi kanıtlayabilmesini olanaklı kılan iki hastasından biridir. Leborgne'nin beynindeki hasar kırmızı renkli alanlarda gösterilmiştir. Bu görsel, Thiebaut ve diğerlerinin (2015) izniyle kullanılmıştır.

Bununla birlikte, SAY, sol beynin baskın olduğu deneklerde de sözel becerileri desteklemektedir. Beynin sol yarım küresinin tamamının çıkarılması (hemisferektomi) durumunda bile en temel dilsel

beceriler korunabilmektedir. SOY hasarını takiben sözel becerilerde ortaya çıkan eksiklikler SAY'ı da etkileyen ikinci bir lezyon oluşması durumunda daha da kötü bir hal almaktadır (Caplan 1987). SAY, özellikle sözel iletişimi sağlayan geniş devrelerin merkezini oluşturmaktadır (Stemmer ve Whitaker 2008). Örneğin, duygusal tonlamanın anlaşılmasını ve üretilmesini de içine alan bürünsel işleme süreçlerinde SAY'ın rolü olduğu görülmektedir (Lindell 2006). Bunlara ek olarak, SAY'ın, sol perisylvian bölgeler ile iş birliği yaparak (Bohrn, Altmann ve Jacobs 2012), çıkarımsal işleme (Stemmer, Giroux ve Joannette 1994) ile mecazi dilin ve dolaylı anlatımın anlaşılması ile ilgili işlevlerde (Kaplan ve diğerleri 1990; Prat, Mason ve Just 2012) rol aldığı belirtilmektedir. Dahası, söylem içerisinde açık bir biçimde ifade edilmeyen bilgilerin sentezlenip bir araya getirilmesinde de SAY önemli görevlere sahiptir (Benowitz, Moya ve Levine 1990; Joannette ve diğerleri 2008).

3.3.1.2. Frontostriatal devreler ile bağlantılarının işlevleri

Bölüm 3.2.3'te de belirtildiği gibi, frontostriatal yollar ve bu yollar tarafından yapılan bağlantılar özellikle sözdizimsel, sesbetimsel ve anlambilimsel süreçleri de içine alan pek çok dilsel işlevin gerçekleşmesini sağlamaktadır. Frontostriatal devreler biçimbirimlerin sözcüklere, sözcüklerin cümlelere dönüştürülebilmesi gibi yapılandırılmış bilişsel süreçlerin edinilmesinde ve uygulanmasında oldukça önemli bir yere sahiptir (Ullman 2001a). Öyle ki bu devrelerde meydana gelebilecek hasarlar bu tür dilsel işlevlerde orantısız noksanlıklar olmasıyla ilişkilendirilmektedir (Birba ve diğerleri 2017; Grodzinsky 2000) ve basit ve karmaşık cümlelerin işlenmesi sırasında bazı devre merkezlerindeki aktivite düzeylerinde oldukça büyük farklılıklar meydana gelmektedir (Grodzinsky ve Friederici 2006). Özellikle Broca bölgesinin arka tarafında kalan 44. BA sözdizimsel örüntülerin hiyerarşik olarak işlenmesinde son derece önemlidir (Nuñez ve diğerleri 2011). Sözdizimsel işlem gerçekleştiği sırada frontostriatal aktivite arka bölgeler tarafından desteklenmektedir. Nitekim ön şakak lobu (21 ve 22. BA'lar ile 38. BA'nın arka kısmı da dâhil olmak üzere) cümlelerin anlamlandırılması sırasındaki dilbilgisel işlemlerin gerçekleşmesine yardımcı olur ve sözdizimsel kurallara uygun olmayan cümleler ile karşı karşıya kalındığında ön devreler ile birlikte etkinleşir (Humphries ve diğerleri 2005). Şekil 3.9'da bu bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil 3.9 Sözdizimsel işleme ile ilişkilendirilen aktivasyon örüntüleri

Şekilde görülen beyin görüntüleri ile ilgili görevde deneklere sırasıyla, farklı yapılarla oluşturulmuş iki cümlenin (ör. etken ve edilgen yapılarıyla) aynı anlama sahip olup olmadığı sorulmuştur. Üç sol ön girüs, sol temporo-parietal korteks, iki yanlı birincil işitsel korteks ve sağ beyincik bölgelerinde hemodinamik artışlar gözlemlenmiştir. Bu görsel, Nuñez ve diğerlerinin (2011) izniyle kullanılmıştır.

Konuşma açısından bakıldığında, Broca bölgesi sesbilimsel verilerin konuşma seslerine dönüştürülmek üzere motor ağlara ulaştırılmasında kilit rol oynar (Indefrey ve Levelt 2004; Vigneau ve diğerleri 2006). Nitekim Parkinson ve Huntington gibi nörodejeneratif hastalıklarda görülen üretim (konuşma ve dil işlevlerindeki) yetersizlikleri frontostriatal devrelerdeki hasarlar ile ilişkilidir (Hartelius ve diğerleri 2003; Ho, Iansek ve Bradshaw 1999). Ayrıca bu devrelerin belirli bir kısmı üst düzey sözel süreçlerde de yer alır. Örneğin, Broca bölgesi pasif dinlemeden ziyade sözcük tekrarlama eyleminin gerçekleştirilmesinde etkin rol alır, tıpkı pasif dinlemede sol supramarjinal girüs gibi daha gerideki bölgelerin önemli görevleri olduğu gibi (Hautzel ve diğerleri 2002). Biraz daha açık ifade etmek gerekirse, sol pars triangularis alanının arka yüzeyi çalışma belleği tarafından yürütülen sözel süreçlerin oluşumuna katkı sağlamaktadır, sözcük listelerinin bellekte tutulmasını gerektiren görevler de bu sürecin bir örneği olarak düşünülebilir.

Tüm bunların yanı sıra, frontostriatal yolaklar aslında beynin tüm bölgelerindeki devrelerin faaliyetlerini içeren anlambilimsel süreçlerin gerçekleştirilmesinde de etkin rol alır. Bu yolakların bazı merkezleri (45 ve 47 numaralı BA'lar gibi), çoklumodalite kavramsal süreçlerde etkindir; diğer bir deyişle, bu merkezler genel kategorilerden yola çıkarak çeşitli anlamsal kategorilerin oluşturulmasını sağlayan süreçlerde faaliyet gösterir (Amunts ve diğerleri 2004; Bookheimer 2007; Newman, Ikuta ve Burns 2010). Bu bölgeler ile şakak lobu alanları anlambilimsel süreçleri içeren bir sistem bütünü oluşturur (Patterson, Nestor ve Rogers 2007). Frontostriatal devrelerin bir diğer önemli görevi belirli anlambilimsel kategorilerin temellendirilmesini sağlamaktır (Pulvermüller 2013). Fiillerin, bilhassa da hareket bildiren fiillerin işlenmesi, bu devrelerin faaliyetleri ile ilişkilidir. Hatta frontostriatal motor devrelerin, bu tür fiillerin işlenmesi ile etkinleştiği söylenebilir (Pulvermüller 2013). Dahası bu yolakların uyarılması özellikle bu sözcük sınıfının işlenmesini modüle ederken (Shebani ve Pulvermüller 2013) yolakların zayıflaması hareket bildiren sözcüklerin işlenmesinde (hareket bildirmeyen sözcüklerin aksine) çeşitli şekillerde bozulmalara neden olmaktadır (Birba ve diğerleri 2017).

