

PAPER DETAILS

TITLE: Dilin Kökeni Arayislari-5: Beyin ve Dil

AUTHORS: Caner Kerimoglu

PAGES: 21-37

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2262967>

Dilin Kökeni Arayışları-5: Beyin ve Dil

The Search for the Origin of Language-5: Brain and Language

Caner Kerimoğlu

Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi

Buca Eğitim Fakültesi, Türkçe Eğitimi Anabilim Dalı, İzmir / Türkiye

e-posta canerkerimoglu@yahoo.com

orcid 0000 0002 8514 8578

doi 10.54316/dilarastirmalari.1075944

Atır

Citation

Kerimoğlu, Caner (2022).

Dilin Kökeni Arayışları-5:

Beyin ve Dil.

Dil Araştırmaları, 30: 21-37.

Başvuru

Submitted

18.02.2022

Revizyon

Revised

01.03.2022

Kabul

Accepted

02.03.2022

Çevrimiçi Yayın

Published Online

31.05.2022

Öz

İnsanın bilişsel kapasiteleri ile ilgili pek çok soru cevap beklemektedir. Dil de bu bilişsel kapasitelerden biridir. Paul Broca ve Carl Wernicke'nin 19. yüzyılın ikinci yarısındaki keşiflerinden bu yana dilin beyindeki işleyişi ile ilgili önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Klasik model olarak da adlandırılan Broca-Wernicke modeli beyinde farklı işlevler için görev yapan modülleri varsayar. Bu görüş yerleşimci modeldir. Bağlantıcılık adı verilen model ise beyindeki modüller yaklaşımını reddeder. Beyin bölgelerinin birbirleriyle bağlantılı hâlde bütüncül olarak çalıştığını öne sürer. Dilin kökeni araştırmaları da dil ve beyin ilişkisine ışık tutar. Dilin işleyişinde beyin rolü ve arkaik insan türlerinde beyinle ilgili bulgular dilin kökeni araştırmalarına sık sık konu olur. Bu makalede beyin bölgeleri ve dil ilişkisiyle ilgili güncel bulgular değerlendirilmekte, bu bulguların dilin evrimi tartışmalarındaki etkileri tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dilin kökeni, dilin evrimi, beyin, beyin evrimi, Broca bölgesi, Wernicke bölgesi

ABSTRACT

There are many unanswered questions about human cognitive capacities. Language is one of these cognitive capacities. Since the discoveries by Paul Broca and Carl Wernicke in the second half of the 19th century, significant advances have been made regarding the language processing in the brain. The Broca-Wernicke model, also called the classical model, assumes "modules" in the brain that serve for different functions. This view is known as the localizationism. The model called connectionism in recent years rejects the approach of modules in the brain. It suggests that brain regions work holistically in connection with each other. Researches on the origin of language also shed light on the relationship between language and brain. It is observed that the role of the brain in the functioning of language and the findings about the brain in archaic human species are frequently discussed in

research on the origin of language. In this article, current findings on the relationship between brain regions and language are evaluated, and the implications of these findings on the evolution of language studies are discussed.

Keywords: Origin of language, language evolution, brain, evolution of brain, Broca's area, Wernicke's area

1. Giriş

Beyin insanı “biricik” yapan bilişsel özelliklerin evidir. Diğer canlılardan bizi ayıran bu özelliklerden biri de dildir. Her geçen gün ilerleyen görüntüleme teknikleri, genetik incelemeleri beyin ile ilgili yeni veriler sunuyor, bu yeni bilgilerle de dil ve beyin ilişkisine dair anlayışımız -yavaş yavaş da olsa- genişliyor. Sapiens dışında hiçbir türde olmayan ve hiyerarşik sözdizimsel dili ortaya çıkaran “hesaplamalı otonom sistemin nörolojik alt yapısının Broca alanında yerleşmiş olduğu” (Friederici 2020; Friederici vd. 2017)¹, “altkorteksin doğal dil sözdizimi-anlambiliminde temel bir rol oynadığı” (Murphy vd. 2022) gibi dilin beyindeki yeri için kesin adresler sunan yayınların sayısı hızla artıyor.

Dil bilgisi yazımındaki isim, sıfat, zarf gibi sözcük sınıflarının veya basit, birleşik, bağlı gibi cümle tiplerinin beyinde bir yeri varsa bu, soyut düzeyde sürdürülen dil tartışmalarının somutlaşması anlamına gelir. Bu sonuç dilbilimin bilimselliği tartışmaları için de önemli bir veri olacaktır.² Dilin Kökeni Arayışları başlığını taşıyan yazı dizisi³ içinde yer alan bu makalede dil ve beyin ilişkisini dilin kökeni bağlamında değerlendirmeye çalışacağım.

2. “Sapiens”in beyin

İnsanı “biricik” yapan şeyin beyin olduğunu ifade eden çok sayıda bilimsel yayın vardır.⁴ Gerçekten de beynimiz bazı yönleriyle dikkat çeken özelliklere sahiptir. Ortalama 1.5 kiloluk bir beyin taşıyoruz. Bugün memeliler içinde 55 cins ve 200 farklı türe sahip olan primat takımının diğer üyeleriyle karşılaştırdığımızda büyük bir beynimiz olduğu açıktır.

¹ “Chomsky çevresi” diyebileceğimiz bir araştırmacı grubu, Chomsky’nin 1950’lerde ortaya attığı Evrensel Dilbilgisi (Üretken Dilbilgisi) teorisini “beyin incelemeleriyle uyumlu” olarak sunar, bu yayınlardan bazıları için bk. (Berwick vd. 2013; Friederici 2017a, 2017b, 2020; Friederici vd. 2017; Scharff vd. 2013). Chomsky ve dil teorisiyle ilgili tartışmalar için bk. (Kerimoğlu 2021a, 2021b).

² Dilbilimin bilimselliğini, yayına hazırlamakta olduğum “Dilin Bilimi Mümkün müdür?” başlıklı yazımda ayrıca tartışacağım.

³ Bu dizideki önceki makaleler için bk. (Kerimoğlu 2016, 2017, 2018, 2019a, 2019b). Dilin kökeni ile ilgili kitap yayınları için bk. (Kerimoğlu 2020, 2021a).

⁴ İkisi için bk. (Gazzaniga 2008; Herculano-Houzel 2016).

