

Makale Künyesi (Araştırma): Şihanlioğlu, Ö. (2024). İkidillilerde sesbilimsel işleme ve dil sınır ağları. *Çukurova Üniversitesi Türkoloji Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 1185-1208.

<https://doi.org/10.32321/cutad.1553753>

İKİDİLLİLERDE SESBİLİMSEL İŞLEME VE DİL SINIR AĞLARI

Ömer ŞIHANLIOĞLU¹

ÖZET

Nörogörüntüleme teknikleri ve analitik yöntemlerdeki ilerlemeler, ikidilliliğin insanlarda bilişsel ve beyin sistemleri üzerindeki etkisini araştıran çalışmaların çoğalmasını sağlamıştır. Çağımızda yüzlerce çalışma, dil sisteminin bileşenlerinin beyindeki işlenişine değinse de dilin ve konuşmanın sinirsel temelini tanımlanmasına ilişkin açıklamalar giderek güncellenmekte ve hızla artmaktadır. İnsan sesinin üretimi ve algılanması sürecinde, dil bileşenlerinin beyinin salt bir merkezinde aktivasyon gösterdiği düşüncesi doğru değildir. Beyinde korteksaltı nöroanatomik bölgeler olarak bilenen ve konuşma eyleminin algılanması ve üretiminden sorumlu olan bölgeler birbirlerine ön (ventral) ve arka (dorsal) kortikal yolaklarla bağlı olup beyin her iki yarıkürsünde de sesbilimsel işleme başta olmak üzere önemli görevler üstlenmektedirler. Bu bağlamda dilin bileşenlerinin işlenmesi çerçevesinde, görevlerin yerine getirilmesinde kombinatorik bir işleyiş olduğu söylenebilir. Bu kombinatorik işleyiş beyin belirli bir yerinde sabit olmayıp bilateral ve sola yanallaşmış bir şekilde gerçekleşmektedir. Tekdilli ve ikidilli bireylerde sesbilimsel bileşene ilişkin işleme, sinirdilbilimi alanında öne çıkan bir konudur. Uzun süredir, yetişkinlikte dil işlemeyi destekleyen karmaşık dil ağının, olgunlaşma ve dile maruz kalmanın geçici olarak uzun süreli bir etkileşimin sonucu olduğu varsayılmıştır. Fonksiyonel sol yanallaşma ve frontal yapıların artan katılımı, dil-sinir etkileşiminin normal gelişimsel seyri olarak kabul edilmektedir. Beyinde sesbilimsel bileşene ilişkin işleme sürecinin tekdilli ve ikidilli bireylerde nasıl gerçekleştiğini ele alan çalışmaların sayesinde, sesbilimsel bileşenin dil sisteminin beyinde en erken işlenen bileşen olduğu artık bilinmektedir. Bu bileşen tekdilli ve ikidilli işleme sürecinde aynı adımları izlese de bireysel açıdan beyin ağlarının gelişiminde farklılık yarattığı yadsınamaz. Bu çalışmayla konuşmanın algılanması ve üretimi, konu kapsamında alanyazınında yer alan araştırmaların verilerine dayanarak açıklanmaya çalışılmış ve ikidillilerin sesbilimsel işleminin nöral temelleri açıklanmıştır. Bu çalışma, sesbilimsel alının EEG ve fonksiyonel rezonans görüntüleme çalışmalarına odaklanarak, ikidillilerde sesbilimsel işleminin kortikal temelini açıklamayı amaçlamaktadır. Sonuçlar, uyaran özelliklerine, görev taleplerine ve katılımcıların ikinci dil sesleriyle ilgili önceki deneyimlerine bağlı olarak çalışmalar arasında farklılığın olduğunu gösterse de alanyazın, birinci ve ikinci dildeki sesbilimsel işleme sırasında ön ve arka korteksler dâhil olmak üzere dorsal işitsel-motor gibi beyin bölgelerinin dâhil olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca ikidillilerin genellikle tekdillilere görece dil yapılarının

¹ Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Dilbilim Ana Bilim Dalı, Doktora Öğrencisi.
omarsch2129@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0368-2153>

bileşenlerinde ve beyin alanları arasındaki bağlantı yollarında daha fazla hacim gösterdiği yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: İkidillilik, Sesbilimsel Dil İşleme, Dil Sinir Ağları, Nörodilbilim.

GİRİŞ

Dil ve konuşmayla ilgili yetilerin kaynağının ne olduğuna dair düşüncelerin, insanlığın antik dönemlerine kadar dayandığı söylenebilir. Bu dönemlerde dilin kaynağı olarak konuşma organımız olan “dil” ilişkilendirilmiş ve konuşma problemine sahip olan bireylerin dilsel problemlerini çözmek için dile masaj yapma ve dilden kan akıtma gibi ilkel ritüeller denenmiştir. O dönemlerden bugüne dilin kaynağı ile ilgili birçok araştırma süregelmiştir.

Dile ilişkin beceri ve işlevlerinin doğrudan beyin dokusuyla ilintili olduğunun keşfinden beri, insanlar dilin sinirsel temelini anlamaya odaklanmışlardır. Bu süreç, erken lezyon çalışmalarıyla özellikle de *Broca* bölgesinin dil ve konuşmada önemli rol oynadığının anlaşılmasıyla başlamıştır. Beyindeki bilişsel işlevleri görüntülemek için bir araç olarak kullanılabilen elektroensefalografi (EEG), fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) manyetoensefalografi (MEG) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRI) gibi yeni metodolojilerin ortaya çıkışı ile bu süreç ilerlemiştir. Bakış açıları farklı olsa da bu metodolojiler arasında beyinde neler olup bittiğine ilişkin verilerin sonuçlarında önemli bir uyum olduğu söylenebilir. *Uzamsal* (spatial) ve *zamansal* (İng. time-locked) olma özelliği ile birbirinden ayrılan bu yöntemler nörodilbilim alanında baskın olarak kullanılan araştırma metodolojilerindedir.

Zamansal yöntemler öncelikle konuşma algısının nöroanatomisine odaklanırken zamansal yöntemler dil sisteminin sesbilimsel (phonological), biçimbilimsel (morphological), sözdizimsel (syntactic), anlambilimsel (semantic), kullanımbilimsel (pragmatic) ve bürünsel (prosodic) bileşenlerinin farklı işlevsel nöroanatomisini ve zamansal oluşumunu belirlemeye çalışır.

Zamansal (time-locked) tekniklerin kullanıldığı beyin araştırmalarında Elektroensefalografi (Electroencephalography / EEG), Manyetikensefalografi (Magnetoencephalography / MEG) gibi farklı tekniklerle farklı uyaranlar incelenerek, olaya ilişkin potansiyeller (OİP) (event -related potentials) ve manyetometrik (magnetometric) verilerinin ortalamalarına bakılmaktadır.

Türkiye’de nörodilbilim alanındaki araştırmalarında, erişilmesi diğer beyin görüntüleme yöntemlerine görece kolay ve ucuz olması nedeniyle EEG yönteminin yaygın olarak kullanıldığı söylenebilir. EEG, beyindeki sinir hücrelerinin ürettiği elektriksel faaliyeti ölçmektedir. Kafatası derisine önceden belirlenmiş elektrotlar yerleştirilerek yapılır. Genellikle elektrotlar iletken jelle doldurulmuş başlıklarla birlikte kullanılır. EEG’de, tek hücre kayıtlarından farklı olarak elektrotlar invazif değildir, yani istilacı değildir, iğneleri bulunmamaktadır yalnızca kafatası derisine yerleştirilir. Ancak beyin ve hücrelerin dışında olduklarından bize ne tekil hücrelerin ne de grup halindeki hücrelerin faaliyeti ile ilişkili bir şey söylememektedir. Bunun yerine beyin tarafından üretilmiş elektriksel alanların bütününe bakarlar. CT ve MR’dan farklı olarak EEG’den

beynin resimsel görüntüsü çıkmamaktadır. İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme (functional Magnetic Resonance Imaging / fMRI), İşlevsel Kızılötesi Spektroskopi (functional Near-infrared Spectroscopy / fNIRS), Difüzyon Tensor Görüntüleme (Diffusion Tensor Imaging / DTI) gibi uzamsal beyin görüntüleme tekniklerin de dil bileşenlerinin beyindeki lokalizasyonuna ve kandaki oksijenlenme değerlerindeki farklılıklarla ilgili uzamsal incelemeler yapılmaktadır.

Sinirbilimlerindeki bu gelişmelerden yararlanılarak gerçekleştirilen araştırma konularından bir tanesi de ikidillilik ve sesbilimsel işlemedir. İki veya daha fazla dil konuşmak, dünya çapında milyonlarca insan için ortak bir özelliktir (Gordon, 2005). İkidillilik günümüzde son derece yaygın bir olgudur ve insanlık konuşulan bir dil geliştirdiğinden beri varlığını sürdürmektedir. Bu gerçeklere rağmen, ikidillilik, iki veya daha fazla dilin beyinde nasıl temsil edildiği konusunda hala önemli tartışmalar yaratan bir konudur. Türkiye’de ikidillilik ile ilgili yapılan çalışmalar mevcut olmakla birlikte bu çalışmalar ikidilliliğe bilişsel bakış açısıyla değinmişlerdir (Şihanlıoğlu, 2021; Kara, Ö., T., & Şihanlıoğlu, Ö., 2021).

Dil sisteminin bir mikro bileşeni olan sesbilimsel bileşenin tekdilli (monolingual) ve ikidilli bireylerde nasıl bir şekilde işlendiği hala bir araştırma konusudur. Tarama modeli ile yapılan bu çalışma, konu dâhilindeki ilgili araştırmaların verilerine dayanan nitel bir araştırmadır. Bu araştırma ile ikidilli bireylerin sesbilimsel bileşenin beyinde işlenmesi temelinde sinirsel süreci açıklanmaktadır.

1. İKİDİLLİLERDE YÜRÜTÜCÜ İŞLEVLER

Çocuklar konuşurken yetişkinler gibi içinde büyüdükleri toplumun dilini kullanırlar. Ancak birçok topluluk birden fazla dili veya birden fazla lehçeyi kullanır. Bu topluluklarda, çocuklar konuştukları zaman hangi dili konuşacaklarını seçmek zorundadırlar. Çocukların dil seçimleri, konunun yanı sıra, muhababın aile rolüne, cinsiyetine, statüsüne, gücüne ve yaşına bağlı olabilir.