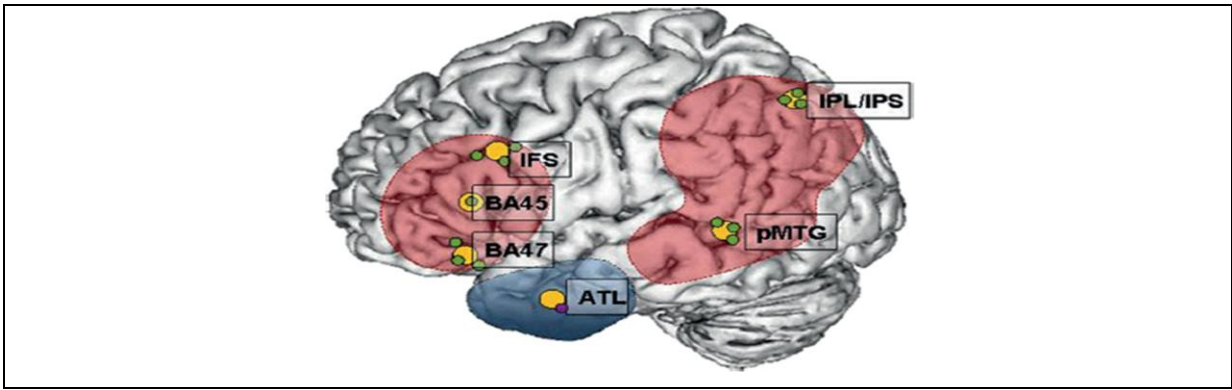
3.3.1.3. *Temporo-parietal bölgeler ile bu bölgelerin yaptığı bağlantıların işlevleri*

Temporo-parietal bölgeler (şakak lobları ve yan kafa loblarında yer alan bölgeler) ile bu bölgelerin ait olduğu büyük bağlantı ağı, dilsel işlemlerde az veya çok faaliyette bulunmaktadır. Ancak bu bölgelerin sesbilimsel ve anlambilimsel işlemlerdeki rolleri oldukça önemlidir.

Sağlıklı deneklerde sesbilimsel uyarıların, sol üst temporal girüs bölgesinin arka kısmında ve Wernicke bölgesine yakın olan alanlarda meydana getirdiği aktivasyon zirveye ulaşmaktadır. Öyle ki uyarı karmaşıklık düzeyi arttıkça beynimizdeki aktivasyon örüntüsü de şakak loblarının ön ve alt yüzeylerine yakın olan bölümlere doğru genişler (Indefrey ve Levelt 2004; Vigneau ve diğerleri 2006). Sol üst temporal girüs, sesbilimsel dizilimler ve bunlara karşılık gelen sözcüksel ve sesletimsel biçimler arasındaki bağlantıların kurulabilmesini sağlamaktadır (Hickok ve Poeppel 2007). Bir sözcüğün işitsel yapısı ile buna uygun anlamsal bilginin eşleştirilebilmesi üst temporal girüs sayesinde mümkün olmaktadır. Ancak sözel tekrarlama, nesne adlandırma, okuma ve yazma gibi işlemlerin gerçekleşmesinde de rol alan angular girüs de bu eşleştirme sürecine büyük katkı sağlamaktadır (Vigneau ve diğerleri 2006). Konuşmanın planlanması ve sesletimin gerçekleşmesinden önce sözel bilginin kısa bir süre korunması, yan kafa loblarının alt kısımlarının Broca bölgesi ve premotor korteks ile bağlantılı olarak çalışması sayesinde mümkün olmaktadır (Vigneau ve diğerleri 2006). Bu nedenle yan kafa lobunun alt bölgeleri sesbilimsel çalışma belleğinin temelini oluşturan kilit yapılarıdır (Ravizza ve diğerleri 2004).

Şakak lobları aynı zamanda sözcükler ve sözcüklerin taşıdığı anlamlar, yerini tuttuğu kavramlar ve bütün bu unsurların birbiri ile olan ilişkilerini düzenleyen sistem olan anlamsal belleğin de nöral

temellerini oluşturur (Tulving 1986). Özellikle şakak lobunun ön kısmı farklı duyu-motorsal modalitelerden gelen bilgilerin bir araya getirilip düzenlenmesinde kavramsal bir merkez vazifesi görür (Patterson, Nestor ve Rogers 2007). Kavramsal genellemeler yapılabilmesi için bu çok taraflı sinerji şekli, diğer faktörlerin yanında, oldukça önemli bir yere sahiptir (Ralph ve diğerleri 2017). Sözcük-anlambilimsel görevler; şakak lobu, yan kafa lobu ve hipokampal bölgelere ait çeşitli alanlar tarafından yerine getirilir (Newman ve diğerleri 2001). Dolayısıyla bu bölgelerde meydana gelebilecek lezyonlar, çeşitli duyuusal modalitelerle ilişkili olan sözcüklerin anlaşılmasına ve üretilmesine sekte vuracaktır (Ardila, Bernal ve Rosselli 2015). Tüm bu bilgiler bir arada değerlendirildiğinde, eldeki bulgular şu fikri desteklemektedir: Sözcüklerin ve sözcük anlamlarının öğrenilmesi ve kullanılması temel olarak dentat girüs, subiküler kompleks ve hipokampus yapılarını içine alan ve orta şakak lobu olarak adlandırılan sistemin, diğer şakak lobu alanları ile temporo-parietal alanın da katkılarıyla, bir bütün olarak çalışmasına dayanmaktadır (Ullman 2001a) – bkz. Şekil 3.10.



Şekil 3.10 Anlambilimsel bilişin gerçekleşmesini sağlayan beynin farklı bölgelerine yayılmış sinirsel ağlara ilişkin yakınsak kanıt, çeşitli çalışmalardan elde edilen bulguları içermektedir.

Şekil (i) anlamsal demans (mavi ile gösterilmiştir) ve anlamsal afazi (pembe ile gösterilmiştir) görülen hastalardaki lezyonlar; (ii) ön şakak lobundaki aktivasyon fMRI distorsiyon düzeltmesi yöntemiyle tespit edilen aktivasyon tepe değeri (mor daire ile gösterilmiştir); (iii) anlambilimsel manipülasyonlar ile ilgili fMRI tepe değeri (yeşil daireler ile gösterilmiştir) ve (iv) transkranyal manyetik uyarımı takiben önemli anlambilimsel etkilerin gözlemlendiği alanlar (sarı daireler ile gösterilmiştir). ATL: anterior temporal lobe (ön şakak lobu); BA: Broadman areas (Broadman alanları); IFS: inferior frontal sulcus (alt ön sülküs); IPL: inferior parietal lobe (alt yan kafa lobu) IPS: intraparietal sulcus (intraparietal sulcus) pMTG: posterior middle temporal gyrus (arka orta şakak girüsü). Bu görsel, Jefferies'in (2013) izniyle kullanılmıştır.

3.3.2. Sözcüklerin elektriksel hali: Dilin nörofizyolojisi

Daha önceki bölümlerde açıklanmış olan dilsel süreçler, tıpkı diğer bilişsel eylemlerde olduğu gibi, oldukça kısa bir sürede gerçekleşen çok çeşitli nörofizyolojik işlemler sonucunda meydana gelir. Bu süreçler EEG kayıtları gibi zamansal çözünürlüğü yüksek olan tekniklerle ölçülebilmektedir (Bu konuda kitabın 2. bölümünde yer alan 2.7.1.2 numaralı başlığa bakılabilir).