Tablo 1. Bazı canlıların beyin büyüklüğü (Roth & Dicke 2005)

Tür	Beyin ağırlığı	Ensefalizasyon katsayısı ⁵	Nöron sayısı
Balina	2600-9000	1.8	
Yalancı katil balina	3650		10500
Afrika fili	4200	1.3	11000
İnsan	1250-1450 ^e	7.4-7.8	11500
Şişe burunlu yunus	1350	5.3	5800
Mors	1130	1.2	
Deve	762	1.2	
Öküz	490	0.5	
At	510	0.9	1200
Goril	430 ^e -570	1.5-1.8	4300
Şempanze	330-430 ^e	2.2-2.5	6200
Aslan	260	0.6	
Koyun	140	0.8	
Eskidünya maymunu	41-122	1.7-2.7	
Hint şebeği	88	2.1	480
Gibon	88-105	1.9-2.7	
Kapuçin maymunu	26-80	2.4-4.8	
Beyazalınli sebus	57	4.8	610
Köpek	64	1.2	160
Tilki	53	1.6	
Kedi	25	1.0	300
Sincap maymunu	23	2.3	480
Tavşan	11	0.4	
Marmoset	7	1.7	
Keseli sıçan	7.6	0.2	27
Sincap	7	1.1	
Kirpi	3.3	0.3	24
Keme	2	0.4	15
Fare	0.3	0.5	4

İnsan beyni diğer primatların beyninden yaklaşık 3 kat daha büyüktür (Verendeef & Sherwood 2017). Bu bakımdan “kuzenlerimiz” Neandertalleri ayrı tutuyorum çünkü onların beyinleri Sapiens’ten de büyük olabiliyordu. Sapiens’in, yani modern insanın biraz da bu büyük beyniyle fark yarattığı, zekâ kapasitesinin “büyüklüğü” ile hayatta kaldığı kabulü yaygındır (Sherwood vd. 2012). Ancak buradan şu sonucu çıkarmak

⁵ Ensefalizasyon katsayısı: Beyin kütlesi / vücut kütlesi oranı.

doğru değildir: Beyin büyüklüğü = zekâ. İnsandan daha büyük beyni olan canlılar vardır. (Örneğin ispermeçet balinasının beyni 8 kg, fil beyni 5 kg vb.). Yani beynin büyük olması tek başına bir şey açıklamıyor. Fark yaratan ikinci nokta vücut ve beyin büyüklüğü ilişkisidir. İnsan, beynini vücut büyüklüğüne oranlarsak en üst sıradaki canlılardandır. Yaklaşık 1/40'lık bir oranı vardır. Buna rağmen bu oranın da insanın neden daha zeki olduğunu tam olarak açıklamadığını belirtmek gerekir çünkü bu oranı daha iyi olan bazı hayvanlar insandan daha zeki değildir ya da oranı daha kötü olan hayvanların oranı iyi olan hayvanlardan daha aşağıda bir zihin kapasitesine sahip olduğuna dair bilimsel bir veri yoktur. Farenin oranı tıpkı insan gibi 1/40'tır, oysa fillerin oranı 1/560'tır. Buna rağmen filler farelerden daha az zeki değildir, hatta hafıza gibi bazı alanlarda çok güçlüdürler. Nedeni ne olursa olsun beynin büyümesiyle insanın gelişmişlik seviyesinin arttığını gözlemliyoruz. Aşağıdaki tabloda bu görülüyor.

Beynin neden ve nasıl büyüdüğüyle ilgili de pek çok tartışma var. İki ayak üzerinde yürüme, sosyalleşme, yeme alışkanlıkları (özellikle etçil beslenme) gibi etkenlerle insan beyninin büyümesi arasında bağ kuran bilim insanları var. Ancak beynin tek bir etkenle değil, sayılan pek çok etkenin işe karışmasıyla büyüdüğü yorumu öne çıkıyor (van Schaik, 2016: 388). Bu tartışmaya dil penceresinden bakan bir soruyla katılalım: Beyin geliştiği için mi dil ortaya çıkmıştır yoksa dil mi beyni geliştirmiştir? Bununla ilgili pek çok tartışma var ama birlikte ve etkileşimli bir evrim görüşü bana en yakın geleni (Tartışma için bk. Schoenemann 2012). Yani hem dil beyin için, hem de beyin dil için adapte oldu. Sosyalleştikçe iletişime daha çok ihtiyaç duyduk, beynimiz bu duruma uyum sağladı, beynimiz uyum sağladıkça da dilimiz gelişti. Peki beyin bugünkü büyüklüğüne ne zaman kavuştu? Aşağıdaki tablodan insan türlerindeki beyin hacminin gelişimini takip edelim:

Tablo 2: İnsan türlerinin beyin hacmi gelişimi (Holloway 2015)

İnsan türü fosillerinin beyin hacimleri					
Tür	Örnek sayısı	Yer	Beyin hacmi	Alt ve üst sınırlar	Tarih
<i>A. afarensis</i>	3	Doğu. Afrika	435	385-500+	3-4 milyon yıl önce
<i>A. africanus</i>	8	Güney Afrika	440	420-500+	2-3 milyon yıl önce
<i>A. aethiopicus</i>	1	Doğu Afrika	410	-	2.5 milyon yıl önce
<i>A. garhi</i>	1	Doğu Afrika	450	-	2.5 milyon yıl önce
<i>A. sediba</i>	1	Güney Afrika	420	-	2-3 milyon yıl önce
<i>A. robustus</i>	6	Doğu ve Güney Afrika	512	500-530	1.6-2.0 milyon yıl önce
<i>H. rudolfensis</i>	2	Doğu Afrika	775	752-800	1.8 milyon yıl önce
<i>H. habilis</i>	6	Doğu Afrika	612	510-687	1.7-2.0 milyon yıl önce
<i>H. georgicus</i>	3	Gürcistan ve Avrupa	677	600-775	1.7 milyon yıl önce
<i>H. ergaster</i>	2	Doğu Afrika	826	804-848	1.6 milyon yıl önce
<i>H. erectus</i>	2	Doğu Afrika	980	900-1,067	1.0-1.6 milyon yıl önce
<i>H. erectus</i>	8	Endonezya	925	780-1,059	1.0 milyon yıl önce
<i>H. erectus</i>	8	Çin	1,029	850-1,225	600 bin yıl önce

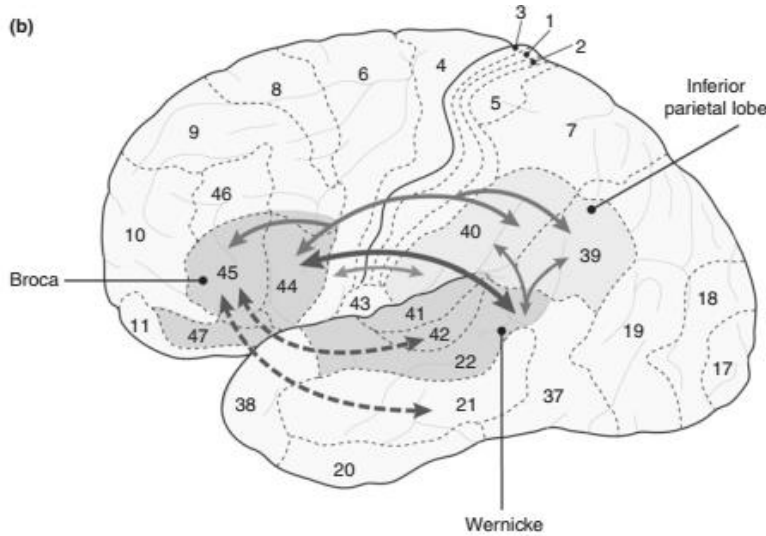
Arkaik <i>H. sapiens</i>	6	Endonezya (Solo)	1,148	1,013-1,250	130 bin yıl önce
Arkaik <i>H. sapiens</i>	6	Afrika	1,190	880-1,367	125 bin yıl önce
Arkaik <i>H. sapiens</i>	7	Avrupa	1,315	1,200-1,450	50-25 bin yıl önce
Neandertal	25	Avrupa ve Orta Asya	1,415	1,125-1,740	9-3 bin yıl önce
<i>H. sapiens</i>	11	Dünya	1,506	1,250-1,600	25-1 bin yıl önce

Görülüyor ki insan bugünkü ortalama beyin hacmine (1,506) çok yeni ulaşmıştır. 7 milyon yıllık insan evrimini takip ettiğimizde beyin hacminde hep aşamalı bir gelişim gerçekleşmiştir. Son çalışmalar da bunun birden olmadığını, aşamalı bir evrimi takip ettiğini söylüyor (Du vd. 2018; Neubauer vd. 2018; Ponce de León vd. 2021).