Miyake ve arkadaşları (2000) tarafından tanımlanan yürütücü işlemin üç temel yönü, engelleyici kontrol, kaydırma ve güncellemedir. Engelleyici kontrol, baskın veya otomatik bir yanıtı kasıtlı olarak geçersiz kılma yeteneğini ifade eder (Bull & Lee, 2014; Miyake & Friedman, 2012). Kaydırma, birden fazla görev veya işlem arasında esnek bir şekilde hareket etme yeteneğini ifade eder (Miyake ve diğ. 2000; Best ve diğ. 2010). Güncelleme, çalışan bellekte tutulan bilgileri izleme ve daha yeni veya daha ilgili bilgilerle uygun şekilde yenileme yeteneğini ifade eder (Lee ve diğ. 2011; St Clair-Thompson ve diğ. 2006).

Birçok davranışsal çalışma ve inceleme, ikidillilerin yürütücü işlev (Yİ) (executive functioning) görevlerinde avantajlar gösterdiğini bulmuştur (örneğin, Bialystok ve diğ. 2012; Bialystok ve diğ. 2004). Yİ görevleri, katılımcıların amaca yönelik davranışlar için düşüncelerini ve eylemlerini koordine ederek üst düzey bilişsel işlevlerle meşgul olmalarını gerektirir (Miller & Wallis, 2009; Lezak, 2004).

İkidilli dil işleminin bilişsel modelleri, dilsel olmayan Yİ’ler için önemli bir rol üstlenir (Linck ve diğ. 2008). Örneğin, Green’in (1998) engelleme kontrol modeli

(inhibition control model), ikidillilerin her iki dilin sözcüksel temsilleri arasında sürekli bir rekabet yaşadıklarını ve bu nedenle hedef olmayan dilden aktivasyonu engellemek için engelleyici kontrolü kullanmaları gerektiğini öne sürer. Benzer şekilde, ikidilli etkileşimli aktivasyon modeli (bilingual interactive activation model) (Dijkstra & Van, 2002), etkinleştirilmiş sözcüksel temsiller arasında seçim yaparken yukarıdan aşağıya kontrolü dayatan bir karar ve yanıt seçim mekanizması olduğunu öne sürer.

Alanyazınında, ikidillilerin diller arasında geçiş yapmak için bir miktar etki alanı-genel yönetici kontrolü kullandığı konusunda bir düşünce birliği ortaya çıkmıştır (Weissberger ve diğ. 2015). Bu modeller, ikidilliler için dil işlemede yürütme işlevinin önemini güçlü bir biçimde önerir.

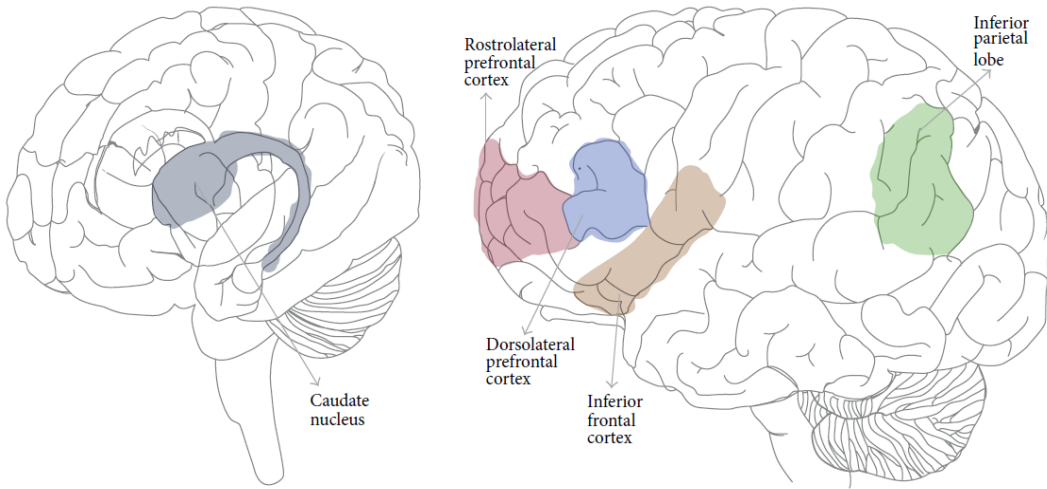
Bununla birlikte, ikidilli dil kontrolü için yürütücü işlevler (ör., diller arasında geçiş yapma) ile dilsel olmayan yürütücü işlevler (ör., görevler arasında geçiş yapma) arasında bir fark olabileceğine dikkat edilmelidir. Ön araştırmalar, ikidillilerin yürütücü işlevler açısından avantajının birincisiyle sınırlı olabileceğini göstermektedir (Calabria ve diğ. 2015; Verreyt, 2016).

Kovelman ve ark. (2008), fNIRS kullanarak ikidillilerin semantik bir karar verme görevinde, dorsolateral prefrontal korteksi (DLPFC) ve alt frontal korteksi, her iki grubun görevde eşit derecede iyi performansa sahip olmasına rağmen, tekdillilerden daha güçlü bir şekilde aktive ettiğini ortaya koymuştur. Önceki araştırmalar (Curtis ve ark. 2003; Baddeley, 2003) DLPFC'yi çalışma belleğiyle ilişkilendirdiğinden, birden fazla dili işleme yeteneğinin, dil işlemeyle ilişkili çalışma belleğini destekleyen beyin bölgelerinde işlevsel değişikliklere yol açmış olabileceği anlamına geldiği şeklinde yorumlara bulundular.

Bu bulgular, araştırmacıların iki dillilerin klasik sol yarım küre dil alanlarını (sağ alt frontal girus, üst temporal girus) ve alan-genel bilişsel alanları (dorsolateral prefrontal korteks, rostrolateral prefrontal korteks) bir okuma görevinde tekdillilerden daha güçlü bir şekilde aktive ettiğini buldukları Jasińska ve Petitto (2014) tarafından yapılan bir fNIRS çalışmasının bulgularıyla paralellik göstermektedir.

Önceki araştırmalar (Wagner ve ark. 2006; Christoff ve ark. 2001) RLPFC'nin planlama, muhakeme, bilgiyi bütünleştirmeyle ve DLPFC'nin çalışma belleğiyle bağlantılı olduğunu saptamıştır. Dolayısıyla araştırmacılar, ikidillilerin iki dil sistemi arasında izleme ve seçim yapma deneyimlerinin daha büyük prefrontal korteks aktivasyonu ile bağlantılı olabileceğini öne sürmektedirler. Tekdillilere göre ikidillilerde yürütme işlevinde rol oynayan kilit beyin bölgeleri Görsel 1'de verilmektedir.

Görsel 1. İkidillilerde Yürütücü İşlevde Rol Oynayan Beyin Alanları (Wong ve ark. 2016).



1.1. İkidilliliğin Dilin Sesbilimsel Bileşen Üzerindeki Ayırıcı Etkisi ve Dil Sinir Ağının Yapısı ve İşlevi

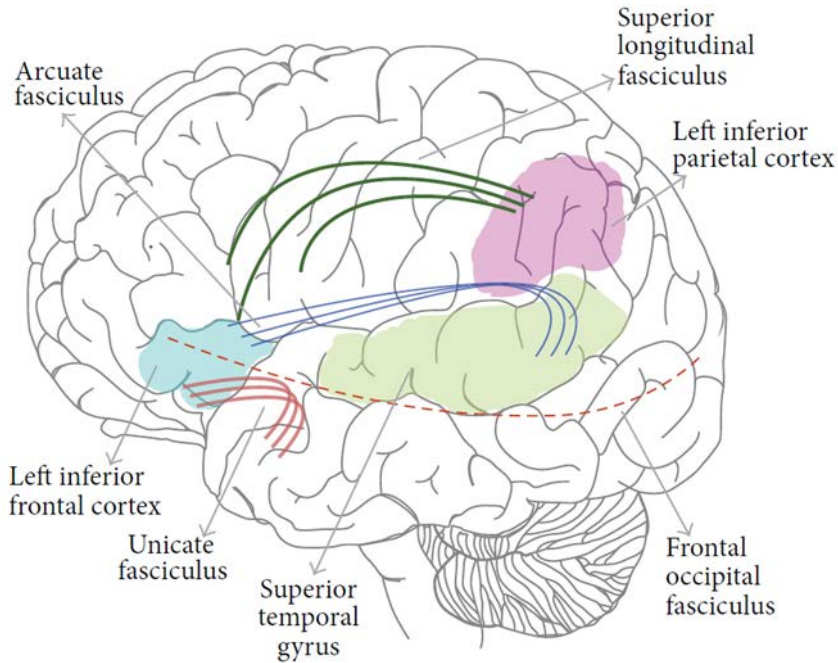
Sesbilimsel farkındalık, bireyin dilinin sesbilimsel yapısını ayırt etme veya tanımlama becerisini ve farkındalığını içeren üst dilsel bir beceridir. Bu, uyak, seslemler ve sesbirimlerin bilgisini içermektedir. Genel olarak, sesbilim ile ilgili alanlar da dâhil olmak üzere, geleneksel dil alanlarının çoğunda ikidilli ve tekdilli kişiler arasında beyin yapısında önemli farklılıklar olduğuna dair kanıtlar vardır; gri madde hacminin (gray matter volume) ikidillilerde Heschl girusu (Ressel ve diğ. 2012) üst temporal girus (Golestani ve diğ. 2002), sol alt parietal korteks (Elmer ve diğ. 2011) ve alt frontal alanlar (Klein ve diğ. 2014) için önemli ölçüde daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

İşlevsel olarak, tekdilli çalışmalar, üst temporal girusun akustik ve sesbirimsel işleme ile bağlantılı olduğunu, alt parietal korteksin ise anlamsal/sözcüksel öğrenme ile bağlantılı olduğunu göstermektedir (Li ve diğ. 2014). Ek olarak, semantik akıcılıktan çok fonem ile ilişkili olan kaudat çekirdekte (Zou ve diğ. 2012) artan gri madde hacmi bulunmaktadır (Grogan ve diğ. 2009). Fonksiyonel görüntüleme ve nöroelektrofizyoloji çalışmaları, iki dil bilenler için benzer alanlarda aktivite modellerinde farklılıklar olduğunu da göstermektedir. ERP çalışmaları, yetişkinlerde ve bebeklerde konuşma fonemlerinin algılanmasının ulamsal olduğunu göstermektedir. Örneğin, akustik bir sinyali a/p/ ile a/b/ olarak algılamak arasında keskin sınırlar vardır. Bu, bir MMN paradigması yani mismatch negativity paradigması ile gösterilmiştir ve işitsel korteksin arkasında, sol planum temporale lokalize olmaktadır (Dehaene-Lambertz, 2004).