3.3.2.1. OİP ölçümleri⁵

OİP bulguları dilsel mekanizmaların gerçekleşme süreleri konusunda bilgi vermektedir. Örneğin, seyrek kullanılan sözcüklerle kıyaslandığında sık kullanılan sözcükler için arka lob bölgelerinde yer alan P1 bileşeni ile kafatasının farklı bölümlerinde bulunan N1 bileşeninin etkin olduğu görülür (Scott ve diğerleri, 2009). Buna ek olarak, yazınsal hecelerin aksine sesbilimsel hecelerde dikkate-duyarlı P200 bileşeninde aktivite yoğunluğunun daha fazla olduğu gösterilmiştir (Kwon, Lee ve Nam 2011). Ses birimleri ayırma, beyin ön-santral alanlarında uyumsuzluk negatifliği olarak da bilinen uyarın sunumundan sonra 100 ila 250 milisaniye aralığında tepe noktasına ulaşan bir negatif sapma ile ölçülmektedir (Cheour ve diğerleri 1998). OİP yoğunluğunun uydurma sözcüklere nazaran gerçek sözcüklerde ve sözdizimsel olarak uygun olan sözcük çiftlerinden ziyade uygunsuz olanlarda artış

⁵ OİP, Olay İlişkili Potansiyeller teriminin kısaltmasıdır (İng. Event-Related Potentials).

göstermesi, OİP'nin sesbilimsel ve anlambilimsel bilginin bütünleştirilmesi ve dilbilgisel süreçlerin ilk aşamalarında rolü olduğunu düşündürmektedir (Pulvermüller ve Shtyrov 2006). Dilbilgisel işlemler, sol ön ve ön şakak alan topoğrafilerinde ortalama 100 ila 300 ms aralığında olan erken sol ön negativite ile ilişkilendirilmektedir (Friederici 2004). Bunun yanı sıra, yeni gelen sözcük-anlamsal bilgi ile var olan metinsel bağlamın birleştirilmesi, şakak alanları ve prefrontal bölgeyi kapsayan kafatası alanlarına yayılan bir negatif dalga formu olan N400 tarafından gerçekleştirilir (Friederici 2004; Kutas ve Federmeier 2011)-bkz. Bölüm 2, alt-başlık 2.7.1.2.1 ve Şekil 2.7-. N400 bileşeni somutluk, tahmin edilebilirlik ve anlamsal yakınlık gibi çeşitli sözcüksel boyutların, uyarana dikkat verilmediğinde bile, birbirinden ayırt edilebilmesini sağlar (Kutas ve Federmeier 2011). Son olarak, yapısal tekrar analiz süreçlerinde daha çok santral-yan kafa alanları ve ön lob bölgelerinde dağılım gösteren ve yoğunluğu sözdizimsel bütünleştirme zorluğu ile bağlantılı olan P600 bileşeni etkinleşmektedir (Friederici 2004; Kaan ve diğerleri 2000). Tüm bu bulgular, DY0 çalışmalarında OİP modülasyonlarının kullanılması için sağlam bir dayanak noktası oluşturmaktadır.

3.3.2.2. Osilatuar ölçümler

Yapılan çalışmalarla dilsel işlemlerin osilatuar denkliklerini aydınlatan bulgular ortaya koyulmaya başlanmıştır. Her ne kadar bütün sıklık aralıkları dilsel alanın kapsadığı çeşitli süreçlere duyarlı olsa da elde edilmiş olan en sistematik bulgular teta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), ve beta (13-30 Hz) aralığındadır-bkz. 2. Bölüm, 2.7.1.2.2 numaralı başlık ve Şekil 2.8-. Sözcük tanıma ve geri çağırma işlemlerinde teta dalgası yükselmektedir. Ayrıca doğru cümlelerin okunması işleminde her bir sözcüğün okunması sırasında teta gücü artmaktadır ki bu, çalışma belleğinin bu aşamada daha fazla kullanıldığını gösterir (Bastiaansen, van Berkum ve Hagoort 2002). Bunun yanı sıra, doğru cümle okuma alfa gücünde kümülatif yükselmelerle ilişkilendirilirken sözdizimsel veya anlambilimsel olarak yanlış olan cümlelerde teta aralığında azalma meydana gelir, bu da beta-bant modülasyonlarında gözlemlenebilen bir etkidir (Kielar ve diğerleri 2014). Bu sıklık aralıklarında ölçülebilen etkiler osilatuar dinamiklerinin DY0 süreçlerinde yorumlanmasını zorlaştırmaktadır.

3.3.2.3. İşlevsel bağlantısallık ölçümleri

Dilsel süreçler, işlevsel bağlantısallık araştırmalarının da gösterdiği gibi, farklı beyin bölgelerinin bağlantılı aktivite örüntülerini içermektedir. Cümle işleme çalışmaları uyarının karmaşıklık düzeyi ile orantılı olarak ön ve arka beyin bölgelerinde iki yarım küre arasındaki bağlantılarda artış olduğunu göstermektedir-bkz. Bölüm 2, 2.7.1.2.3 numaralı alt-başlık ve Şekil 2.9-. Karmaşık cümlelerin anlaşılması işlemi teta, beta ve gama frekans aralıklarında geniş beyin ağlarına yayılan aktivitenin doğrusal senkronizasyonu ile ilişkilendirilir (Weiss ve diğerleri 2005). Teta modülasyonları bellek süreçleri ile beta ve gama aralıkları ise sırasıyla anlamsal-edimsel bütünleştirme ve dikkat toplama süreçleri ile bağlantılıdır. Bu işlemlerin aynı anda gerçekleştirilmesi cümle anlamada farklı fakat paralel bilişsel süreçlerin gerekli olduğunu göstermektedir.

Öte yandan cümle işleme doğrusal olmayan bağlantısallık dinamiklerini de içerir. Örneğin anlambilimsel uygunsuzluklar teta dalgaları desenkronizasyonu (yaklaşık olarak 285 ms) ile ilişkiliyken fiziksel uyumsuzluklar (renk ifade eden sözcüklerin, içerikleri ile uyumsuz olacak bir biçimde renklendirilerek yazılmış olması gibi) alfa dalgalarının senkronizasyonunda (yaklaşık 200 ms) artışa neden olmaktadır. Her ne kadar bu bulgular için kesin bir yorum yapmak zor olsa da iki dalga aralığı da OİP çalışmalarında gözlemlenen ve bu dalga aralıklarıyla ilişkili olan modülasyonların öncesinde görülmektedir. Bu bilgiye ek olarak, senkronizasyon etkileri arasındaki gerileme ve bununla ilişkili OİP örüntüleri bu süreçlerin altında yatan mekanizmanın ne denli karmaşık olduğunu gözler önüne sermektedir. Dolayısıyla bağlantısallık ölçümleri OİP olasılıklarını tamamlayan ve genişleten şakak alanı dinamiklerini, genel olarak dilsel süreçlerin, özel olarak ise DY0 süreçlerinin nörofizyolojik göstergeleri olarak, ortaya koymaktadır (García, Mikulan ve Ibáñez 2016).

3.4. Tango için bir çift gerekir: Çift dilliliğin ön koşulu

Doğası gereği DYO eylemi 'çift dilli bir beyinde' gerçekleşir. Günümüz sinirdilbilim jargonuna göre dünya nüfusunun yaklaşık yarısı (Grosjean 1994) bu tanımı karşılar niteliktedir çünkü bir bireyin çift dilli olarak kabul edilebilmesi için iki dil veya diyalekti sıklıkla kullanıyor olması gerekmektedir. Ayrıca, çift dilli bir birey iletişim kurmak amacıyla duruma göre bu dil veya diyalekten birini -diğer değişkenler arasında özellikle dil edinim yaşı ve yetkinlik düzeyinden bağımsız olarak- seçebiliyor olmalıdır (García, Manoiloff ve Wagner 2016). Dünya nüfusunun neredeyse yarısını kapsayan bu çift dillilik deneyimi, tek dillilikte mevcut olmayan ve hem dilsel hem de yürütücü alanlarda gözlemlenebilen birtakım nörobilişsel mekanizmaları içermektedir.