Beynin evrimi konusunda hâlâ pek soru cevap bekliyor ama azımsanmayacak ilerlemeler var. Modern bilimin 19. yüzyıl ortalarından sonraki büyük sıçraması beyin çalışmalarında da kendini gösterir. Paul Broca ve Carl Wernicke, dilin beyindeki yerleşimi için “milat” sayılan çalışmalara imza atmıştır. Yine Alman bilim insanı Korbinian Brodmann (1868-1918) tarafından yüzyılı aşkın bir süre önce çizilen beyin haritaları beyin bölümleri konusunda atılan önemli adımlardan biridir. Brodmann beyindeki bölgeleri numaralandırarak haritalandırmış, beyin bölgeleri ve işlevleri konusundaki incelemelere büyük bir katkı yapmıştır. Ondan sonra da bu numaralardan yararlanarak beyin bölgelerinin işlevlerine dair çalışmalar yapılmıştır. Ancak onunki hâlâ çok kullanılan bir haritadır.

Beynin sol tarafının iletişimle ilgili kontrolü yönettiği bilinir. İlginç bir şekilde hayvanlarda da benzer bir durum söz konusudur. Örneğin kuşlarda da şarkıların yönetiminde sol lob baskındır (Schneider, 2014: 444).

Görsel 1. Brodmann haritasındaki numaralara göre beyin sol yarımküresi. Dil ve düşünce ile ilgili işlemlerin daha çok Broca alanını içeren ön bölgede (frontal lob) olduğu kabul edilir. (Aboitiz 2017)



Beynin bölgelerinin hangi işlevleri yönettiğine dair bir fikir vermesi için yukarıdaki görsel iyi bir başlangıç olabilir. Özellikle frontal ve temporal loblar dil ve düşüncenin “karargâhı” olarak sık sık anılır. Buna dair bilimin neler elde ettiğini gözden geçirmekte yarar var.

Dilin beyindeki görünümü deyince “klasik model” (Tremblay ve Dick 2016), “Broca-Wernicke doktrini” (Rutten, 2012), “klasik doktrin” (Passingham, 2008) gibi adlarla anılan iki bölgeden işe başlamak en doğrusu olacaktır. Beyin çalışmalarında iki önemli eğilim dikkat çeker: Yerleşimcilik (localizationism) ve bağlantıcılık (connectionism).

Bağlantıcılar beyindeki bölgelerin birbirleriyle çeşitli ağlarla etkileşime geçerek dil gibi önemli işlevleri karşıladığını savunurken, yerleşimciler beyindeki belirli bölgelerin belirli işlevleri yönettiğini ileri sürer. Broca ve Wernicke’nin yerleşimci modele yakın olduğu, dilin beyinde belli bölgelerce yönetildiği yönündeki savlar, uzun yıllar literatüre hâkim olmuştur ve bu klasik model olarak bilinir. Son yıllarda bu modelin “çöktüğünü” dile getiren bir hayli çalışma vardır ve beyindeki dil ağlarının klasik modelin öngördüğünden çok daha geniş olduğu görüşü yaygınlaşmıştır (Benítez-Burraco & Boeckx 2015; Poeppel vd. 2012). Bu klasik modele eleştiriler getirilse de dil ve beyin incelemelerinin başlangıcı olması bakımından önemli bir modeldir. Bu modele Ludwig Lichtheim (1845-1928) ve Norman Geschwind (1926-1984) gibi isimlerin de katkısı vardır ama “başrolde” Paul Broca ve Carl Wernicke yer alır.

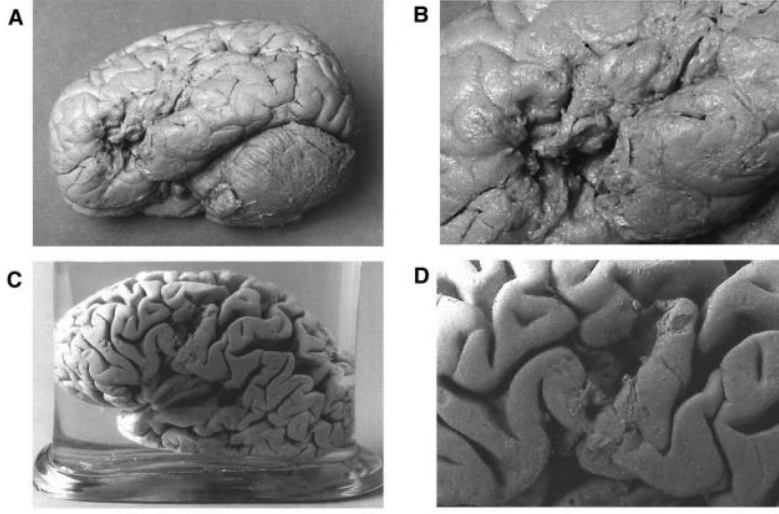
3. Broca bölgesi

Fransız cerrah, anatomist ve antropolog Paul Broca bilişsel bilimlerin kurucularından biri kabul edilir (Dronkers vd. 2007). Nasıl konuşabildiğimizin izini başarılı bir şekilde sürenlerdendir. Dil ve beyin ilişkisini bilimsel olarak ortaya koyan Broca, dönemin teknolojik şartlarının geriliğine rağmen büyük bir keşfe imza atmıştır.

Beyinde hangi bölgenin hangi davranışlarımızdan sorumlu olduğu veya böyle bölgesel bir ayrımın mümkün olup olmadığı hep merak konusu olmuştur. Beyin bir bütün olarak mı davranışlarımızı etkiler yoksa bölüm bölüm mü? Broca bu sorunun izini sürmede ilk adımı atan kişidir. 1861 yılında iki hastasından yola çıkarak bu bölgeyi bulmuştur. İlk hastası söylenenleri anlıyordu ama konuşamıyordu. Bir tür dil kaybına uğramıştı. [Dil yitimi ya da “afazi” de denir (Öktem vd. 2019)]. Broca bu hastanın adını “Tan” olarak kodladı. Çünkü hasta sadece bu sözcüğü telaffuz edebiliyordu. [Bu hastanın kimliği ancak 152 yıl sonra öğrenilebildi: Louis Victor Leborgne (Domanski 2013)]. Broca bu hastaya “Isık çal.” dediğinde ısıık çalıyordu ama konuşma yetisini kaybetmiş görünüyordu. Broca bu durumun nedeninin beyin kaynaklı olduğunu tahmin etmişti ancak henüz görüntüleme teknikleri gelişmediği için bir sonuca ulaşamıyordu. Doğru cevabı ancak bu hastası ölünce bulabildi. Ölen hastasının beynini cerrahi bir incelemeye tabi tuttu. Beyninin bir bölgesinde hasar tespit etti. Benzer belirtiler gösteren, sadece 6 Fransızca sözcüğü (*oui, non, tois, trois, tojours, Lelo*) telaffuz edebilen Lazare Lelong’u da (“Lelo” olarak kodlamıştır.) öldükten sonra otopsiye aldı ve onda da aynı bölgede lezyonlar tespit etti (Aboitiz 2017: 48-49). Artık bu bölgenin dil ile ilgili

olduğundan emindi, bu bölge Broca bölgesi olarak kabul edildi [Broca'nın hayatı ve katkıları için (LaPointe 2013)].