İkidilli katılımcılarla yapılan benzer çalışmalar, bir dili, ikinci dil olarak konuşanların da bu ulamsal ses algısını sergilediğini göstermektedir. Yakın kızılötesi spektroskopisi (fNIRS) kullanan Minagawa-Kawai ve ark. (2005) hem Japonca D1 (birinci dil) hem de D2 konuşanlardan oluşan gruplarda Japonca ünlülerin ulamsal sesbirim algısını bildirmiştir. Bununla birlikte, D2 grubu daha yavaş tepki süreleri göstermiş ve yalnızca D1 grubu, sol işitsel alanda performans ile aktivite arasında bir ilişki göstermiştir. Ayrıca Tan ve ark. (2001), sol orta frontal korteks ve sol alt prefrontal korteks ile ilgili bir uyak görevinde D1 ve D2'de (Çince ve İngilizce) benzer aktivasyon saptamışlardır. Yazarlar, ikidillilerin benzer ses ağlarını kullandığı ve hece düzeyindeki işlemlerini D1'den D2'ye aktardığı sonucuna varmıştır.

Bebeklik döneminde bile, sesbilimsel bir ayırım görevi ile ilgili alanların aktivasyonunun tekdilli ve ikidilli arasında benzer olduğu öne sürülmüştür (Petitto ve diğ., 2012). Her iki grup da sol superior temporal girus (yetişkinlerde sesbilimsel işleme ile ilgili) ve sol inferior frontal korteks (yetişkinlerde anlamsal geri getirme, sözdizimi ve sesbilimsel kalıplama ile ilgili) dâhil olmak üzere, yetişkin çalışmalarında bulunan dil ağının bölümlerini etkinleştirmektedir. Sesbilimsel işleme görevlerini yerine getiren ikidillilerin yapı ve işlevsel aktivitelere farklılık gösteren temel beyin alanları ve bağlantıları Görsel 2'de gösterilmektedir.

Görsel 2. Sesbilimsel İşleme Görevlerini Yerine Getiren İkidilliler İçin Yapı ve İşlevsel Aktivitede Çeşitlilik Gösteren Beyin Alanları ve Bağlantıları (Wong ve ark. 2016).



1.2. Sesbilimsel Dil İşlemenin Kortikal Temelleri

Yetişkinlerde PET ve fMRI gibi yöntemleri kullanan fonksiyonel beyin görüntüleme çalışmaları, sözcükler, konuşma seslemleri ve anlamsız konuşma sesleri kullanarak pasif dinleme, sesbirim izleme, ayırt etme, tanımlama ve uyak görevlerini kullanarak sesbirimsel algının sinirsel temellerini ortaya koymaya çalışmıştır. Alanyazınındaki birkaç araştırma, daha genel olarak dil işleme ve öğrenmenin sinirsel temellerine ilişkin modeller sunmaktadır (Hickok & Poeppel, 2007; Friederici, 2012; Rodriguez-Fornells, Cunillera, Mestres-Misse & Deigo-Balaguer, 2009; Kotz & Schwartze, 2011; Price, 2012). Konuşma eyleminin üretimi ve algılanmasına dayalı sesbirimsel işleme süreçlerini aktaran ve yaygın olarak takip edilen dört bilişsel dil işleme modeli şunlardır;

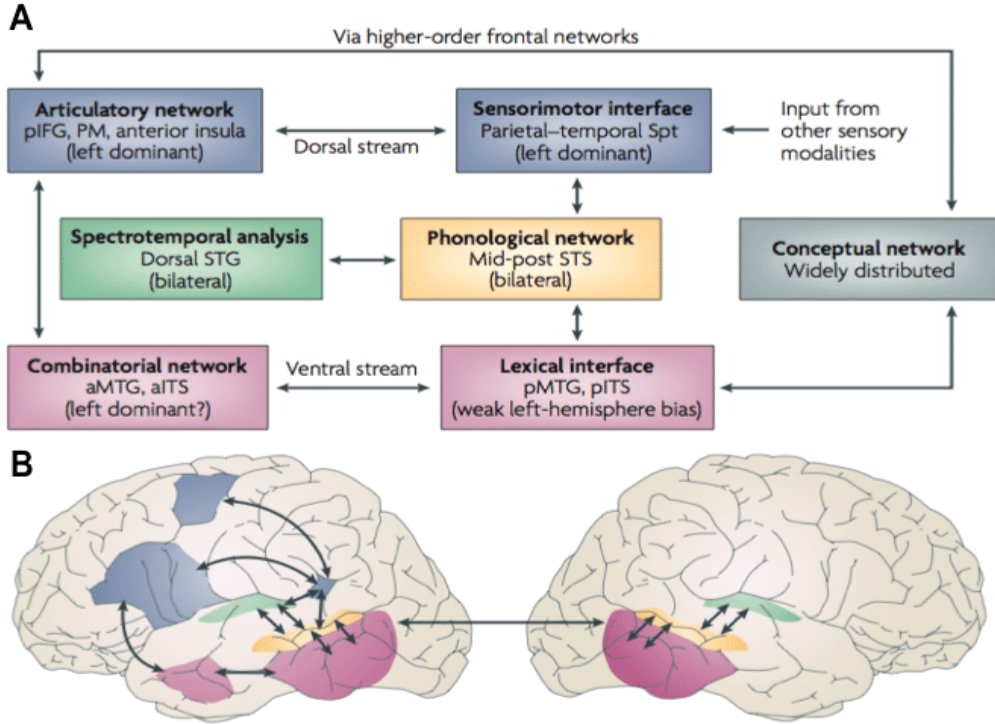
- i. Zamanda Asimetrik Örnekleme (İng. Asymmetric Sampling in Time) (Poeppel, 2003),
- ii. İşitsel Konuşma Sürecinin Nörobilişsel Modeli (İng. Neurocognitive Model of auditory speech processing) (Friederici, 2002, 2011, 2012),
- iii. Çift-yönlü Yolak Modeli (İng. Dual-stream Model) (Hickok & Poeppel, 2007) ve
- iv. Bütünleyici Konuşma Süreci Çerçeve Modeli (İng. Integrative Speech Processing Framework) (Kotz & Schwartze, 2010, 2011).

Çok çeşitli beyin görüntüleme yöntemleri sayesinde, mevcut araştırmacılar yalnızca gözlem veya ölüm sonrası (post-mortem) incelemelerle yetinmemektedir. Bunun yerine, en son geliştirilen modeller, son bulguları bütünleştirmeyi amaçlar ve düzenli olarak genişletilir ve geliştirilir.

Aşağıdaki bölümde, Hickok ve Poeppel'in (2000, 2004, 2007) Çift-yönlü Yolak Modeli & Friederici'nin İşitsel Konuşma Sürecinin Nörobilişsel Modeli (2002, 2011, 2012a; Friederici & Kotz, 2003; Friederici & Alter, 2004) daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Temel olarak işlevsel görüntüleme ve lezyon verilerine dayanan Çift-yönlü Yolak Modeli, konuşma işleme yer alan beyin alanlarının ve yollarının tanımlanmasına odaklanır. Hickok & Poeppel (2000, 2004, 2007, bkz. Görsel 3.), konuşma algısına aracılık eden iki farklı işlem akışının var olduğunu varsaymaktadır. İki taraflı bir ventral yol, konuşma eyleminin anlaşılmasından sorumludur, akustik girdiyi analiz eden ve daha sonra sesbilimsel, sözcüksel ve kavramsal bilgileri birleştiren süreçleri koordine eder; yani, sesin anlamla eşleştirilmesi sürecinin koordine edilmesi söz konusudur. Ek olarak, bu model, girdiyi duyuşal-motorik ağlara entegre ederek konuşma işlemeyi destekleyen “sola yanallaşmış” bir dorsal yol önerir.

Görsel 3. Çift-yönlü Yolak Modeli. Hickok & Poeppel (2007).



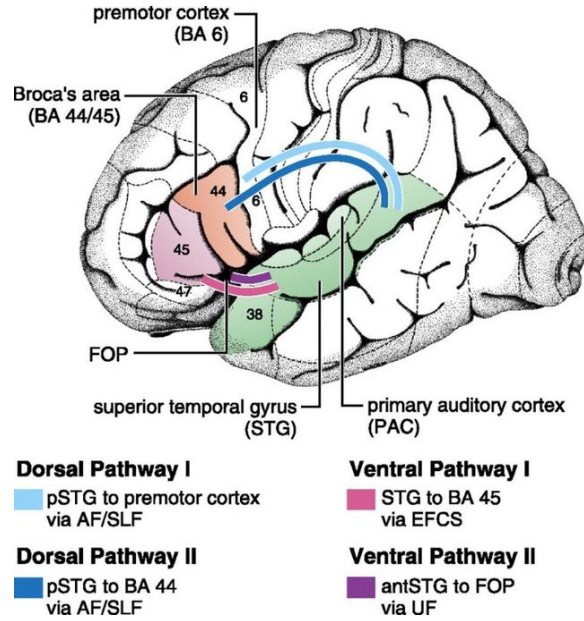
(A) Çift-yönlü Yolak Modelinin şematik diyagramı. (B) Mevcut kanıtların izin verdiği ölçüde kesin olarak belirtilen, Çift-yönlü Yolak Modelinin bileşenlerinin yaklaşık anatomik konumları.