3.4.1. Çift dilli bir beyinde gerçekleşen dilsel mekanizmalar

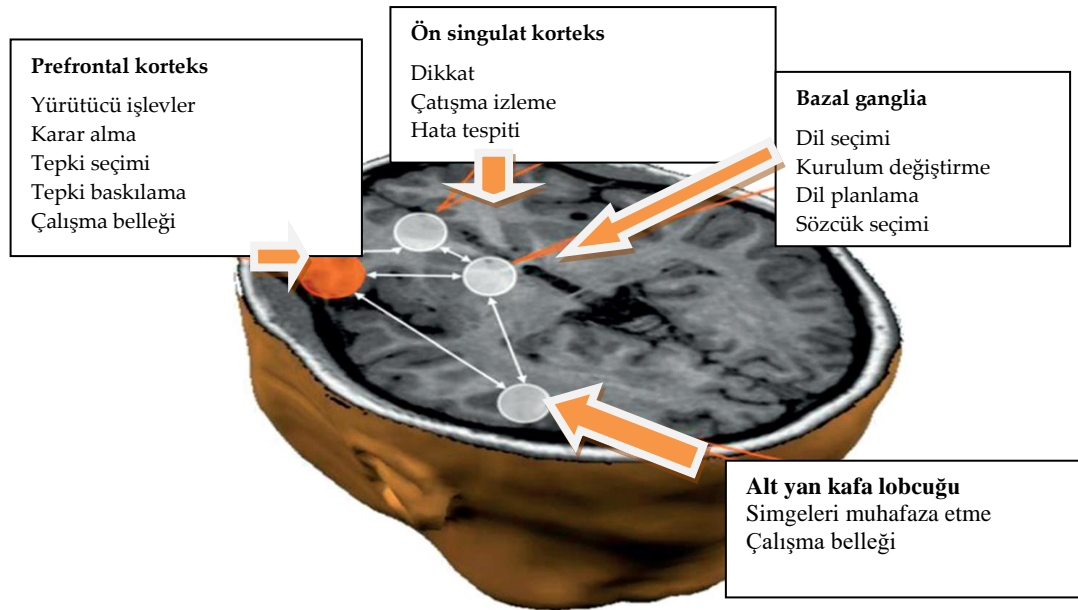
Genel olarak ifade etmek gerekirse, çift dilli bireylerdeki dilsel süreçler Bölüm 3.3'te detaylı bir biçimde yer verilen geniş beyin alanları ve mekanizmaların aynısını içermektedir. Ancak çift dilli bireyler için bir dizi özel durum da sıralanabilir. Sözel işlevler konusunda her iki dilde de ön ve arka perisylvian alanlar faaliyet gösterir. Bununla birlikte, dillerden her biri için şakak, yan kafa ve ön lob alanlarında yer alan kısmi olarak ayrılmış ağlar yer almaktadır (ör. Chee, Soon ve Lee 2003; Klein ve diğerleri 2006). Aslında bu alanlarda meydana gelen beyin lezyonları birinci dil ve ikinci dilde seçici veya farklılaşmış eksikliklere neden olabilmektedir (Paradis 2004). Aynı durum, doğrudan kortikal uyarılmayı takiben de kısa bir süreliğine gözlemlenebilmektedir (Lucas, McKhann, Ojemann 2004; Ojemann ve Whitaker 1978). Ayrıca birinci dil işlemlerindeki aktivasyon örüntüleri ikinci dil işlemlerindeki aktivasyon örüntülerine oranla daha tutarlı seyrederek (Dehaene ve diğerleri 1997), bu durum da ikinci dile özgü işleme stratejilerinde ve öğrenme durumlarında daha yüksek oranda çeşitlilik olduğunu gösteren bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

Bazı dilsel mekanizmaların çift dilli ve tek dilli bireylerde sistematik olarak farklılık gösterdiğini vurgulamak gerekir. Bu farklılıklara verilebilecek bir örnek beyindeki gri madde yoğunluğu ile ilgilidir. Çift dilli kişilerin alt yan kafa lobcuğu (Richardson ve Price 2009) ve sol alt temporal girüs yapılarındaki (García-Pentón ve diğerleri 2016) gri madde yoğunluğunun daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bu farklılık genel sözcük bilgisi ve gri madde yoğunluğu arasında olumlu korelasyon olduğunu göstermektedir. Ayrıca çift dilli kişilerde nasırsı cismin sinir liflerinde, alt ön-okspital fasikülüs (the inferior fronto-occipital fasciculus) ve üst boylamsal fasikülüs (the superior longitudinal fasciculus) yapılarındaki beyaz madde yoğunluğunun ve ön-arka alanlardaki bağlantısallık miktarının da daha fazla olduğu görülmektedir (García-Pentón ve diğerleri 2016). Öte yandan, ilginç bir şekilde, çift dilli kişiler hem birinci hem de ikinci dil için, bu dilleri kullanan tek dilli bireylere kıyasla, daha az gelişmiş bir alıcı dil kelime bilgisine sahip olma eğilimindedir ve bu bireylerde pek çok yaş aralığı için sözel akıcılık becerisinin daha zayıf olduğu gösterilmiştir (Bialystok 2009; Bialystok, Craik ve Luk 2012).

Tüm bunlara ek olarak, bahsi geçen mekanizmalardaki nörobilişsel değişikliklerde kullanımla ilişkili faktörlerin etkisi vardır. Örneğin çift dilli bireylerde ikinci dile maruz kalma ve dil yetkinlik düzeyleri düşük ve yüksek olanlar karşılaştırıldığında, maruz kalma ve yetkinlik düzeyleri yüksek olanların dilsel faaliyetlerden sorumlu orta temporal girüs gibi başlıca beyin bölgelerinde daha yüksek seviyede aktivasyon değişiklikleri olduğu görülür (Grant, Fang ve Li 2015). Bu bireylerde iki dil arasında daha fazla sinirsel örtüşme gözlemlenmesinin (Sebastian, Laird ve Kiran 2011) yanı sıra sözcük üretimi için prefrontal bölgenin (Videsott ve diğerleri 2010), biçim-sözdizimsel süreçler için de frontostriatal yolların (Paradis 2009; Ullman 2001b) daha fazla kullanıldığı bilinmektedir. Benzer şekilde, ikinci dile maruz kalma ve yetkinlik düzeyleri daha yüksek olan çift dilli bireylerin çeşitli dilsel süreçleri daha etkin biçimde yerine getirdiği belirtilmektedir (ör. Guasch ve diğerleri 2008; Sunderman ve Kroll 2006) ve her bir grup birinci ve ikinci dil ile ilgili aynı görevleri farklı bilişsel yollar vasıtasıyla gerçekleştirmektedir (Guasch ve diğerleri 2008; Talamas, Kroll ve Dufour 1999). Tüm bu özellikler, DYO süreçlerinde yer alan nörobilişsel temellere açıklık getirmektedir.