Görsel 2. Paul Broca'nın bu iki hastasının beyinlerinin görüntüsü. A ve B ilk hastanın (Louis Victor Leborgne) beyinin uzaktan ve yakından görüntüsüken C ve D ikinci hastanın (Lazare Lelong) beyinin uzaktan ve yakından görünüşüdür. (Dronkers vd. 2007)



Broca bölgesi dil ve beyin incelemelerinin en “merak” edilen konularından biri olmuştur. 19. yüzyılın ortalarından beri dil ile ilgili olarak en çok çalışılan beyin bölgesidir.⁶ Nitekim Grodzinsky ve Amunts (2006: XIII) Broca bölgesi’ni beyin “en ünlü” bölümü olarak nitelerler.

Kimi araştırmacılarca Broca bölgesinin özellikle sözdizimi gibi dilin spesifik bir yönüyle ilgili olarak “uzmanlaştığı” ileri sürülüyor. Örneğin, “Chomsky çevresi”nde yer alan ve “dilin Sapiens’e özgü” olduğunu savunan isimlerden Angela Friederici, kitabında Broca bölgesi içindeki 44 nolu alanın hiyerarşik sözdizimsel yapıların üretiminden sorumlu olduğunu belirtir (Friederici 2017a: 227). Fakat Broca bölgesinin dil ile ilgili tek alan olduğu veya sadece konuşma işlevini karşıladığı gibi hipotezlerin doğru olmadığını, bu bölgenin dilin belirli yönlerini yönetmekle birlikte dil dışı işlevleri (hafıza, işaretlerin algılanması, müziksel analiz vb.) de karşılayan çok işlevli bir bölge olduğunu, dil işlevleri için beyin diğer bölgeleriyle nöral ağlar yoluyla etkileşime girdiğini gösteren bir hayli çalışma da vardır.⁷ Örneğin David Kemmerer, Broca bölgesinin rolü konusunda iki büyük grubun olduğunu, bir grubun Broca bölgesini hiyerarşik sözdizimi ve anlama ile ilişkilendirdiğini, bir grubun ise işitme ve konuşmayla ilgili bilişsel kontrol konusuna yoğunlaştığını belirtir. Son yıllardaki çalışmalarla bu

⁶ Beyin araştırmaları için taradığım kitaplar şunlardır: (Aboitiz 2017; Grodzinsky ve Amunts, 2006; Friederici 2017; Herculano-Houzel 2016; Kemmerer 2015; LaPointe 2013; Passingham 2008; Rutten 2012).

⁷ Şu kaynaklar bununla ilgili verileri sunar: (Burns ve Fahy, 2010; Dronkers vd., 2007; Falk, 2012; Friedrich vd. 2019; Grodzinsky, 2000; Grodzinsky ve Amunts, 2006; Grodzinsky ve Santi, 2008; Kemmerer 2015).

bölgenin müzik gibi diğer hiyerarşik bilgi işleme işlevlerinde de rolü olduğunun gösterildiğini ifade ettikten sonra -Chomskyci geleneğin vurguladığı üzere- bu bölgenin hiyerarşik sözdizimiyle ilgili olduğu konusunda öne çıkan üç hipotezi (Grodzinsky, Friederici ve Schlewsky gibi üç farklı grubun hipotezleri) değerlendirir. Kemmerer bu hipotezlerin bilim dünyasını bütünüyle ikna edemediğini ve Broca bölgesinin sözdizimindeki rolü konusunun hâlâ tartışmalı olduğunu dile getirir (Kemmerer 2015: 448-457).

Bu bölge belki de pek çok farklı devrenin kesiştiği bir merkezdir (Moro 2008). Bilim dünyası beyinde dilin algılanması ve üretimi için tek bir bölgeden çok beynin tümünün işe karıştığı yönünde bir sonuca doğru ilerliyor, yani dili beyinde sadece şu bölge yönetir veya sözdizimi beyinde sadece şu bölgede yerleşmiştir gibi bir kabul şu an için doğru değil (Aboitiz vd. 2009). Son bir çalışma Broca bölgesinin biri dilde, diğeri de genel işlevlerde görev alan iki alt bölgesinin olduğunu ortaya koyuyor (Fedorenko & Blank 2020). Kesin olan şey bu bölgenin sağlıklı bir şekilde konuşabilmemiz için gerekli ve dil işleme sürecinde aktif olduğudur (Grodzinsky ve Santi, 2008).

Bu bölgenin bir benzerinin şempanze ve makak gibi diğer primat türlerinde de işarete dayalı iletişim için etkili olduğu biliniyor.⁸ Örneğin makak gibi diğer primatların beyindeki F5 bölgesinin insan beyindeki Broca bölgesine denk geldiği (Brodman haritasında 44 nolu bölge), onunla kökendeş (homolog) olduğu ve her iki bölgenin konuşma dışındaki karmaşık el hareketleriyle duyu-motor sistemine bağlı öğrenmeleri yönettiği tespit edilmiştir (Binkofski & Buccino 2004). Bazı araştırmacılar insan dilinin en temel özelliklerinin (birleştirme vb.) maymunlarda da olduğunu beyin incelemelerine dayanarak ileri sürer (Xia vd. 2021). Kökendeşlik evrimde aynı kökten gelen farklılıklar için kullanılır. Örneğin insanların kollarıyla yarasaların kanatları kökendeşdir. Belki bugün bakınca alakasız görülüyor ama milyonlarca yıl öncesine gitseydik bu durumu görecektik. Şempanze beyindeki F5 bölgesi insandaki Broca bölgesiyle kökendeşdir ve benzer işlevlerde rol alır. Bu, dilin seslerden önce işaretlerden doğduğunu iddia eden bilim insanlarına önemli bir dayanak olmuştur. Evrimin işleyişini bilenler bunun dilin evrimindeki yerini o doğru soruyu sorarak düşünmeye başlamışlardır ama ben yine de soruyu yazayım: O hâlde Broca bölgesi bugünkü biçimine evrimin hangi noktasında ulaşmıştır ve önceki türlerde buna benzer bir bulgu var mıdır?

Erken insan türlerinde de Sapiens'e benzer bir Broca bölgesinin olduğuna dair önemli çalışmalar vardır. Bu bulgunun Sapiens öncesindeki türlerin de bir dile sahip olduğu iddiasına dayanak olabileceği ileri sürülüyor.⁹ 1.8 milyon yıl önce yaşamış olan Homo erectus fosillerinde tespit edilen bu benzerlikler hâlâ tartışmalıdır, Schoenemann ve Bruner gibi kimi araştırmacılar bu bulguların dilin varlığı için tek başına bir kanıt olamayacağını ancak 2 milyon yıl öncesinden itibaren beyinde dille ilgili değişikliklerin gözlemlendiğini ifade eder (Bruner 2013; Schoenemann 2006). Beaudet yeni teknolojik gelişmelerle kafatası fosilleri üzerindeki eski çalışmaların şüpheli bir hâlde geldiğini; Albessard-Ball ve Balzeau ise Broca ve Wernicke bölgelerinin sadece dil ile ilgili

⁸ Bunun için türler arası karşılaştırmalı verileri içeren şu çalışmalara bakılabilir: (Passingham 2008; Petrides vd. 2005; Taglialetela vd. 2008).