Önemli olarak, bu iki akış, kendi özel işlemlerine başlamadan önce, işitsel korteksler, gelen akustik girdinin spektro-temporal analizini iki taraflı olarak gerçekleştirir. Daha sonraki sesbilimsel düzeydeki analizler, orta ve arka superior temporal sulkus (STS) tarafından iki taraflı, hafif sola yanallaşmış olarak desteklenir (Hickok & Poeppel, 2004). İki taraflı organize bir sistem varsayılsa da sistemler hesaplama açısından farklıdır. Diğer konuşma tanıma modellerinin aksine (Marslen-Wilson, 1987; McClelland & Elman, 1986), yazarlar, örnekleme hızı (gama ve teta aralığı) açısından farklılık gösteren bu süreci farklı *hemisfer* (hemispher) akışlarının desteklediğini varsaymaktadır. Bu varsayım, sözlü sözcük tanımayı zorunlu olarak sınırlamayan tek taraflı superior temporal lob lezyonlarındaki nöropsikolojik kanıtlarla desteklenmektedir (Hickok & Poeppel, 2004, 2007). Sol hemisfer zamansal çözünürlükte, sağ hemisfer spektral çözünürlükte yer almaktadır (Hickok, 2009; Zatorre ve diğerleri, 2002). Bununla birlikte, paralel yolları gösteren işlev asimetrisine rağmen, model, her iki hemisferin de konuşma analizi süreçlerine aracılık ettiğini belirtir. Bu varsayım, konuşmanın, *bihemisferik* (bihemispheric) sistem tarafından bağımsız olarak kullanılabilen sesbilimsel bilgilere gereksiz ipuçları içermesi gerçeğiyle desteklenmektedir (Hickok, 2009). Modele göre, sola yanallaşmış bir dorsal sinir yolu olan ikinci akım, esas olarak konuşma algısını destekler (Hickok & Poeppel, 2007). Bu

yolun konuşma gelişimi, yeni sözcük bilgisi edinme, sesbilimsel kısa süreli hafıza, izleme ve tekrarlama ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

İşitsel Konuşma Sürecinin Nörobilişsel Modeli (Friederici, 2002, 2011, 2012a; Friederici & Kotz, 2003; Friederici & Alter, 2004), net bir çerçeve çizmek için işlevsel beyin görüntüleme verilerini, zaman süreci bilgisini ve beyaz madde fiber takibini içerir. İşitsel algıdan tümceyi anlamaya kadar tüm ilgili süreçleri içeren, dili anlamının işlevsel nöroanatominin bir parçasıdır. Girdi güdümlü ve yukarıdan aşağıya süreçler, işitsel-motor haritalamaya yardımcı olan bir dorsal yol ve işitsel-anlam eşleştirmeyi kolaylaştıran bir ventral yol aracılığıyla temporo-frontal ağlarda dil işlemeyi kontrol eden kortikal bir dil devresi aracılığıyla desteklenmektedir (Friederici, 2012a, bkz. Görsel 4.).

Görsel 4. İşitsel Konuşma Sürecinin Nörobilişsel Modeli.



FOP: Frontal operculum; ECFS: extreme capsule fiber system; MTG: middle temporal gyrus; UF: uncinate fasciculus; AF: arcuate fasciculus; pSTG: posterior superior temporal gyrus; antSTG: anterior superior temporal gyrus; SLF: superior longitudinal fasciculus; BA 44: Brodmann area 44; BA 45: Brodmann area 45; BA 6: Brodmann area 6; PAC: primary auditory cortex.

Anterior STG'yi sol frontal operculum (FO: frontal operculum) ile birleştiren uncinate fasikulus (UF: uncinate fasciculus) boyunca bir ventral yol (ventral yol II) sayesinde, ilk sözdizimsel işlem adımı, yani ilk yerel yapı oluşturma süreci, uyarın başlangıcından sonra 120-200 ms içinde gerçekleşir (Friederici ve diğ. 1993; Isel ve diğ. 2007; Herrmann ve diğ. 2011). Bir tümcedeki anlamsal ve sözdizimsel bileşenlere ilişkin bilgilerin 300-500 ms arasında işlendiğini gösterdiği için (Kutas & Hillyard, 1984; Osterhout & Holcomb, 1992), paralel sistemler olarak varsayılır. Birincisi, STG'nin orta ve arka

kısımlarını içeren semantik sola yanallaşmış temporo-frontal ağ olarak tanımlanabilir. Orta temporal girus (MTG: middle temporal gyrus) ve IFG (BA 45/47) ekstrem kapsül fiber sisteminden (ECFS: extreme capsule fiber system) geçen ikinci bir ventral yol (ventral yol I) ile bağlanır (Saur ve diğerleri, 2008). İkinci temporo-frontal ağ ise sözdizimsel süreçleri yönetir (Friederici, Balh-mann, ve diğ. 2006; Gow, 2012) ve arka STG/STS'yi arkuat fasikül (AF: arcuate fasciculus) yoluyla IFG'ye (BA 44) bağlayan (Catani ve diğ. 2005; Friederici, 2012b) bir dorsal yol (dorsal yol II) aracılığıyla bağlanır. Sesbirimsel işleme ile ilgili olarak, bu dil işleme modelleri, dorsal işitsel-motor arayüzünün veya işitsel, frontal ve parietal bölgeler dâhil olmak üzere dorsal akımın seslerin artikülâtör tabanlı temsiller üzerinde haritalandırılmasındaki rolünü vurgular (Hickok & Poeppel, 2007, Rodriguez-Fornells, 2009). Sözcüksel işleme ve anlam işlemede ya da anlambilimde daha fazla yer aldığı düşünölen ventral akımın aksine (Hickok & Poeppel, 2007; Rodriguez-Fornells ve diğerleri, 2009) bu ağ özellikle sesbilimsel işleme ve işleyen bellekle ilgilidir (Aboitiz, 2012).

2. İKİDİLLİLERDE SESBİLMSEL DİL İŞLEME

İkidilli dil işleme (İng. bilingual language processing) üzerine yapılan araştırmalar, diller arası etkileşimlerin keşfiyle göze çarpmaktadır: İkidilli bir işlem yapıldığında, bir dil, diğeri dildeki bilgilere eş zamanlı olarak erişebilmektedir. Okuma (Dijkstra ve diğ. 1999, 2000b), dinleme (Spivey & Marian, 1999) ve konuşma üretimi (Colome, 2001; Jared & Kroll, 2001; Jared & Szucs, 2002) sırasında hedef olmayan dil aktivasyonunun kanıtı bulunmasına rağmen, erişilen bilginin (örneğin yazım, ses veya anlam) doğası belirlenmemiştir. Bunun nedeni, önceki çalışmaların daha çok ana dil erişiminin temeli olarak imlaya (İng. spelling) odaklanmış olmasıdır (Dijkstra ve diğ. 1998, 2000a; Van Heuven ve diğ. 1998; De Groot ve diğ. 2000). Örneğin, D2'deki ikidilli performansın, yazımları D1'deki çevirilerle paylaşan sözcüklerle (yani, diller arası eşyazımlılar (homographs) farklılaştığı gösterilmiştir. Önemli olan nokta, ikidilli dil işleme (İng. bilingual language processing) dili seçici (İng. language selective) ise, ikidilli katılımcıların yanıtlarının, dile özgü sözcüklerle karşılaştırıldığında iki dilde okunabilen sözcüklere karşı duyarlı olması gerektirir.

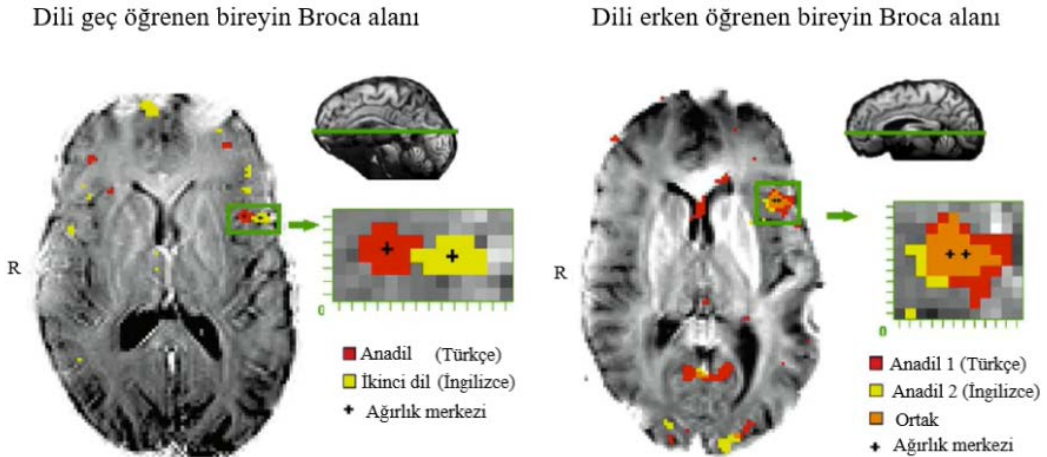
Şimdiye kadar, deneysel psikoloji ve olayla ilgili potansiyel (ERP: event related potentials) çalışmaları, ikidillilerin çeşitli görevlerde eşyazımlıların diller arası (İng. interlingual) durumuna duyarlı olduklarına dair ikna edici kanıtlar sağlamıştır (Beauvillain & Grainger, 1987; Andrews, 1997; Elston-Güttler ve diğ., 2005; Kerkhofs ve diğ., 2006), ana dil çevirilerinin yazımına erişim önermektedir.

Sözcüklerin sesinin görsel sözcük tanımada önemli bir rol oynadığına ilişkin teorik bakış açısıyla motive edilen çalışmada (Frost, 1998; Jared ve diğ., 1999), D2 sözcük işleme sırasında D1'deki sesbilimsel aktivasyonun büyüklüğünü belirlemeye yönelik incelemeler yapılmıştır. Diller arası sesteş (İng. interlingual homophones) çalışmalarında olduğu gibi, bu tür çalışmalarda da diller arası sesteş sözcükler yaygın olarak kullanılmıştır. Sözcüksel karar görevlerinde, örneğin, ikidilli katılımcılar, iki dillerinde aynı sese sahip sözcüklere karşı artan tepki süresi ve hata oranı gösterirler (Doctor & Klein, 1992; Dijkstra ve diğ., 1999). Dijkstra ve diğ. (1999), bu tür engelleyici etkilerin, paralel olarak etkinleştirilen hedef ve hedef olmayan dillerdeki sesbilimsel temsiller

arasındaki rekabete dayandırılabilceğini öne sürmektedir. İlginç bir şekilde, diğer çalışmalar, aynı tür deneysel görevleri kullanan diller arası sesteş sözcükler için kolaylaştırıcı etkilerin olduğunu bildirmiştir (Brysbaert ve diğerleri, 1999; Lemhofer & Dijkstra, 2004).

Kim ve arkadaşları (1997), İngilizce-Türkçe erken (çocukluktan itibaren) ve geç ikidillilerin (10 yaşından sonra) konuşma üretimleri sırasında iki dilin beyindeki lokalizasyonunun durumunu incelediler. Tümce oluşturma görevinin uygulandığı çalışmada her iki gruptan günlük rutinlerini anlatmaları istenmiştir. Katılımcılarının erken ikidilli ve geç ikidilli olduğu iki grup arasında konuşmanın üretimi için Broca'nın farklı alanlarının kullanıldığı gözlemlenmiştir (bkz. Görsel 5.).