3.4.2. Çift dilli bireylerin beyinlerindeki yürütücü mekanizmalar

1. bölümde yer alan 1.2.5.4 numaralı başlıkta da değinildiği gibi, çift dilli bireylerin beyinlerinde gerçekleşen dilsel işlemler, yürütücü mekanizmalar ile sıkı bir ilişki içindedir (Miyake ve Friedman 2012; Miyake ve diğerleri 2000; Zillmer ve Spiers 2001). Yürütücü mekanizmalar, bağlamsal ipuçlarına göre birinci ve ikinci dilin ne zaman ve nasıl kullanılacağına denetlenebilmesi için olmazsa olmazdır. Dil seçimi, baskılama ve değiştirme gibi işlevlerin gerçekleştirilebilmesine yardımcı olan sinirsel devreler, bazal ganglia ve prefrontal alan, ön singulat ve alt yan kafa korteksleri başta olmak üzere beynin farklı bölgelerinde yer alır (Abutalebi ve Green 2007, 2008; Luk ve diğerleri 2011) –bkz. Şekil 3.11. Bu bölgelerde (özellikle ön korteks ve singulat korteks bölgelerinde) meydana gelebilecek lezyonlar, patolojik değiştirme vakalarında da görüldüğü gibi, çift dilli bireylerde dil kontrol becerisinin zarar görmesine neden olmaktadır (Fabbro, Skrap ve Aglioti 2000).



Şekil 3.11 Çift dilli bireylerde yürütücü denetleme ve dil üretiminden sorumlu ana sinirsel merkezlerin şematik görüntüsü (tek aksiyal kesit üzerinde)

Bilişsel denetim, ön singulat korteks, bazal ganglia, alt yan kafa lobcuğu ve en önemlisi prefrontal korteksin de içinde bulunduğu farklı sinirsel sistemlerin birlikte çalışmasıyla meydana gelmektedir. Bu sistemlerin her biri Şekil 3.11'deki metin kutucuklarında da belirtildiği gibi bilişsel denetleme işlevinin farklı yönlerinden sorumludur. Bu görsel, Abutalebi ve Green'in (2007) izniyle kullanılmıştır.

Çift dillilerin pek çok yürütücü alanda nörobilişsel avantajlara sahip oldukları belirtilmiştir, bu durum büyük olasılıkla sözel iletişim becerisinin yüksek düzeyde denetim gerektirmesi ile ilişkilidir. Çok sistematik bulgularla gösterilmemiş olsa da (Dunabeitia ve Carreira 2015; Paap, Johnson ve Sawi 2015), korteks ve korteks altı alanlarda yer alan yürütücü mekanizmalar ile ilgili merkezlerde çift dilli ve tek dilli bireyler arasında yapısal farklılıklar bulunmaktadır (García-Penton ve diğerleri 2016; Richardson ve Price 2009). Bu bulguyla paralel olarak, çift dillilik deneyiminin çalışma belleğinin birçok boyutunu, baskılayıcı mekanizmaları, zihinsel kurulum değiştirme ve güncelleme becerilerini geliştirdiği düşünülmektedir (Bialystok 2009; Bialystok, Craik ve Luk 2012).

Üstelik bu etkilerden bir kısmı kişilerin çift dil becerileri ile orantılı olarak artmaktadır çünkü dil yetkinlik düzeyi yüksek olan çift dilli bireyler çeşitli yürütücü işlevleri yetkinlik düzeyi düşük olanlardan daha etkin olarak kullanmaktadır (Linck ve diğerleri 2014; Linck ve Weiss 2015). Aslında meta-analitik bulgularda da gösterildiği gibi, çalışma belleği becerileri ile ikinci dil yeterliliği ve dil işleme süreçleri sonucunda oluşan çıktılar arasında olumlu korelasyon vardır (Linck ve diğerleri 2014). İkinci dil ediniminde yaş faktörü ve dile maruz kalma düzeyi de bu süreçlerde etkilidir. Örneklendirmek gerekirse, yaklaşık olarak 4 yaşından itibaren ikinci dile maruz kalan bireylerde

dilsel işlemler gerçekleştirilirken prefrontal alanda oluşan yürütücü devreler, tek dillilere veya eş zamanlı çift dillilere oranla, daha aktif olarak çalışır (Jasinski ve Petitto 2013).

3.5. Uzun sözün kıyası

Bu bölümde irdelenen kavramlar, (Nörobiliş Perspektifinden Sözlü ve Yazılı Çeviri başlıklı) bu kitabı yeterli düzeyde nöroloji ve sinirdilbilim bilgisine sahip olmadan okumaya başlayanlar için bir referans kaynağı niteliğindedir. Ayrıca bölümün başlangıcında anlatılan türden yapısal skandalları önleyebilecek temel ilkeler olarak da düşünülebilir: Bu kavramlar başlı başına DYÖ süreçleri ile ilişkili olmayabilir ancak DYÖ konusunda etkin ve kullanılabilir bir kavramsal model oluşturulabilmesi için gerekli olan unsurları kapsamaktadır. Nörobilişsel bir DYÖ modeli, nörolojinin temel dayanakları ile uyumlu olmalıdır. Ayrıca farklı düzeylerdeki dilsel süreçleri içeren özel, çok boyutlu mekanizmaların (ör. sesbilimsel, sözcüksel, anlambilimsel, sözdizimsel) varlığını, birinci dil ve ikinci dile özgü kısmen birbirinden bağımsız beyin devrelerini, sözel ve yürütücü mekanizmalar arasındaki sıkı ilişkiyi ve çiftdilliliğin temel özelliklerini de dikkate almalıdır. Kitabın bu bölümünde irdelenen tüm bu kavramların ve diğer önemli ilkelerin, ilerleyen bölümlerde değinilecek bilgilerin temelini oluşturduğu söylenebilir. Bu sebeple artık lafı daha fazla uzatmadan sözlü ve yazılı çeviriyi nörobiliş perspektifinden incelemeye başlayabiliriz.

Kaynakça⁶

- Abutalebi, Jubin, and David Green. 2007. "Bilingual language production: The neurocognition of language representation and control." *Journal of Neurolinguistics* 20(3): 242–275. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2006.10.003>
- Abutalebi, Jubin, and David W. Green. 2008. "Control mechanisms in bilingual language production: Neural evidence from language switching studies." *Language and Cognitive Processes* 23(4): 557–582. <https://doi.org/10.1080/01690960801920602>
- Amunts, Katrin. 2008. "Architectonic language research." In *Handbook of the Neuroscience of Language*, ed. by Brigitte Stemmer, and Harry A. Whitaker, 33–43. London: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-045352-1.00004-5>
- Amunts, Katrin, Peter H. Weiss, Hartmut Mohlberg, Peter Pieperhoff, Simon Eickhoff, Jennifer M. Gurd, John C. Marshall, Nadim J. Shah, Gereon R. Fink, and Karl Zilles. 2004. "Analysis of neural mechanisms underlying verbal fluency in cytoarchitectonically defined stereotaxic space – the roles of Brodmann areas 44 and 45." *Neuroimage* 22(1): 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.12.031>
- Arbib, Michael, Péter Érdi, and John Szentágothai. 1998. *Neural Organization: Structure, Function, and Dynamics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ardila, Alfredo, Byron Bernal, and Mónica Rosselli. 2015. "How localized are language brain areas? A review of Brodmann areas involvement in oral language." *Archives of Clinical Neuropsychology* 31(1): 112–122. <https://doi.org/10.1093/arclin/acv081>
- Bak, Thomas H. 2013. "The neuroscience of action semantics in neurodegenerative brain diseases." *Current Opinion in Neurology* 26(6): 671–677. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000039>
- Bastiaansen, Marcel C., Jos J. van Berkum, and Peter Hagoort. 2002. "Event-related theta power increases in the human EEG during online sentence processing." *Neuroscience Letters* 323(1): 13–16. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)02535-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)02535-6)

⁶ Özgün kitabın sadece bu bölümünde kullanılan kaynaklar çevirmen tarafından tüm kitabın kaynakça bölümünden ayıklanmış ve buraya dahil edilmiştir. Kaynakça gösteriminde özgün metnin kaynakça sistemi kullanılmıştır.