⁹ Bunu ileri süren yayınlar için bk. (Broadfield vd. 2001; Falk 1983; R. Holloway 1983, 1995; V. Tobias 1975, 1983).

olmadığını, bu bölgelerin varlığının tespitinin ilk insan türlerinde konuşmanın varlığı için kanıt olamayacağını savunur (Albessard-Ball ve Balzeau, 2018; Beaudet 2017). Bu eleştirilere rağmen Broca bölgesinin ilk insanlardaki görünümüyle ilgili çalışmalar ilginç veriler sunar. 1.9 milyon yıl önce Doğu Afrika'da ortaya çıkan *Homo rudolfensis*'e ait bir fosilde (KNM-ER 1470) yaklaşık 530 cm³ büyüklüğünde bir beyin kapasitesinin varlığı ve modern insanlara benzer bir asimetrik Broca alanının izleri tespit edilmiştir (Holloway 2015a). *Rudolfensis*'in çağdaşları *H. habilis* ve *H. erectus*'un Broca bölgesinde de asimetrik bir genişleme gösterdiği, özellikle *Erectus*'un 1000 cm³ civarı bir beyin hacmi ile belirgin bir Broca çıkıntısına sahip olduğu görülmektedir.¹⁰ 600 bin yıl önce *H. heidelbergensis*'in beyninin (hacmi 1.250 cm³) sol yarım küresinde Broca bölgesi üzerinde de açık bir çıkıntı tespit edilmiştir (Luef 2018). Beyin evrimiyle ilgili çalışmaları değerlendiren Katerina Semendeferi'nin ekibi Broca çıkıntısı bakımından ele geçen bulguları aşağıdaki gibi sunar:

Tablo 3. İnsan türlerinde Broca çıkıntısının gelişimi (Hrvoj-Mihic vd. 2013)

Fosil no	Tür	Yıl önce	Broca çıkıntısı
Sterkfontein tip 2	<i>Australopithecus africanus</i>	2.5 milyon	Yeni oluşmuş?
MH1	<i>Australopithecus sediba</i>	2 milyon	Yeni oluşmuş?
KNM-WT 17000	<i>Paranthropus aethiopicus</i>	2.5 milyon	Yok
OH 5	<i>Paranthropus boisei</i>	1.8 milyon	Korunmamış
SK 1585	<i>Paranthropus robustus</i>	1.5 milyon	Yok
KNM-ER 1813	<i>Homo habilis</i>	1.8-1.9 milyon	Yeni oluşmuş?
KNM-ER 1470	<i>Homo rudolfensis</i>	1.8-1.9 milyon	Mevcut
Hepsinde	Sonraki <i>Homo</i> türleri	1.8 milyon yıl önceden bugüne	Mevcut

Bu çıkıntı yaklaşık 2 - 2.5 milyon öncesinde ortaya çıkmaya başlamıştır. *Homo* türlerinde bu çıkıntının olduğu görülüyor. Neandertal Broca bölgesinin ise *Sapiens*'e çok yakın olduğu, bu iki türün frontal lob bakımından diğer insan türlerinden ayrıldığı konusunda ise epey zengin bir literatür oluşmuştur.¹¹

Broca alanı ve dilin evrimini birlikte değerlendiren yeni bir inceleme ise bu alanın müzik gibi hiyerarşik ve sıralı dizim gerektiren başka işlevlerde de rol aldığını, dilin de hiyerarşik ve sıralı işlemlerin evriminin bir yan ürünü (by-product) olabileceğini savunur:

Sonuç olarak, insanlar kasıtlı olarak konuşma üretimini kontrol edebilir, birkaç farklı heceyi birleştirerek yeni kelimeler oluşturabilir ve yeni bir dil öğrenebilir. Bununla birlikte, Broca bölgesi sadece dil işleme için tasarlanmış bir yapı olmayabilir. Araştırmalar, Broca'nın alanının, müzik ve eylem alanları gibi sıralı / hiyerarşik işlem gerektiren alanlara dil alanı ile katkıda bulunduğunu ortaya koydu. Dil, insanın eşsiz özelliklerinden biridir. Bununla birlikte, Broca alanının işlevi açısından, dil, sıralı / hiyerarşik işlemin evriminin bir yan ürünü olabilir (Wakita 2020).

¹⁰ Bu bilgi için bk. (Luef 2018; P. Tobias 1998; Wu vd. 2011).

¹¹ Birkaçı için bk. (Bruner 2017; Bruner vd. 2014; Bruner & Holloway 2010).

İlk fosillerden bugüne gelindiğinde tıpkı beyin hacmindeki değişiklikler gibi Broca bölgesiyle ilgili değişikliklerin de aşamalı bir değişim sergilediğini söylemek mümkün görünüyor.

4. Wernicke bölgesi

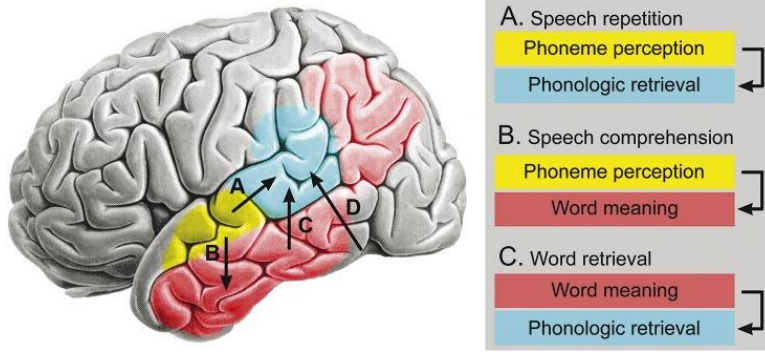
Broca bölgesinin daha çok konuşmayla ilgili motor becerileri yönettiğinin uzun yıllar literatürdeki egemen görüş olduğunu ifade etmiştim. Wernicke bölgesi de anlama ile ilişkilendirilir. Carl Wernicke 1874'te beyinde konuşmanın anlaşılmasıyla ilgili sorunların bir başka beyin bölgesindeki hasarlardan kaynaklandığını rapor etti. Bu bölge de daha sonra Wernicke bölgesi olarak anılmaya başladı.

Her ne kadar son çalışmalarda bu bölgelerin etkileşiminin de önemli olduğu ortaya konsa da Wernicke bölgesinin anlama ile ilgili olduğu kabulü son yıllara kadar yaygınlığını korumuştur. Aslında hem Broca hem de Wernicke'nin dilin beyindeki yerleşimiyle ilgili görüşlerinin sonraki yıllarda yanlış bir şekilde özetlendiğini ve bu iki araştırmacının dili beyinde tek bir bölgeyle ilişkilendirmediğini söylersem durumu özetlemiş olurum. Örneğin Geert-Jan Rutten, Wernicke'nin dil işlevlerinin beyinde belli bölgelerde yerleştiği şeklinde bir iddiasının olmadığını, dille ilgili kavramsal bilginin birbiriyle ilişkili bölgeler arasında dağıtıldığını içeren bir teori sunduğunu belirtir. Ona göre Wernicke yerleşimci değil, bağlantıcıdır (Rutten 2012: 23).