Görsel 5. Erken ve Geç İkidilli Grubun Konuşma Üretimlerinin Broca Alanındaki Lokalizasyonu

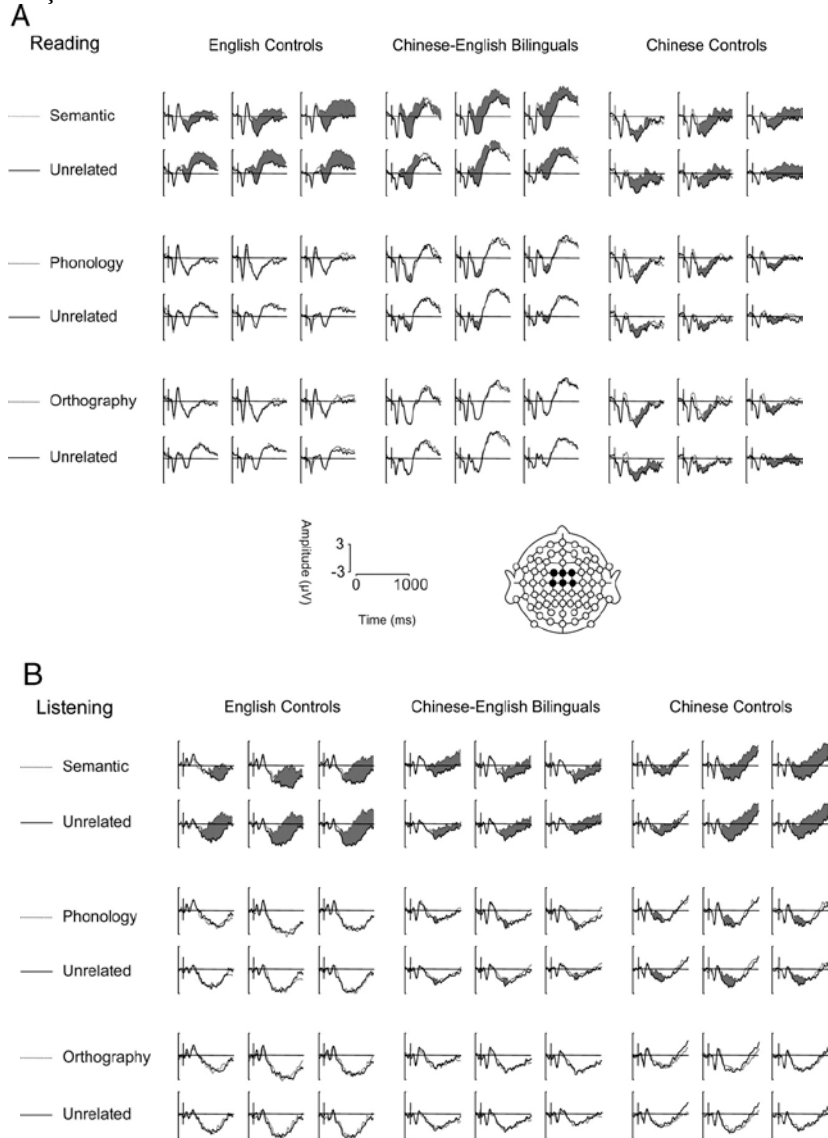


Görsel 5'te geç ikidillilerin (sol tarafta) üretimleri sırasında, Broca alanlarındaki lokalizasyonu verilmektedir. Geç ikidilli grubun her iki dildeki üretimleri sonucu aktive olan alanlarda ayrıklaşma olduğu gözlenmiştir. Buna göre geç ikidilli grupta, edinim sürecinde İngilizce baskın olduğu için İngilizce anadil olarak belirlenirken Türkçe ikinci dil olarak belirtilmiştir. Erken ikidillilerin (sağ tarafta) beyin görüntülerine bakıldığında, geç ikidillilerdeki ayrıklaşmanın aksine her iki dil arasında bir birleşme ve kaynaşma söz konusudur. Bu durumda dil edinim sürecinde, İngilizcenin ve Türkçenin birlikte edinildiği söylenebilir. Erken ikidillilerin her iki dili aynı kanalda işleme iki dilin algılanmasının ve üretiminin daha hızlı gerçekleştiği anlamına gelmektedir. Bu durumun iki dil arasında kod değiştirmede (code switching), hız açısından doğrudan olumlu etki yarattı söylenebilir.

İkidilli bireylerin diğer dillerine ait bir şey okurken veya dinlerken ana dillerine eriştikleri gösterilmiştir ancak ne tür bir zihinsel temsil (örneğin, ses veya heceleme) aldıkları bilinmemektedir. Wu & Thierry (2010), olayla ilgili beyin potansiyellerini kullanarak (bkz. Görsel 6), ileri düzey Çince-İngilizce ikidilli kişilerin İngilizce sözcükleri okuduklarında veya dinlediklerinde, Çince sözcüklerin ses biçimine bilinçsizce

erişildiğini göstermeye çalışmışlardır. Katılımcılardan ikili olarak sunulan İngilizce sözcüklerin anlam bakımından ilişkili olup olmadığına karar vermeleri istendi; ayrıca ilgisiz bazı sözcük çiftlerinin Çince çevirilerinde ya bir ses ya da bir imla tekrarı içerdiğinin farkında değillerdi. Çince çevirilerde heceleme tekrarının hiçbir etkisi olmamasına rağmen, gizli ses tekrarları olayla ilişkin beyin potansiyellerini (OİP) önemli ölçüde modüle etmiştir. Bu sonuçlar, ikinci dilin işlenmesinin, ana dil çevirilerinin yazımını değil, sesini etkinleştirdiğini göstermektedir.

Görsel 6. İngilizce kontrol grubu, Çince-İngilizce iki dil bilenler ve Çince kontrol grubu için ERP sonuçları.



Okuma (A) ve dinleme (B) deneylerinde İngilizce kontrol grubu, Çince-İngilizce iki dil bilenler ve Çince kontrol grubu için ERP sonuçları. Dalga formları, altı elektrottan (FC1, FC2, FCz, C1, C2, Cz) beyin potansiyeli varyasyonlarını gösterir. Şematik kafa elektrot konumlarını gösterir. Gölgeli alanlar, minimum 30 ms'lik bir süre boyunca koşullar (örneğin, $p < 0.05$) arasındaki önemli farklılıkları temsil eder.

2.1. İkidilliliğin Birinci Dil İşleme Üzerindeki Sinirsel Sonuçları

Çeşitli araştırmalar, tekdilli ve ikidilli genç yetişkinlerde dil işlemenin sinirsel bağıntılarında potansiyel farklılıklar bulmuştur. Aşağıda tartışıldığı gibi, bu potansiyel sinirsel farklılıkların, ikidilliliğin birinci dil işleme üzerindeki etkilerine ilişkin olası açıklamalarla tam olarak nasıl ilişkili olduğunu belirlemek kolay değildir. Bununla birlikte, çoğu çalışma, sinirsel farklılıkları, ikidillilerde artan dil işleme isteklerinin göstergeleri olarak yorumlamıştır. Bu da ya dil kullanımının azalmasından ya da daha fazla dilsel kontrol ihtiyacından kaynaklanmaktadır.

Birkaç araştırmaya göre, bazı beyin yapıları tekdilli ve ikidillilerde farklı aktivite gösterir ve bu da ikidillilere özgü bir beyin aktivitesinin olduğunu düşündürür. Örneğin, sol alt frontal korteks, anlama görevleri sırasında tekdillilere oranla eşzamanlı ikidillilerde artan aktivite olduğunu göstermektedir (Kovelman ve diğ. 2008). Bu farklı aktivitenin ikidillilerde bir tür dil ayırma mekanizmasına dâhil olduğu öne sürülmüştür. Ayrıca, ikinci bir dilin yeni yazım-fonoloji eşleştirmelerini öğrenen bireyler, birinci dillerinde okuma sırasında sol ventral prefrontal korteksin artan aktivasyonunu göstermeye başlar. Bu artış, ikidillilerin ana dillerinde okuma sırasında sözcüksel olan ve sözcüksel olmayan isteklerinin daha yüksek olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Nosarti ve diğ. 2010). Bununla birlikte, bu çalışmaların sonuçları, katılımcılara iki dilden uyarınların sunulduğu ikidilli bir deneysel ortamı içermeleri gerçeğiyle sınırlıdır. Bu ayar, ikidillilerin dili kendi dillerinden yalnızca birinde işlerken zorunlu olarak dâhil olmayan belirli süreçleri devreye sokabilir (örneğin, belirli bir öğenin sunulduğu dili belirleme). Bu nedenle, aşağıda sunulan kanıtları yorumlarken, her bir çalışmanın ikidilli mi yoksa tekdilli ortamları mı kullandığını göz önünde tutmak önemlidir.

İkidillilerde artan dil işleme istekleri için belki de en ikna edici kanıt, tekdillilerle karşılaştırıldığında, yüksek yetkinliğe sahip erken dönem ikidillilerin birkaç dilsel görevi yalnızca kendi ana dillerinde gerçekleştirdikleri bir çalışmadan (Parker Jones, ve diğ. 2012) gelmektedir. Bu ikidilli ve tekdilli kontrollerdeki beyin aktivitesinin karşılaştırılması, ikidillilerin, sol hemisferde dil ile ilgili beş beyin bölgesinde daha yüksek aktivite sergilediğini ortaya çıkardı: dorsal precentral girus, pars triangularis, pars opercularis, superior temporal gyrus ve planum temporale). Bu farklılıklar, resim adlandırma ve sesli okuma gibi sözcüğü yeniden çağırma ve artikülasyonu içeren görevlerde belirgindi, ancak alıcı dil görevlerinde farklılık görülmemiştir. İlginç bir şekilde, tekdilliler, adlandırma ve okuma görevlerinde dil işleme istekleri arttığında aynı beş beyin bölgesindeki aktivitede artışlar gözlenmiştir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında, yazarlar ikidilli ve tekdilli işleme arasındaki temel farkın ikidillilerin karşılaştığı artan işlem istekleri ile. Bu sonuçlar göz önüne alındığında, yazarlar, ikidilli ve tekdilli işleme arasındaki temel farkın, ikidillilerin karşılaştığı “iki dili de kontrol

etmek için ek ihtiyaç duyma”, “sözcük rekabetini çözme gerekliliği, iki dildeki artikülasyon dengesizliği ve artan işlem istekleri ile ilintili olduğu sonucuna varmıştır.