- Benowitz, Larry I., Kenneth L. Moya, and David N. Levine. 1990. "Impaired verbal reasoning and constructional apraxia in subjects with right hemisphere damage." *Neuropsychologia* 28(3): 231–241. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(90\)90017-1](https://doi.org/10.1016/0028-3932(90)90017-1)
- Bialystok, Ellen, Fergus I. Craik, and Gigi Luk. 2012. "Bilingualism: consequences for mind and brain." *Trends in Cognitive Science* 16(4): 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.03.001>.
- Bialystok, Ellen. 2009. "Bilingualism: The good, the bad, and the indifferent." *Bilingualism: Language and Cognition* 12(1): 3–11. <https://doi.org/10.1017/S1366728908003477>
- Birba, Agustina, Indira García-Cordero, Giselle Kozono, Agustina Legaz, Agustín Ibáñez, Lucas Sedeno, and Adolfo M. García. 2017. "Losing ground: Frontostriatal atrophy disrupts language embodiment in Parkinson's and Huntington's disease." *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 80: 673–687. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.07.011>
- Bohn, Isabel C., Ulrike Altmann, and Arthur M. Jacobs. 2012. "Looking at the brains behind figurative language – A quantitative meta-analysis of neuroimaging studies on metaphor, idiom, and irony processing." *Neuropsychologia* 50(11): 2669–2683. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.021>
- Braitenberg, Valentino, and Almut Schüz. 1998. *Cortex: Statistics and Geometry of Neuronal Connectivity*, second ed. Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-03733-1>
- Broca, Paul. 1861a. "Remarques sur le siege de la faculté de la parole articulée, suivies d'une observation d'aphémie (perte de parole)." *Bulletin de la Societe d'Anatomie* 36: 330–357.
- Caplan, David. 1987. *Neurolinguistics and Linguistic Aphasiology: An Introduction*. New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511620676>
- Chee, Michael W., Chun S. Soon, and Hwee L. Lee. 2003. "Common and segregated neuronal networks for different languages revealed using functional magnetic resonance adaptation." *Journal of Cognitive Neuroscience* 15(1): 85–97. <https://doi.org/10.1162/089892903321107846>
- Cheour, Marie, Rita Ceponiene, Anne Lehtokoski, Aavo Luuk, Jüri Allik, Kimmo Alho, and Risto Näätänen. 1998. "Development of language-specific phoneme representations in the infant brain." *Nature Neuroscience* 1(5): 351–353. <https://doi.org/10.1038/1561>
- DeFelipe, Javier, and Isabel Farinas. 1992. "The pyramidal neuron of the cerebral cortex: morphological and chemical characteristics of the synaptic inputs." *Progress in Neurobiology* 39(6): 563–607. [https://doi.org/10.1016/0301-0082\(92\)90015-7](https://doi.org/10.1016/0301-0082(92)90015-7)
- Dehaene, Stanislas, Emmanuel Dupoux, Jacques Mehler, Laurent Cohen, Eraldo Paulesu, Daniela Perani, Pierre-Francois van de Moortele, Stéphane Lehericy, & Denis Le Bihan. 1997. "Anatomical variability in the cortical representation of first and second language." *Neuroreport* 8(17): 3809–3815. <https://doi.org/10.1097/00001756-199712010-00030>
- Dunabeitia, Jon A., and Manuel Carreiras. 2015. "The bilingual advantage: Acta est fabula?" *Cortex* 73: 371–372. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.06.009>
- Fabbro, Franco, Miran Skrap, and Salvatore Aglioti. 2000. "Pathological switching between languages after frontal lesions in a bilingual patient." *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 68(5): 650–652. <https://doi.org/10.1136/jnnp.68.5.650>
- Ford, Anastasia, William Triplett, Atchar Sudhyadhom, Joseph M Gullett, Keith McGregor, David FitzGerald, Thomas Mareci, Keith White, and Bruce Crosson. 2013. "Broca's area and its striatal and thalamic connections: a diffusion-MRI tractography study." *Frontiers in Neuroanatomy* 7: 8. <https://doi.org/10.3389/fnana.2013.00008>

- Friederici, Angela D. 2004. "Event-related brain potential studies in language." *Current Neurology and Neuroscience Reports* 4(6): 466–470. <https://doi.org/10.1007/s11910-004-0070-0>
- García-Pentón, Lorna, Yurlem Fernández García, Brendan Costello, Jon Andoni Dunabeitia, and Manuel Carreiras. 2016. "The neuroanatomy of bilingualism: how to turn a hazy view into the full picture." *Language, Cognition and Neuroscience* 31 (3): 303–327. <https://doi.org/10.1080/23273798.2015.1068944>
- García, Adolfo M., Ezequiel Mikulan, and Agustín Ibáñez. 2016. "A neuroscientific toolkit for translation studies." In *Reembedding Translation Process Research* ed. by Ricardo Muñoz Martín, 21–46. Amsterdam: John Benjamins. <https://doi.org/10.1075/btl.128.02gar>
- García, Adolfo M., Laura Manoilloff, and Mónica Wagner. 2016. "Concepciones del bilingüismo y evaluación de la competencia bilingüe." In *Mente bilingüe: abordajes psicolingüísticos y cognitivistas*, ed. by Adolfo M. García and Sonia Suárez Cepeda, 17–49. Córdoba: Comunicarte.
- Grant, Angela M., Shin-Yi Fang, and Ping Li. 2015. "Second language lexical development and cognitive control: A longitudinal fMRI study." *Brain and Language* 144: 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2015.03.010>
- Grodzinsky, Yosef, and Angela D. Friederici. 2006. "Neuroimaging of syntax and syntactic processing." *Current Opinion in Neurobiology* 16(2): 240–246. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2006.03.007>
- Grosjean, François. 1994. "Individual bilingualism." In *The Encyclopaedia of Language and Linguistics* ed. by Ronald E. Asher, 1656–1660. Oxford: Pergamon Press.
- Guasch, Marc, Rosa Sánchez-Casas, Pilar Ferré, and José E. García-Albea. 2008. "Translation performance of beginning, intermediate and proficient Spanish-Catalan bilinguals: Effects of form and semantic relations." *The Mental Lexicon* 3(3): 289–308. <https://doi.org/10.1075/ml.3.3.03gua>
- Hartelius, Lena, Anna Carlstedt, Monica Ytterberg, Malin Lillvik, and Katja Laakso. 2003. "Speech disorders in mild and moderate Huntington disease: Results of dysarthria assessments of 19 individuals." *Journal of Medical Speech-Language Pathology* 11(1): 1–15.
- Hautzel, Hubertus, Felix M. Mottaghy, Daniela Schmidt, M Zemb, NJ Shah, Hans-Willem Müller-Gärtner, and Bernd J. Krause. 2002. "Topographic segregation and convergence of verbal, object, shape and spatial working memory in humans." *Neuroscience Letters* 323(2): 156–160. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(02\)00125-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(02)00125-8)
- Hebb, Donald. 1949. *The Organization of Behavior: A Neurophysiological Theory*. New York: Wiley.
- Hernandez, Arturo E. 2013. *The Bilingual Brain*. Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199828111.001.0001>
- Hickok, Gregory, and David Poeppel. 2007. "The cortical organization of speech processing." *Nature Reviews Neuroscience* 8(5): 393–402. <https://doi.org/10.1038/nrn2113>
- Hickok, Gregory, and Steven Small. 2015. *Neurobiology of Language*. San Diego: Academic Press.
- Hiltunen, Sinikka, Rauni Pääkkönen, Gun-Viol Vik, and Christina M. Krause. 2016. "On interpreters' working memory and executive control." *International Journal of Bilingualism* 20(3): 297–314. <https://doi.org/10.1177/1367006914554406>
- Ho, Aileen K., Robert Iansak, and John L. Bradshaw. 1999. "Regulation of Parkinsonian speech volume: The effect of interlocuter distance." *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 67(2):199–202. <https://doi.org/10.1136/jnnp.67.2.199>