Alman bilim insanı Carl Wernicke tarafından bulunan bu beyin bölgesi Brodmann haritasında 22 numara ile gösterilen alanı kapsar. Bu alanın neresi olduğu konusunda zaman zaman farklı görüşler ileri sürülmüştür (Bogen & Bogen 1976) ve hâlâ bazı konularda tartışmalar devam etmektedir (Binder 2017). Bu tartışmalara katılan isimlerden biri olan Alfredo Ardila beyindeki konuşma alanları üzerine uzmandır ve Brodmann haritasındaki numaralara göre Wernicke bölgesini çekirdek (core) ve genişletilmiş (extended) bölge şeklinde ikiye ayırarak yeniden tanımlar. Buna göre beynin solunda iki dil ağı (network) vardır. İlki, dili anlama ve algılama sistemidir ki kelime tanıma-algılama ile ilgili olan “çekirdek Wernicke alanı” (21, 22, 41 ve 42) ve dilsel çağrışımlarla ilgili Wernicke çevresel alanını (“genişletilmiş Wernicke alanı:” 20, 37, 38, 39 ve 40) içerir; ikincisi ise bir dil üretim sistemidir ki Broca bölgesini içerir (“Broca'nın kompleksi”: 44, 45 ve ayrıca 46, 47) (Ardila vd. 2016b, 2016a).

Uzun yıllar bu alanın sadece “anlama” alanı olduğu kabulü yaygındı. Ancak teknolojinin ilerlemesiyle birlikte yeni görüntüleme tekniklerinin kullanılması fotoğrafı farklılaştırmaya başladı. Bu bölgenin dil için önemli olduğu mutlak. Ancak başlardaki “anlama bölgesi” kabulünün bugün zayıfladığını görüyoruz. Bu bölgenin anatomisi ve işlevi konusunda genel kabulleri sorgulayan değerlendirmeler de yapılmaktadır. Jeffrey R. Binder, Wernicke bölgesi olarak etiketlenen bölgenin dili anlamada çok az işlevi olduğu, beyinde sadece konuşmayı anlama üzerine yerleşik bir bölgenin olmadığı konusunda bir uzlaşının oluştuğunu ifade eder (Binder 2015, 2017). Binder, Wernicke bölgesi ve komşu bölgelerinin işlevlerini ve etkileşimlerini de şu şekilde gösterir:

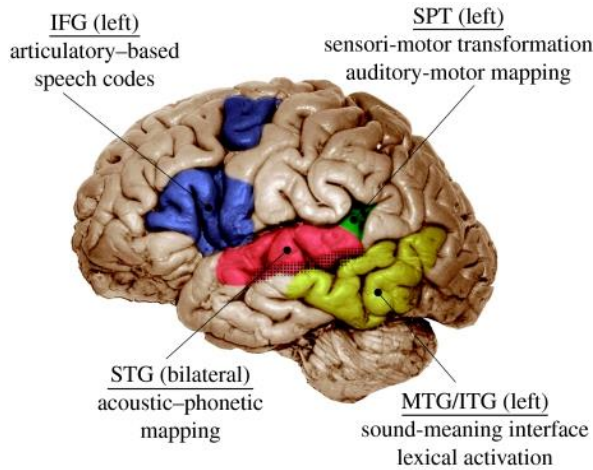
Görsel 4. Binder'e göre beyin ve dil bölgeleri (Binder 2015)



- A. Konuşma tekrarı (speech repetition): sesbirim algılama (phoneme perception), sesbilimsel geri getirme (phonologic retrieval)
- B. Konuşma algılama (speech comprehension): sesbirim algılama, sözcük anlamı (word meaning)
- C. Sözcük geri getirme (word retrieval): Sözcük anlamı, sesbilimsel geri getirme.

Mavi renkli bölge Wernicke bölgesi olarak bilinen bölgedir, sesbilimsel geri getirme bileşenini destekler. Bu işlem tekrarlama, sözcüğü geri getirme, yüksek sesli okuma gibi konuşma üretimindeki eylemler için önemlidir. Kırmızı bölgeler sözcük anlamı ile ilgili işlemlerle ilgilidir ve bu bölgenin diğer bölgelerle etkileşimi de oklarla gösterilir. Görüldüğü üzere zihne depolanan sesleri ve sözcükleri konuşma esnasında kullanmak için tekrar geri getirebilme, sözcükleri anlama gibi ses, sözcük ve anlam ile ilgili önemli işlevler sadece Wernicke bölgesinin değil, onun da içinde olduğu farklı bölgelerin etkileşimiyle ortaya çıkıyor. Wernicke bölgesi için sadece anlama eylemlerini yöneten bir bölge demek doğru değildir. Daha çok sesle ilgili süreçlerde görev alıyor ve konuşma üretiminde rol üstleniyor.

Görsel 5. Poeppel vd. 'e göre (2008) dil ile ilgili bölgelerin işlevleri. Mavi renkli Broca bölgesi telaffuza dayalı konuşma kodlarıyla ilişkilendirilirken Wernicke bölgesinin de içinde bulunduğu daha büyük ve yeşille gösterilen bölge ses-anlam arayüzü ve sözcük aktivasyonunu yönetmektedir. (Poeppel vd. 2008)



Wernicke bölgesinin dilin evrimi incelemelerinde dikkat çeken bir öge olduğu ortadadır. Bu bölgenin insana yakın türlerdeki ve diğer insan türlerindeki evrimi konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin Gil-da-Costa ve arkadaşları insandaki Broca ve Wernicke alanlarının benzerinin makak beyinde de bulunduğunu ve türe özgü seslenmeleri iştir iştirmez bu bölgenin aktive olduğunu saptamış, 25-30 milyon yıl önceki insan ve makakların ortak atasının dilin evrimi için önemli olan nöral mekanizmalara sahip olduğunu ileri sürmüştür (Gil-da-Costa vd. 2006). Gavrilov ve Nieder (2021) de yeni çalışmalarında makakların Broca bölgesinde jestlere dayalı iletişim için etkin olan nöronlarla seslenmeler için etkin olan nöronların iki farklı grup olarak belirginleştiğini, hareketlere dayalı iletişimin seslenmelere göre daha temel bir iletişim gibi görüldüğünü ortaya koyar ve yazarlar insan dil sisteminin önceki primat ses ve jest üretim sisteminden evrimleştiğinin Broca bölgesindeki sinirsel bağlantılar ile anlaşıldığı sonucuna ulaşır:

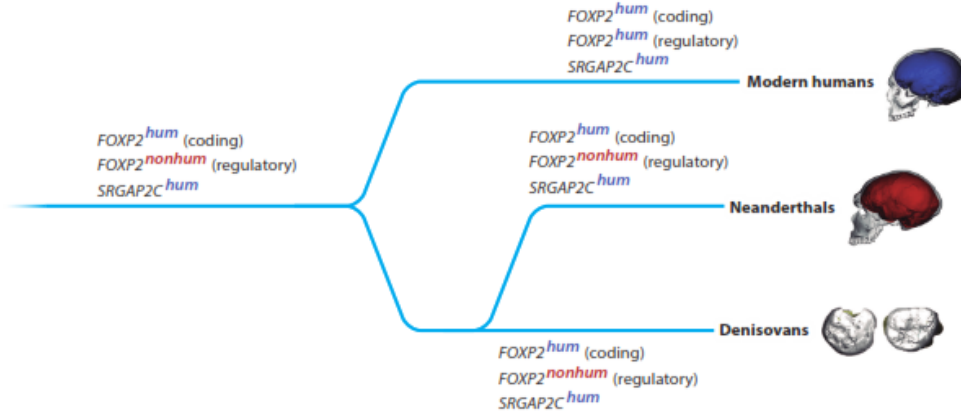
Bu nedenle, anatomik olarak iç içe geçmiş ancak işlevsel olarak ayrılmış eylem hazırlama ağları, insan beynindeki Broca bölgesinin önerilen anatomik kökeni olan vIPFC'nin sınırlı bir alanında birlikte bulunur. Dolayısıyla, her iki sisteme de erişebilen bir insan dili üretim sisteminin evriminden önce, insan olmayan primat beyinde ses ve manuel çıktının planlanması arasındaki net sinirsel bağlantılar mevcuttur. Bu, yakın anatomik çevrede ses üretimi ve el hareketi sistemlerinin ortak bir evrim geçirdiğini göstermektedir. Özellikle ilkel ses üretim ağı, primat evrimi sırasında genişlemiş ve konuşma ve dil sisteminin hizmetine sunulmuştur (Gavrilov & Nieder 2021).

Bu konuda önemli bir başka çalışma, Wernicke bölgesinin şempanzelerle karşılaştırmalı analizine dayanmaktadır. Buna göre Wernicke bölgesinin sol asimetrisi modern insan dilinin ortaya çıkmasından önce oluşmuştur (Spocter vd. 2010). İnsanın iletişim becerisinin ortaya çıkmasında bu bölgenin önemli bir bölge olduğu söylenebilir.

Broca ve Wernicke bölgelerine dayalı tarihsel kabullerin son yıllarda değiştiğini söylemek mümkündür (Tremblay & Dick 2016). Kuramsal dilbilimcilerin kimi ayrımlarının da beyin incelemeleriyle uyuşmadığı görülüyor. Örneğin dilin şu alanı beyinde sadece şu bölge tarafından yönetilir gibi kesin bir yerleşimci anlayışı doğrulayan herhangi bir sonuç yoktur. Özellikle “sözdiziminin otonomisi” Chomskyci dilciler tarafından çok vurgulanır ve dilin evriminde önemsenir ancak beyin incelemeleri böyle otonom bir sözdizimi alanını henüz doğrulamamıştır (Moro 2008: 157-158). Broca ve Wernicke bölgeleri dilin çeşitli yönlerine katkıda bulunuyor ama dil farklı beyin bölgelerinin etkileşimiyle işleyen bir araçtır (Monroy-Sosa vd. 2020). Beyin araştırmacısı Vilayanur S. Ramachandran da “klasik modelin” doğruluğu konusunda şüpheleri olan biridir, bunu bir matematik profesörü olan ve beyinde Broca bölgesinde hasar oluşan hastası “doktor Hamdi” üzerinden anlatır. Beyinde belirli bir dil işlevinin tek bir bölge tarafından yönetildiği düşüncesinin doğru olmadığını gösteren “doktor Hamdi” bu modeldeki varsayımların dışında bir örnektir. Bu hasta söz konusu bölgelerde sorun olduğu hâlde tahmin edilen sorunları yaşamamıştır (Ramachandran 2015: 214-219). Burada “beyin esnekliği” olgusu öne çıkar. Beyinde hasarlı bir bölgenin işlevini başka bir bölge üstlenebilmektedir. Beynin bu esnek yapısı, modüler ve sabit, işlev odaklı bölgeler anlayışını zayıflatan en önemli olgulardan biridir. Sapiens beyni ile ona en yakın türler olan Neandertal ve Denisovalı genleri karşılaştırıldığında beyin esnekliğini etkileyen FOXP2 düzenleyici geninin Sapiens’e özgü olduğu, bunun da insan

beyninin “biricikliği” ortaya çıkaran bir etken olabileceği Sherwood ve Gómez-Robles tarafından dile getirilir.

Görsel 6. Sherwood ve Gómez-Robles’e göre beyin esnekliği ve FOXP2 düzenleyici geni. Sapiens, Neandertal ve Denisovalıların ortak atasında da olmayan FOXP2’nin düzenleyici versiyonu ortak atadan ayrılma sonrasında sadece Sapiens’te ortaya çıkmıştır. (Sherwood & Gómez-Robles 2017)



Francisco Aboitiz dilin beyinle ilişkisi, beyin evrimi ile dil arasındaki paralellikler meselesine pek çok çalışmayla katkıda bulunmuştur.¹² Aboitiz, Broca ve Wernicke bölgesi araştırmaları için şu yorumda bulunur:

Bu nedenle, dil için Wernicke ve Geschwind’in ilk modellerinde öngörülenden çok daha karmaşık bir kortikal ağ vardır. Bu alanların beyin geri kalanından izole edilmediğini ve diğer nöronal sistemlerle birbirine bağlı olduklarını düşündüğümüzde bu daha da karmaşık hâle gelir. Örneğin, konuşma, yazma veya işaret dili üretimi, beyincik ve bazal gangliyonlar tarafından kontrol edilen karmaşık motor modellerin yürütülmesini gerektirir ... Bazal gangliyonlar serebral korteks ve Broca - Wernicke alanlarının yanı sıra vokal sistemini kontrol eden motor korteksi ile büyük ölçüde bağlantılıdır (Aboitiz 2017: 72).

Aboitiz, dil için yerleşmiş bir modül anlayışını mevcut kanıtlarla uyumlu bulmaz. Farklı bölgelerin karmaşık ilişkilerini öne çıkarır. Burada işe karışan birkaç bölge ve bu bölgeler arasındaki bağlar söz konusudur. Beyin ve konuşma ilişkisini ayrıntılarıyla ele aldığı kitabının sonuç bölümünde Aboitiz, Broca bölgesinin ortaya çıkışıyla desteklenen fonolojik adımın edinilmesini önemser. Ona göre konuşmanın ortaya çıkışında fonolojik aşamanın geçilmesi merkezi bir yer işgal ediyordu.¹³ Bu fonolojik adımla ilgili kimi özellikler şempanze ve insanın ortak atasında da vardı. Evrimin bilinmeyen bir noktasında (belki Australopithecines’de) bu devre, şarkı benzeri dizilerle işaretlenmiş, nesne ve olayları karşılayan ön-sözcüksel (proto-lexical) öğelere sahip ilkel bir ön-konuşmaya benzer bir aşamaya yol açtı. Homo türünün başlarında beyin boyutundaki kademeli artışla davranış değişiklikleri de görülmeye başlandı. Ancak anlambilim ve

¹² Bazıları için bk. (Aboitiz 2017, 2018a, 2018b; Aboitiz ve García, 1997; Aboitiz vd. 2009; Arbib vd. 2018; Michon vd. 2019; Scharff vd. 2013).

¹³ Fonolojik adımın dilin evrimindeki rolüyle ilgili bir teori için bk. (Ercilasun 2021).

sözdiziminin gelişimiyle ortaya çıkan zihinsel devrim arkaik Homo sapiens ile 50 bin yıl önce başladı (Aboitiz 2017: 468-469).