İkidilliliğin, kontrol süreçlerini zorlaştırdığı düşüncesiyle paralel olarak, birkaç çalışma, ikidillilerde, tekdillilere göre dil kontrolünde yer alan beyin alanlarının daha büyük bir katılımını göstermiştir. Örneğin, Abutalebi ve arkadaşları (2008), sol kaudatın (left caudate) başının ve sol ön singulat korteksin (left anterior cingulate cortex), yüksek yetkinliğe sahip erken ikidillilerde, ikidilli dil işleme sırasında tercihen dâhil edildiğini ikna edici bir şekilde savunmaktadırlar (Garbin ve diğ. 2011). Ayrıca, bu yazarlar, her iki yapının da dil işleme sırasında, en azından her iki dilin de dâhil olduğu bağlamlarda, iki dili ayrı tutmada rol oynadığını öne sürmektedir. Bununla birlikte, ikidillilik ile ilgili işleme isteklerindeki artışın fayda sağlayabileceği belirtilmektedir. Örneğin, erken dönem yüksek yetkin ikidilliler, seslerin temel frekans (fundamental frequency) aralığında daha büyük bir elektriksel beyin tepkisinin ortaya koyduğu gibi, dilsel seslerin gelişmiş subkortikal temsilini gösterir; bu, ikidillilerin daha verimli ve esnek işitsel işlemeye sahip olduğunu düşündürmektedir (Krizman, 2012).

Son zamanlardaki heyecan verici bir araştırma, ikidilliliğin belirli beyin bölgelerinin yapısını da etkilediğini öne sürmektedir. Örneğin, erken ve geç yüksek düzeyde yetkin ikidilliler, ortalama olarak, sözel akıcılık görevlerinde (sol alt parietal yapılar: Mechelli ve diğ. 2004), artikülatör ve sesbilimsel süreçlerde (sol putamen: Abutalebi, 2013) ve işitsel işlemede (Heschl Gyrus: Ressel, 2012) yer alan alanlarda artan gri madde göstermektedir. Ayrıca, beyaz madde yollarındaki değişikliklerin de ikidillilik ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (García-Pentón, 2014). Ardışık, yüksek yeterliliğe sahip ikidilli yetişkinler (70 yaşında) üzerinde yapılan bir araştırma, ikidillilerde korpus kalozumda (corpus callosum) tekdillilere göre daha yüksek beyaz madde bütünlüğü olduğunu bildirmiştir (Luk, 2011). Bu yapısal değişikliklerden bazıları, ikinci dildeki yeterlilik düzeyine de duyarlıdır. Ayrıca, bunların gerçekten de diğer potansiyel olarak kontrol edilemeyen değişkenlerden ziyade ikinci bir dilin kullanımıyla ilgili olduğunu öne sürmektedir (Mechelli ve diğ. 2004). Bu nedenle, bu yapısal değişikliklerin işlevsel rolleri arasındaki ilişkilerin tam ve tutarlı bir çerçevesini sunmak zor olsa da iki dilin öğrenilmesi ve sürekli kullanımının çeşitli kortikal ve subkortikal yapıların işlevsel ve yapısal özellikleri üzerinde yaygın etkileri olduğu düşünülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada ikidilliliğin beyin yapısı, yapısal bağlantı, işlevi ve işlevsel bağlantı üzerindeki etkisine değinilmiş ve bu etkiyi incelemek için gelişmiş beyin görüntüleme tekniklerini kullanan çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmada giriş bölümü aktarıldıktan sonra ele alınan ilk konu ikidillilik olup bu bölümde ikidilliliğin genel çerçevesi aktarılmaya çalışılmıştır. İkinci olarak, ikidillilerin yürütücü işlevlerinin dil sinir ağının yapısı ve işlevi üzerindeki etkileri üzerine, gözden geçirilen çalışmalara yer verilmiştir. Bu bölümde, ikidillilerde dil işleme ile ilgili teorik modellere yer verilmiş ve insan beyninde ikidillilikten kaynaklanan yapısal, işlevsel ve bağlantısal değişiklikler ve bunun tekdillilerden farklı olup olmadığına ilişkin sinirbilim çalışmalarından elde edilen deneysel bulgulara yer verilmiştir. İlgili çalışmalar doğrultusunda ikidillilerde daha güçlü bilişsel kontrolün, frontoparietal ağda artan gri ve beyaz madde hacmi ve bölgesel

aktivasyon ile birlikte gerçekleştiğini göstermektedir. Bununla birlikte, dil sinir ağının D1 ve D2 işleme için farklı olup olmadığı, okuma, dinleme ve konuşma üretimi alanlarında D1 ve D2 için benzer beyin ağlarının etkinleştirildiğine dair kanıtları ortaya koymuştur. İkideğiller arasında iki ses grubu öğreniyor olsalar da eldeki kanıtlar ikideğilli ve tekdillilerin ses envanterlerini oluşturmaları için gereken sürede büyük farklılıklar olmadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca araştırmacılar, iki dile maruz kalan bebeklerin farklı sesbilimsel envanterlerin her ikisini de ana dil olarak işleyebileceğini gösterdiğini, dolayısıyla sesbilimsel temsillerin gelişiminin aynı anda birden fazla dil öğrenmekten olumsuz etkilenmediğini ileri sürmüşlerdir. Ancak ikideğiller, kendi dillerinden herhangi birine, tekdillilerin kendi dillere oranla daha az maruz kaldıkları için, ikideğilliliğin sesbilimsel envanterinin edinilmesinde genel bir gecikmeye neden olacağı beklenebilir bir durumdur. Çalışmanın izleyen bölümlerinde sesbilimsel dil işleme sürecinin kortikal temellerine değilmiş ve dil işlemede etkili olan kortikal ağlar ve bu ağlar arasındaki bağlantılara ilişkin dil işleme modelleri aktarılmıştır.

Dil sisteminin bileşenlerinin beyindeki işleme sürecine ilişkin ilgili yüzlerce çalışma olmasına rağmen, dilin ve konuşmanın sinirsel temelini tanımlanması hala zordur. Konuşmanın algılanması ve üretimi sürecinde, dil bileşenlerinin beyinin salt bir merkezinde sabit olduğu düşüncesi doğru değildir. Beyinde konuşma eyleminin algılanması ve üretiminden sorumlu korteksaltı (subcortex) nöroanatomik bölgeler ve bu bölgeleri birbirlerine bağlayan ön (ventral) ve arka (dorsal) kortikal yollar beyin her iki yarıküresinde de önemli rollere sahiptir. Bu noktada dilin bileşenlerinin işleme sürecine ilişkin görevlerin yerine getirilmesinde kombinatorik bir işleyiş olduğu söylenebilir. Bu kombinatorik işleyiş beyin belirli bir yerinde sabit olmayıp bilateral ve sola yanlaşmış bir şekilde gerçekleşmektedir. İzleyen bölümlerde ikideğillerde dil işleme sürecinin sesbilimsel yönleri üzerindeki etkileriyle ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Bu çalışmalardan hareketle, ikideğillerin genellikle tekdillilere göre dil yapılarının bileşenlerinde ve beyin alanları arasındaki bağlantı yollarında daha fazla hacim gösterdiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, beyin bölgelerindeki ve D1 ve D2 işlemede yer alan ağlardaki yakınsama/ayırışma derecesi, ilgili dilsel süreçlerle ilgilidir. Genel olarak, yapı, işlev veya bağlantıdaki en büyük farklılık fonolojide gözlenmektedir, bunu biçim sözdizimi ve anlambilim bileşenleri izlemektedir. Bu beyin bölgelerinin gelişiminin, ilk önce sesbilimsel gelişim, ardından anlamsal gelişim ve son olarak dilbilgisi/sözdizimi gelişimi ile dil gelişimsel dönüm noktalarına paralel olduğu aktarılmıştır.

Sonuç olarak, ikideğilli olmanın birinci dil işleme ve yönetici kontrol süreçleri üzerinde etkisi vardır. Dil edinimi ve işleme açısından tekdilliler ve ikideğiller arasındaki temel farklılıklar iki faktöre dayanmaktadır. Birincisi, iki dil bilenler, tek dil bilenlere göre her bir dili daha az kullanır ve dile daha az maruz kalırlar. İkincisi, ikideğillerin dil sistemlerini tekdillilere göre daha istekli bir şekilde izlemeleri gerekir ve bu da bilişsel kontrol yapılarının katılımını gerektirir. Bu iki özellik, ikideğilli dil edinimi ve işleme sürecinde işleme isteklerini artırır. Bu nedenle, birinci dil işleme sürecine dâhil olan sinir ağları, tekdilli ve ikideğilli kişiler için temelde aynı görünse de ikinci grup, beyin aktivitesinde bir artışa yol açan daha yüksek işleme ile karşı karşıyadır. Ayrıca, bebeklik döneminde başlayan ve yaşam boyu devam eden ve muhtemelen yaşlılarda

bilişsel kaynağı artıran işlem isteklerindeki bu artışla başa çıkmak, yürütücü kontrol yeteneklerinde bir artıştan kaynaklanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abutalebi, J. (2008). Neural aspects of second language representation and language control. *Acta Psychologica, 128*(3), 466-478.
- Abutalebi, J., Della Rosa, P. A., Gonzaga, A. K. C., Keim, R., Costa, A., & Perani, D. (2013). The role of the left putamen in multilingual language production. *Brain and Language, 125*(3), 307-315.
- Albareda-Castellot, B., Pons, F., & Sebastián-Gallés, N. (2011). The acquisition of phonetic categories in bilingual infants: New data from an anticipatory eye movement paradigm. *Developmental Science, 14*(2), 395-401.
- Anderson, J. L., Morgan, J. L., & White, K. S. (2003). A statistical basis for speech sound discrimination. *Language and Speech, 46*(2-3), 155-182.
- Andrews, S. (1997). The effect of orthographic similarity on lexical retrieval: Resolving neighborhood conflicts. *Psychonomic Bulletin & Review, 4*(4), 439-461.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience, 4*(10), 829-839.
- Beauvillain, C., & Grainger, J. (1987). Accessing interlexical homographs: Some limitations of a language-selective access. *Journal of Memory and Language, 26*(6), 658-672.
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development, 81*(6), 1641-1660.
- Bialystok, E. (2001). *Bilingualism in Development: Language, Literacy, and Cognition*. Cambridge University Press.
- Bialystok, E., & Hakuta, K. (1994). *In other words*. New York: Basic Books.
- Bialystok, E., Craik, F. I., & Luk, G. (2012). Bilingualism: Consequences for mind and brain. *Trends in Cognitive Sciences, 16*(4), 240-250.
- Bialystok, E., Craik, F. I., Klein, R., & Viswanathan, M. (2004). Bilingualism, aging, and cognitive control: Evidence from the Simon task. *Psychology and Aging, 19*(2), 290.
- Brysbaert, M., Van Dyck, G., & Van de Poel, M. (1999). Visual word recognition in bilinguals: Evidence from masked phonological priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 25*(1), 137.
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives, 8*(1), 36-41.
- Burns, T. C., Yoshida, K. A., Hill, K., & Werker, J. F. (2007). The development of phonetic representation in bilingual and monolingual infants. *Applied Psycholinguistics, 28*(3), 455-474.