- Holtgraves, Thomas, and Patrick McNamara. 2010. "Pragmatic comprehension deficit in Parkinson's disease." *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 32(4): 388–397. <https://doi.org/10.1080/13803390903130729>
- Hubel, David H., and Torsten N. Wiesel. 1962. "Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex." *The Journal of Physiology* 160(1): 106–154. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1962.sp00683>
- Hubel, David H., and Torsten N. Wiesel. 1977. "Ferrier lecture. Functional architecture of macaque monkey visual cortex." *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Science* 198(1130): 1–59. <https://doi.org/10.1098/rspb.1977.0085>
- Humphries, Colin, Tracy Love, David Swinney, and Gregory Hickok. 2005. "Response of anterior temporal cortex to syntactic and prosodic manipulations during sentence processing." *Human Brain Mapping* 26 2): 128–138. <https://doi.org/10.1002/hbm.20148>
- Indefrey, Peter, and Willem J. M. Levelt. 2004. "The spatial and temporal signatures of word production components." *Cognition* 92(1): 101–144. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2002.06.001>
- Jasinska, K. K., and L. A. Petitto. 2013. "How age of bilingual exposure can change the neural systems for language in the developing brain: A functional near infrared spectroscopy investigation of syntactic processing in monolingual and bilingual children." *Developmental Cognitive Neuroscience* 6 (Supplement C): 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2013.06.005>
- Joanette, Yves, Ana I Ansaldo, Karima Kahlaoui, Hélene Côté, Valeria Abusamra, Aldo Ferreres, and André Roch-Lecours. 2008. "Impacto de las lesiones del hemisferio derecho sobre las habilidades lingüísticas: perspectivas teórica y clínica." *Revista de Neurología* 46(8): 481–488.
- Josse, Goulven, and Natalie Tzourio-Mazoyer. 2004. "Hemispheric specialization for language." *Brain Research Reviews* 44(1): 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2003.10.001>
- Kaan, Edith, Anthony Harris, Edward Gibson, and Phillip Holcomb. 2000. "The P600 as an index of syntactic integration difficulty." *Language and Cognitive Processes* 15(2): 159–201. <https://doi.org/10.1080/016909600386084>
- Kandel, Eric. 2006. *In Search of Memory: The Emergence of a New Science of Mind*. New York & London: Norton.
- Kandel, Eric. 2013. *Principles of Neural Science*. fifth ed. New York: McGraw-Hill.
- Kaplan, Joan A, Hiram H Brownell, Janet R Jacobs, and Howard Gardner. 1990. "The effects of right hemisphere damage on the pragmatic interpretation of conversational remarks." *Brain and Language* 38(2): 315–333. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(90\)90117-Y](https://doi.org/10.1016/0093-934X(90)90117-Y)
- Kielar, Aneta, Jed A. Meltzer, Sylvain Moreno, Claude Alain, and Ellen Bialystok. 2014. "Oscillatory responses to semantic and syntactic violations." *Journal of Cognitive Neuroscience* 26(12): 2840–2862. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00670
- Klein, Denose, Robert J. Zatorre, Jen-Kai Chen, Brenda Milner, Joelle Crane, Pascal Belin, and Marc Bouffard. 2006. "Bilingual brain organization: a functional magnetic resonance adaptation study." *Neuroimage* 31(1): 366–375. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.12.012>
- Kutas, Marta, and Kara D. Federmeier. 2011. "Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP)." *Annual Review of Psychology* 62: 621–47. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>

- Kwon, Youan, Yoonhyoung Lee, and Kichun Nam. 2011. "The different P200 effects of phonological and orthographic syllable frequency in visual word recognition in Korean." *Neuroscience Letters* 501(2): 117–121. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.06.060>
- Linck, Jared A., Peter Osthus, Joel T. Koeth, and Michael F. Bunting. 2014. "Working memory and second language comprehension and production: a meta-analysis." *Psychonomic Bulletin and Review* 21(4): 861–83. <https://doi.org/10.3758/s13423-013-0565-2>
- Linck, Jared A., and Daniel J. Weiss. 2015. "Can working memory and inhibitory control predict second language learning in the classroom?" *SAGE Open* 5(4): 2158244015607352. <https://doi.org/10.1177/2158244015607352>
- Lindell, Annukka K. 2006. "In your right mind: Right hemisphere contributions to language processing and production." *Neuropsychological Reviews* 16(3): 131–148. <https://doi.org/10.1007/s11065-006-9011-9>
- Lucas, Timothy H., Guy M. McKhann, and George A. Ojemann. 2004. "Functional separation of languages in the bilingual brain: a comparison of electrical stimulation language mapping in 25 bilingual patients and 117 monolingual control patients." *Journal of Neurosurgery* 101(3): 449–457. <https://doi.org/10.3171/jns.2004.101.3.0449>
- Luk, Gigi, David W. Green, Jubin Abutalebi, and Cheryl Grady. 2011. "Cognitive control for language switching in bilinguals: A quantitative meta-analysis of functional neuroimaging studies." *Language and Cognitive Processes* 27(10): 1479–1488. <https://doi.org/10.1080/01690965.2011.613209>
- Mazoyer, Bernard, Emmanuel Mellet, Guy Perchey, Laure Zago, Fabrice Crivello, Gaël Jobard, Nicolas Delcroix, Mathieu Vigneau, Gaëlle Leroux, and Laurent Petit. 2016. "BIL&GIN: a neuroimaging, cognitive, behavioral, and genetic database for the study of human brain lateralization." *Neuroimage* 124: 1225–1231. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.02.071>
- Miyake, Akira, Naomi P. Friedman, Michael J. Emerson, Alexander H. Witzki, Amy Howerter, and Tor D. Wager. 2000. "The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal lobe" tasks: a latent variable analysis." *Cognitive Psychology* 41(1): 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Miyake, Akira, and Naomi P. Friedman. 2012. "The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions." *Current Directions in Psychological Science* 21(1): 8–14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Monetta, Laura, and Marc D. Pell. 2007. "Effects of verbal working memory deficits on metaphor comprehension in patients with Parkinson's disease." *Brain and Language* 101(1): 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2006.06.007>
- Mountcastle, Vernon. 1998. *Perceptual Neuroscience: The Cerebral Cortex*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Newman, Aaron J., Roumyana Pancheva, Kaori Ozawa, Helen J. Neville, and Michael T. Ullman. 2001. "An event-related fMRI study of syntactic and semantic violations." *Journal of Psycholinguistic Research* 30(3): 339–364. <https://doi.org/10.1023/A:1010499119393>
- Nunez, S. Christopher, Mirella Dapretto, Tami Katzir, Ariel Starr, Jennifer Bramen, Eric Kan, Susan Bookheimer, and Elizabeth R. Sowell. 2011. "fMRI of syntactic processing in typically developing children: Structural correlates in the inferior frontal gyrus." *Developmental Cognitive Neuroscience* 1(3): 313–323. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2011.02.004>