- Calabria, M., Branzi, F. M., Marne, P., Hernández, M., & Costa, A. (2015). Age-related effects over bilingual language control and executive control. *Bilingualism: Language and Cognition*, 18(1), 65-78.
- Carrasco-Ortiz, H., Midgley, K. J., Frenck-Mestre, C. ve diğ. (2012). Are phonological representations in bilinguals language specific? An ERP study on interlingual homophones. *Psychophysiology*, 49(4), 531-543.
- Catani, M., Jones, D. K., & Ffytche, D. H. (2005). Perisylvian language networks of the human brain. *Annals of Neurology*, 57(1), 8-16.
- Christoff, K., Prabhakaran, V., Dorfman, J., Zhao, Z., Kroger, J. K., Holyoak, K. J., & Gabrieli, J. D. (2001). Rostrolateral prefrontal cortex involvement in relational integration during reasoning. *Neuroimage*, 14(5), 1136-1149.
- Colome A (2001). Lexical activation in bilinguals' speech production: language-specific or language-independent? *Journal of Memory and Language* 45:721–736.
- Curtis, C. E., & D'Esposito, M. (2003). Persistent activity in the prefrontal cortex during working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(9), 415-423.
- De Groot AMB, Delmaar P, Lupker SJ (2000). The processing of interlexical homographs in translation recognition and lexical decision: support for non-selective access to bilingual memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section* 53:397–428.
- De Houwer, A. (1990). *The Acquisition of Two Languages From Birth: A Case Study*. Cambridge University Press.
- Dehaene-Lambertz, G., & Gliga, T. (2004). Common neural basis for phoneme processing in infants and adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1375-1387.
- Dijkstra T, De Bruijn ERA, Schriefers H, Ten Brinke S (2000a). More on interlingual homograph recognition: language mixing versus explicitness of instruction. *Bilingualism: Language and Cognition* 3:69–78.
- Dijkstra T, Grainger J, Van Heuven WJB (1999). Recognition of cognates and interlingual homographs: the neglected role of phonology. *Journal of Memory and Language* 41:496–528.
- Dijkstra T, Timmermans M, Schriefers H (2000b). On being blinded by your other language: effects of task demands on interlingual homograph recognition. *Journal of memory and language* 42:455–464.
- Dijkstra T, Van Jaarsveld H, Ten Brinke S (1998). Interlingual homograph recognition: effects of task demands and language intermixing. *Bilingualism: Language and cognition* 1:51–66.
- Dijkstra, T., & Van Heuven, W. J. (2002). The architecture of the bilingual word recognition system: From identification to decision. *Bilingualism: Language and Cognition*, 5(3), 175-197.

- Doctor, E. A., & Klein, D. (1992). Phonological processing in bilingual word recognition. In *Advances In Psychology* (Vol. 83, pp. 237-252). North-Holland.
- Elmer, S., Hänggi, J., Meyer, M., & Jäncke, L. (2011). Differential language expertise related to white matter architecture in regions subserving sensory-motor coupling, articulation, and interhemispheric transfer. *Human Brain Mapping*, 32(12), 2064-2074.
- Elston-Güttler, K. E., Gunter, T. C., & Kotz, S. A. (2005). Zooming into L2: Global language context and adjustment affect processing of interlingual homographs in sentences. *Cognitive Brain Research*, 25(1), 57-70.
- Fishman, J. A. (1968). Sociolinguistic perspective on the study of bilingualism.
- Friederici, A. D. (2012a). The cortical language circuit: From auditory perception to sentence comprehension. *Trends in Cognitive Science*, 16(5), 262-268.
- Friederici, A. D. (2012b). Language development and the ontogeny of the dorsal pathway. *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*, 4(3), 1-7.
- Friederici, A. D., & Alter, K. (2004). Lateralization of auditory language functions: a dynamic dual pathway model. *Brain and Language*, 89(2), 267-276.
- Friederici, A. D., & Kotz, S. A. (2003). The brain basis of syntactic processes: functional imaging and lesion studies. *Neuroimage*, 20(1), 8-17.
- Friederici, A. D., Balhmann, J., Heim, S., Schubotz, R. I., & Anwender, A. (2006). The brain differentiates human and non-human grammars: Functional localization and structural connectivity. *PNAS*, 103(7), 2458-2463.
- Friederici, A. D., Pfeiffer, E., & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, 1(3), 183-192.
- Garbin, G., Costa, A., Sanjuan, A., Forn, C., Rodriguez-Pujadas, A., Ventura, N. E. E. A., ... & Ávila, C. (2011). Neural bases of language switching in high and early proficient bilinguals. *Brain and Language*, 119(3), 129-135.
- García-Pentón L, Pérez Fernández A, Iturria-Medina Y ve diğ. (2014). Anatomical connectivity changes in the bilingual brain. *Neuroimage*. 84:495–504.
- Garcia-Sierra, A., Rivera-Gaxiola, M., Percaccio, C. R., Conboy, ve diğ. (2011). Bilingual language learning: An ERP study relating early brain responses to speech, language input, and later word production. *Journal of Phonetics*, 39(4), 546-557.
- Gervain, J., & Mehler, J. (2010). Speech perception and language acquisition in the first year of life. *Annual Review of Psychology*, 61, 191-218.
- Golestani, N., Paus, T., & Zatorre, R. J. (2002). Anatomical correlates of learning novel speech sounds. *Neuron*, 35(5), 997-1010.
- Gómez-Ruiz, M. I. (2010). Bilingualism and the brain: Myth and reality. *Neurología (English Edition)*, 25(7), 443-452.

- Gordon, Raymond G. (ed.). 2005. *Ethnologue: Languages of The World* (15th edn). Dallas, TX: SIL International.
- Gow, D. W. (2012). The cortical organization of lexical knowledge: A dual lexicon model of spoken language processing. *Brain and Language*, 121(3), 273-288.
- Green, D. W. (1998). Mental control of the bilingual lexico-semantic system. *Bilingualism: Language and Cognition*, 1(2), 67-81.
- Grogan, A., Green, D. W., Ali, N., Crinion, J. T., & Price, C. J. (2009). Structural correlates of semantic and phonemic fluency ability in first and second languages. *Cerebral Cortex*, 19(11), 2690-2698.
- Grosjean, F. (1982). *Life With Two Languages: An Introduction To Bilingualism*. Harvard University Press.
- Herrmann, B., Maess, B., Hahne, A., Schröger, E., & Friederici, A. D. (2011). Syntactic and auditory spatial processing in the human temporal cortex: An meg study. *Neuroimage*, 57(2), 624-633.
- Hickok, G. (2009). The functional neuroanatomy of language. *Physics of Life Reviews*, 6(3), 121-143.
- Hickok, G., & Poeppel, D. (2004). Dorsal and ventral streams: A framework for understanding aspects of the functional anatomy of language. *Cognition*, 92(1-2), 67-99.
- Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(5), 393-402.
- Hoff, E., Core, C., Place, S., Rumiche, R., Señor, M., & Parra, M. (2012). Dual language exposure and early bilingual development. *Journal of Child Language*, 39(1), 1-27.
- Isel, F., Hahne, A., Maess, B., & Friederici, A. D. (2007). Neurodynamics of sentence interpretation: Erp evidence from french. *Biological Psychology*, 74, 337-346.
- Jared D, Kroll JF (2001). Do bilinguals activate phonological representations in one or both of their languages when naming words? *Journal of Memory and Language* 44:21–31.
- Jared, D., & Szucs, C. (2002). Phonological activation in bilinguals: Evidence from interlingual homograph naming. *Bilingualism: Language and Cognition*, 5(3), 225-239.
- Jared, D., Levy, B. A., & Rayner, K. (1999). The role of phonology in the activation of word meanings during reading: evidence from proofreading and eye movements. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 219.
- Jasińska, K. K., & Petitto, L. A. (2014). Development of neural systems for reading in the monolingual and bilingual brain: New insights from functional near infrared spectroscopy neuroimaging. *Developmental Neuropsychology*, 39(6), 421-439.

- Jusczyk, P. W., Friederici, A. D., Wessels, J. M., Svenkerud, V. Y., & Jusczyk, A. M. (1993). Infants' sensitivity to the sound patterns of native language words. *Journal of Memory and Language*, 32(3), 402-420.
- Kara, Ö., T., ve Şihanlıoğlu, Ö. (2021). İki Dillilik, Çok dillilik ve Türleri. (ed. A. Karabulut, M. Tunagür.) *İki Dilli Türk Çocuklarına Türkçe Öğretimi*, Ankara: Akademisyen yayınevi, 31-54.
- Kim, K. H., Relkin, N. R., Lee, K. M., & Hirsch, J. (1997). Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature*, 388(6638), 171-174.
- Kim, K. H., Relkin, N. R., Lee, K. M., & Hirsch, J. (1997). Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature*, 388(6638), 171-174.
- Kerkhofs, R., Dijkstra, T., Chwilla, D. J., & De Bruijn, E. R. (2006). Testing a model for bilingual semantic priming with interlingual homographs: RT and N400 effects. *Brain Research*, 1068(1), 170-183.
- Klein, D., Mok, K., Chen, J. K., & Watkins, K. E. (2014). Age of language learning shapes brain structure: a cortical thickness study of bilingual and monolingual individuals. *Brain and Language*, 131, 20-24.
- Kovelman, I., Baker, S. A., & Petitto, L. A. (2008). Age of first bilingual language exposure as a new window into bilingual reading development. *Bilingualism: Language and Cognition*, 11(2), 203-223.
- Kovelman, I., Baker, S. A., & Petitto, L. A. (2008). Bilingual and monolingual brains compared: a functional magnetic resonance imaging investigation of syntactic processing and a possible "neural signature" of bilingualism. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(1), 153-169.
- Krizman, J., Marian, V., Shook, A., Skoe, E., & Kraus, N. (2012). Subcortical encoding of sound is enhanced in bilinguals and relates to executive function advantages. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(20), 7877-7881.
- Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition: cracking the speech code. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(11), 831-843.
- Kuhl, P. K., Stevens, E., Hayashi, A. ve diğ. (2006). Infants show a facilitation effect for native language phonetic perception between 6 and 12 months. *Developmental Science*, 9(2), F13-F21.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect Word expectancy and semantic association. *Nature*, 307(5947), 161-163.
- Lee, K., Ng, S. F., Bull, R., Pe, M. L., & Ho, R. H. M. (2011). Are patterns important? An investigation of the relationships between proficiencies in patterns, computation, executive functioning, and algebraic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 103(2), 269.

- Lemhofer K, Dijkstra T (2004). Recognizing cognates and interlingual homographs: effects of code similarity in language specific and generalized lexical decision. *Journal of Memory and Language* 32:533–550.
- Leroy, F., Glasel, H., Dubois, J., Hertz-Pannier, L., Thirion, B., Mangin, J. F., & Dehaene-Lambertz, G. (2011). Early maturation of the linguistic dorsal pathway in human infants. *Journal of Neuroscience*, 31(4), 1500-1506.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W., & Fischer, J. S. (2004). *Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press, USA.
- Li, P., Legault, J., & Litcofsky, K. A. (2014). Neuroplasticity as a function of second language learning: anatomical changes in the human brain. *Cortex*, 58, 301-324.
- Linck, J. A., Hoshino, N., & Kroll, J. F. (2008). Cross-language lexical processes and inhibitory control. *The Mental Lexicon*, 3(3), 349-374.
- Luk, G., Bialystok, E., Craik, F. I., & Grady, C. L. (2011). Lifelong bilingualism maintains white matter integrity in older adults. *Journal of Neuroscience*, 31(46), 16808-16813.
- Mahmoudzadeh, M., Dehaene-Lambertz, G., Fournier ve diğ. (2013). Syllabic discrimination in premature human infants prior to complete formation of cortical layers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(12), 4846-4851.
- Markman, E. M., & Wachtel, G. F. (1988). Children's use of mutual exclusivity to constrain the meanings of words. *Cognitive Psychology*, 20(2), 121-157.
- Marslen-Wilson, W. D. (1987). Functional parallelism in spoken word-recognition. *Cognition*, 25(1-2), 71-102.
- McLelland, J. L., & Elman, J. L. (1986). The trace model of speech perception. *Cognitive Psychology*, 18(1), 1-86.
- McLaughlin, B. (1995). Fostering second language development in young children: Principles and practices. Educational Practice Report: 14.
- Mechelli, A., Crinion, J. T., Noppeney, U., O'Doherty, J., Ashburner, J., Frackowiak, R. S., & Price, C. J. (2004). Structural plasticity in the bilingual brain. *Nature*, 431(7010), 757-757.
- Miller, E. K., & Wallis, J. D. (2009). Executive function and higher-order cognition: definition and neural substrates. *Encyclopedia of Neuroscience*, 4(99-104).
- Minagawa-Kawai, Y., Mori, K., & Sato, Y. (2005). Different brain strategies underlie the categorical perception of foreign and native phonemes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(9), 1376-1385.
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8-14.

- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (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.
- Nosarti, C., Mechelli, A., Green, D. W., & Price, C. J. (2010). The impact of second language learning on semantic and nonsemantic first language reading. *Cerebral Cortex*, 20(2), 315-327.
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related potentials and syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31(4), 785-804.
- Parker Jones, ve diğ. (2012). Where, when and why brain activation differs for bilinguals and monolinguals during picture naming and reading aloud. *Cerebral Cortex*, 22(4), 892-902.
- Petitto, L. A., Berens, M. S., Kovelman, I. ve diğ. (2012). The “Perceptual Wedge Hypothesis” as the basis for bilingual babies’ phonetic processing advantage: New insights from fNIRS brain imaging. *Brain and Language*, 121(2), 130-143.
- Petitto, L. A., Berens, M. S., Kovelman, I., Dubins, M. H., Jasinska, K., & Shalinsky, M. (2012). The “Perceptual Wedge Hypothesis” as the basis for bilingual babies’ phonetic processing advantage: New insights from fNIRS brain imaging. *Brain and Language*, 121(2), 130-143.
- Ressel, V., Pallier, C., Ventura-Campos, N., Díaz, B., Roessler, A., Ávila, C., & Sebastián-Gallés, N. (2012). An effect of bilingualism on the auditory cortex. *Journal of Neuroscience*, 32(47), 16597-16601.
- Saur, D., Kreher, B. W., Schnell, S., Kümmerer, D., Kellmeyer, P., Vry, M.-S., et al. (2008). Ventral and dorsal pathways for language. *PNAS*, 105(46), 18035-18040.
- Spivey, M. J., & Marian, V. (1999). Cross talk between native and second languages: Partial activation of an irrelevant lexicon. *Psychological Science*, 10(3), 281-284.
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745-759.
- Sundara, M., Polka, L., & Molnar, M. (2008). Development of coronal stop perception: Bilingual infants keep pace with their monolingual peers. *Cognition*, 108(1), 232-242.
- Şihanlıoğlu, Ö. (2021). An error analysis upon written expressions of Syrian late bilingual individuals in Turkey (Publication No. 658906) [Master thesis, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi]. Yöktez. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Tan, L. H., Liu, H. L., Perfetti, C. A., Spinks, J. A., Fox, P. T., & Gao, J. H. (2001). The neural system underlying Chinese logograph reading. *Neuroimage*, 13(5), 836-846.
- Uriel, W. (1953). Languages in contact. *The Hague: Mouton*, 1(1).

- Van Heuven, W. J., Dijkstra, T., & Grainger, J. (1998). Orthographic neighborhood effects in bilingual word recognition. *Journal of Memory and Language*, 39(3), 458-483.
- Verreyt, N., Woumans, E. V. Y., Vandelanotte, D., Szmalec, A., & Duyck, W. (2016). The influence of language-switching experience on the bilingual executive control advantage. *Bilingualism: Language and Cognition*, 19(1), 181-190.
- Wagner, G., Koch, K., Reichenbach, J. R., Sauer, H., & Schösser, R. G. (2006). The special involvement of the rostrolateral prefrontal cortex in planning abilities: an event-related fMRI study with the Tower of London paradigm. *Neuropsychologia*, 44(12), 2337-2347.
- Weissberger, G. H., Gollan, T. H., Bondi, M. W., Clark, L. R., & Wierenga, C. E. (2015). Language and task switching in the bilingual brain: Bilinguals are staying, not switching, experts. *Neuropsychologia*, 66, 193-203.
- Wong, B., Yin, B., & O'Brien, B. (2016). Neurolinguistics: Structure, function, and connectivity in the bilingual brain. *Biomed Research International*, 2016.
- Wu, Y. J., & Thierry, G. (2010). Chinese–english bilinguals reading english hear chinese. *Journal of Neuroscience*, 30(22), 7646-7651.
- Yip, V., & Matthews, S. (2007). Relative clauses in Cantonese-English bilingual children: Typological challenges and processing motivations. *Studies in Second Language Acquisition*, 29(2), 277-300.
- Zatorre, R. J., Belin, P., & Penhune, V. B. (2002). Structure and function of auditory cortex: Music and speech. *Trends in Cognitive Science*, 6(1), 37-46.
- Zou, L., Abutalebi, J., Zinszer, B., Yan, X., Shu, H., Peng, D., & Ding, G. (2012). Second language experience modulates functional brain network for the native language production in bimodal bilinguals. *NeuroImage*, 62(3), 1367-1375.

PHONOLOGICAL PROCESSING OF BILINGUALS AND LANGUAGE NEURAL NETWORKS

ABSTRACT

Advances in neuroimaging techniques and analytical methods have led to an increase in studies investigating the effects of bilingualism on human cognitive and brain systems. Although hundreds of studies in our age have addressed the processing of the components of the language system in the brain, explanations regarding the definition of the neural basis of language and speech are being updated and increasing rapidly. The idea that language components are activated in only one center of the brain during the production and perception of human speech is not correct. The regions known as subcortical neuroanatomical regions in the brain, which are responsible for the perception and production of the act of speech, are connected to each other by anterior (ventral) and posterior (dorsal) cortical pathways and undertake important tasks, primarily phonological processing, in both hemispheres of the brain. In this context, it can be said that there is a combinatoric process in the performance of tasks within the framework of the processing of the components of language. This combinatoric process is not fixed in a certain part of the brain, but occurs bilaterally and lateralized to the left. The processing of the phonological component in monolingual and bilingual individuals is a prominent topic in the field of neurolinguistics. It has long been assumed that the complex language network supporting language processing in adulthood is the result of a temporally long-term interaction of maturation and language exposure. Functional left lateralization and increased involvement of frontal structures are considered normal developmental processes of neurolinguistic specialization. Thanks to studies examining how the processing of the phonological component in the brain occurs in monolingual and bilingual individuals, it is now known that the phonological component is the earliest processed component of the language system in the brain. Although this component follows the same steps in the processing process in monolinguals and bilinguals, it is undeniable that it creates differences in the development of brain networks from an individual perspective. In this study, the perception and production of speech have been attempted to be explained based on the data of the researches in the subject and the neural basis of the phonological processing of bilinguals has been explained. This study aims to elucidate the cortical basis of phonological processing in bilinguals by focusing on EEG and functional magnetic resonance imaging studies of phonological perception. Although the results show differences between studies depending on stimulus characteristics, task demands, and participants' previous experience with D2 sounds, the literature suggests that brain regions such as dorsal auditory-motor, including the frontal and posterior cortices, are involved in phonological processing in D1 and D2. Furthermore, studies have shown that bilinguals generally show greater volumes of language structure components and pathways between brain areas compared to monolinguals.

Keywords: Bilingualism, phonological language processing, Language neural networks, neurolinguistics.