- Oh, Jihoon, Mookyung Han, Bradley S. Peterson, and Jaeseung Jeong. 2012. "Spontaneous eyeblinks are correlated with responses during the Stroop task." *PLoS One* 7(4): e34871. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034871>
- Ojemann, George A., and Harry A. Whitaker. 1978. "The bilingual brain." *Archives of Neurology* 35: 409–412. <https://doi.org/10.1001/archneur.1978.00500310011002>
- Paap, Kenneth R., Hunter A. Johnson, and Oliver Sawi. 2015. "Bilingual advantages in executive functioning either do not exist or are restricted to very specific and undetermined circumstances." *Cortex* 69: 265–278. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.04.014>
- Paradis, Michel. 2004. *A Neurolinguistic Theory of Bilingualism*. Amsterdam: John Benjamins. <https://doi.org/10.1075/sibil.18>
- Paradis, Michel. 2009. *Declarative and Procedural Determinants of Second Languages*. Amsterdam: John Benjamins. <https://doi.org/10.1075/sibil.40>
- Patterson, Karalyn, Peter J. Nestor, and Timothy T. Rogers. 2007. "Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain." *Nature Reviews Neuroscience* 8(12): 976–987. <https://doi.org/10.1038/nrn2277>
- Penfield, Wilder, and Lamar Roberts. 2014. *Speech and Brain Mechanisms*: Princeton University Press.
- Prat, Chantel S., Robert A. Mason, and Marcel Adam Just. 2012. "An fMRI investigation of analogical mapping in metaphor comprehension: the influence of context and individual cognitive capacities on processing demands." *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 38(2): 282.
- Pulvermüller, Friedemann. 2005. "Brain mechanisms linking language and action." *Nature Reviews Neuroscience* 6(7): 576–582. <https://doi.org/10.1038/nrn1706>
- Pulvermüller, Friedemann. 2002. *The Neuroscience of Language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pulvermüller, Friedemann. 2013. "Semantic embodiment, disembodiment or misembodiment? In search of meaning in modules and neuron circuits." *Brain and Language* 127 (1): 86–103. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.05.015>
- Quiñones Quiroga, Rodrigo, Leila Reddy, Gabriel Kreiman, Christof Koch, and Itzhak Fried. 2005. "Invariant visual representation by single neurons in the human brain." *Nature* 435: 1102. <https://doi.org/10.1038/nature03687>
- Raskin, Sarah A., Martin Sliwinski, and Joan C. Borod. 1992. "Clustering strategies on tasks of verbal fluency in Parkinson's disease." *Neuropsychologia* 30(1): 95–99. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(92\)90018-H](https://doi.org/10.1016/0028-3932(92)90018-H)
- Ravizza, Susan M., Mauricio R. Delgado, Jason M. Chein, James T. Becker, and Julie A. Fiez. 2004. "Functional dissociations within the inferior parietal cortex in verbal working memory." *Neuroimage* 22(2): 562–573. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.01.039>
- Richardson, Fiona M., and Cathy J. Price. 2009. "Structural MRI studies of language function in the undamaged brain." *Brain Structure and Function* 213(6): 511–523. <https://doi.org/10.1007/s00429-009-0211-y>
- Scott, Graham G. Scott, Patrick J. O'Donnell, Hartmut Leuthold, Sara C. Sereno. 2009. "Early emotion word processing: Evidence from event-related potentials." *Biological Psychology* 80(1): 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.03.010>

- Schwietter, John W., and Aline Ferreira. 2017. "Bilingualism in cognitive translation and interpreting studies." *The Handbook of Translation and Cognition*, ed. by Aline Ferreira and John W. Schwietter, 144–164. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119241485.ch8>
- Sebastian, Rajani, Angela R. Laird, and Swathi Kiran. 2011. "Meta-analysis of the neural representation of first language and second language." *Applied Psycholinguistics* 32 (4): 799–819. <https://doi.org/10.1017/S0142716411000075>
- Shebani, Zubaida, and Friedemann Pulvermüller. 2013. "Moving the hands and feet specifically impairs working memory for arm-and leg-related action words." *Cortex* 49(1): 222–231. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.10.005>
- Springer, Jane A., Jeffrey R. Binder Thomas A. Hammeke Sara J. Swanson Julie A. Frost Patrick S. F. Bellgowan Cameron C. Brewer Holly M. Perry George L. Morris Wade M. Mueller. 1999. "Language dominance in neurologically normal and epilepsy subjects: a functional MRI study." *Brain* 122(11): 2033–2046. <https://doi.org/10.1093/brain/122.11.2033>
- Stemmer, Brigitte, Francine Giroux, and Yves Joanette. 1994. "Production and evaluation of requests by right hemisphere brain-damaged individuals." *Brain and Language* 47(1): 1–31. <https://doi.org/10.1006/brln.1994.1040>
- Stemmer, Brigitte, and Harry A Whitaker. 2008. *Handbook of the Neuroscience of Language*: New York: Academic Press.
- Talamas, Adrienne, Judith F. Kroll, and Robert Dufour. 1999. "From form to meaning: Stages in the acquisition of second-language vocabulary." *Bilingualism: Language and Cognition* 2 (1): 45–58. <https://doi.org/10.1017/S1366728999000140>
- Tekin, Sibel, and Jeffrey L. Cummings. 2002. "Frontal-subcortical neuronal circuits and clinical neuropsychiatry: an update." *Journal of Psychosomatic Research* 53(2): 647–654. [https://doi.org/10.1016/S0022-3999\(02\)00428-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3999(02)00428-2)
- Tsumoto, Tadaharu. 1992. "Long-term potentiation and long-term depression in the neocortex." *Progress in Neurobiology* 39(2): 209–228. [https://doi.org/10.1016/0301-0082\(92\)90011-3](https://doi.org/10.1016/0301-0082(92)90011-3)
- Tulving, Endel. 1986. "Episodic and semantic memory: Where should we go from here?" *Behavioral and Brain Sciences* 9(3): 573–577. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00047257>
- Ullman, Michael T. 2001a. "A neurocognitive perspective on language: The declarative/procedural model." *Nature Reviews Neuroscience* 2(10): 717–726. <https://doi.org/10.1038/35094573>
- Ullman, Michael T. 2001b. "The neural basis of lexicon and grammar in first and second language: the declarative/procedural model." *Bilingualism: Language and Cognition* 4(2): 105–122. <https://doi.org/10.1017/S1366728901000220>
- Videsott, Gerda, Bärbel Herrnberger, Klaus Hoenig, Edgar Schilly, Jo Grothe, Werner Wiater, Manfred Spitzer, and Markus Kiefer. 2010. "Speaking in multiple languages: neural correlates of language proficiency in multilingual word production." *Brain and Language* 113(3): 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2010.01.006>
- Vigneau, Mathieu, Virginie Beaucousin, Pierre-Yves Herve, Hugues Duffau, Fabrice Crivello, Olivier Houde, Bernard Mazoyer, and Nathalie Tzourio-Mazoyer. 2006. "Meta-analyzing left hemisphere language areas: phonology, semantics, and sentence processing." *Neuroimage* 30(4): 1414–1432. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.11.002>

Weiss, Sabine, Horst M. Mueller, Baerbel Schack, Jonathan W. King, Martha Kutas, and Peter Rappelsberger. 2005. "Increased neuronal communication accompanying sentence comprehension." *International Journal of Psychophysiology* 57(2): 129–141. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2005.03.013>

Zillmer, Eric A., and Mary V. Spiers. 2001. *Principles of Neuropsychology*. Belmont, CA: Wadsworth/Thomson Learning.