Daha yeni bir çalışmada “anlama” ile ilgili ilk atılımın daha diğer primatlardan ayrılmadan önceki döneme, yani 7 milyon yıl öncesine gittiği Sapiens ve makak beyninin temporal loblarının karşılaştırılmasıyla sunulur. (Braunsdorf vd. 2021) ki bu, beynin dil ile ilgili çeşitli özelliklere (ses çıkarma, ses tanıma, anlam işleme vb.) aşamalı olarak hazırlandığını göstermektedir.

5. Sonuç

Broca, Wernicke gibi çeşitli bölgelerin “dil” ile ilgili olduğu bilimsel olarak kesindir. Bu bölgelerin dil dışında farklı işlevler için de etkili olduğu belirlenmiştir. Dil ile ilgili oldukları kesinse de dilin hangi düzeyini (sözdizimi, anlam vb.) yönettikleri önemli bir araştırma konusudur. Farklı bölgelerin etkileşimlerinin öne çıktığı görülüyor. Evrimsel olarak ise özellikle Broca alanının benzerinin şempanzelerde (F5) de görülmesi ve iletişimsel işlevlerde etkili olması önemli bir bulgudur. İnsan soy çizgisinde Broca bölgesinin yaklaşık 2 milyon yıldan bu yana geçirdiği evrimin izlerini fosil kayıtları üzerinden belirleme girişimleri yapılmış ve önemli görüşler ileri sürülmüştür. Dilin evrimi konusunda çok kullanılan bir benzetmeye başvurarak “bunların büyük bir yapbozun parçaları” olduğunu söyleyeyim. Bu yapbozu tamamlamak için hem eş zamanlı hem de art zamanlı iki zorluk bizi bekliyor: 1. Bugün dil yapbozunun tüm parçalarını (biyolojik, genetik vb.) çok net olarak bulamadık. 2. Bugünkü parçaları bulsak da bulduğumuz kimi parçaların evrimsel geçmişini izlemekte zorlanıyoruz. Ama bunlar, dilin evrimi araştırmalarındaki büyük ilerlemeleri görmemize engel değil. Bu yapbozu tamamlama konusunda hiç bu kadar ilerlememiştik.

Kaynakça

- ABOITIZ, F. (2017). *A Brain for Speech: A View from Evolutionary Neuroanatomy*. Londra: Palgrave Macmillan UK.
- ABOITIZ, F. (2018a). "A Brain for Speech. Evolutionary Continuity in Primate and Human Auditory-Vocal Processing". *Frontiers in Neuroscience*, 12(MAR): 174.
- ABOITIZ, F. (2018b). "Voice, Gesture and Working Memory in the Emergence of Speech". *Interaction Studies*, 19(1-2): 70-85.
- ABOITIZ, F.; GARCÍA, R. (1997). "The Evolutionary Origin of the Language Areas in the Human Brain. A Neuroanatomical Perspective". *Brain Research Reviews*, 25/3: 381-396.
- ABOITIZ, F.; GARCÍA, R.; BRUNETTI, E. vd. (2009). "The Origin of Broca's Area and Its Connections from an Ancestral Working Memory Network". *Broca's Region* (Edt. Y. Grodzinsky ve K. Amunts), Oxford: Oxford University Press: 3-16.
- ALBESSARD-BALL, L.; BALZEAU, A. (2018). "Of Tongues and Men: A Review of Morphological Evidence for the Evolution of Language". *Journal of Language Evolution*, 3/1: 79-89.
- ARBIB, M. A.; ABOITIZ, F.; BURKART, J. M. vd. (2020). "The Comparative Neuroprimatology 2018 (CNP-2018) Road Map For Research On How the Brain Got Language". *How the Brain Got Language* (Edt. M. Arbib). Amsterdam: John Benjamins Pub.: 370-387.
- ARDILA, A.; BERNAL, B.; ROSSELLI, M. (2016a). "How Extended Is Wernicke's Area? Meta-Analytic Connectivity Study of BA20 and Integrative Proposal". *Neuroscience Journal*, 2016, 4962562.
- ARDILA, A.; BERNAL, B.; ROSSELLI, M. (2016b). "How Localized Are Language Brain Areas? A

- Review of Brodmann Areas Involvement in Oral Language". *Archives of Clinical Neuropsychology*, 31/1:112-122.
- BEAUDET, A. (2017). "The Emergence of Language in the Hominin Lineage: Perspectives from Fossil Endocasts". *Frontiers in Human Neuroscience*, 11.
- BENÍTEZ-BURRACO, A.; BOECKX, C. (2015). "Possible Functional Links Among Brain- and Skull-Related Genes Selected in Modern Humans". *Frontiers in Psychology*, 6: 794.
- BERWICK, R. C.; FRIEDERICI, A. D.; CHOMSKY, N. vd. (2013). "Evolution, Brain, and the Nature of Language". *Trends in Cognitive Sciences*, 17/2: 98.
- BINDER, J. R. (2015). "The Wernicke Area". *Neurology*, 85/24: 2170-2175.
- BINDER, J. R. (2017). "Current Controversies on Wernicke's Area and Its Role in Language". *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 17/8: 58.
- BINKOFSKI, F.; BUCCINO, G. (2004). "Motor Functions of the Broca's Region". *Brain and Language*, 89/2: 362-369.
- BOGEN, J. E.; BOGEN, G. M. (1976). "Wernicke's Region-Where Is It?". *Annals of the New York Academy of Sciences*, 280/1: 834-843.
- BRAUNSDORF, M.; BLAZQUEZ FRECHES, G.; ROUMAZEILLES, L. vd. (2021). "Does the Temporal Cortex Make Us Human? A Review of Structural and Functional Diversity of the Primate Temporal Lobe". *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 131: 400-410.
- BROADFIELD, D. C.; HOLLOWAY, R. L.; MOWBRAY, K. vd. (2001). "Endocast of Sambungmacan 3 (Sm 3): A New Homo Erectus from Indonesia". *Anatomical Record*, 262/4: 369-379.
- BRUNER, E. (2013). "Language and Hybrids: Too Many Answers For Too Few Questions", *J. Anthropol. Sci.*, 91:245-247.
- BRUNER, E. (2017). "Language, Paleoneurology, and the Fronto-Parietal System". *Frontiers in Human Neuroscience*, 11: 349.
- BRUNER, E.; DE LA CUÉTARA, J. M.; MASTERS, M. vd. (2014). "Functional Craniology and Brain Evolution: From Paleontology to Biomedicine". *Frontiers in Neuroanatomy*, 8: 19.
- BRUNER, E.; HOLLOWAY, R. L. (2010). "A Bivariate Approach to the Widening of the Frontal Lobes in the Genus Homo". *Journal of Human Evolution*, 58/2: 138-146.
- BURNS, M.; FAHY, J. (2010). "Broca's Area: Rethinking Classical Concepts from a Neuroscience Perspective". *Topics in Stroke Rehabilitation*, 17/6: 401-410.
- DOMANSKI, C. W. (2013). "Mysterious 'Monsieur Leborgne': The Mystery of the Famous Patient in the History of Neuropsychology Is Explained". *Journal of the History of the Neurosciences*, 22/1: 47-52.
- DRONKERS, N. F.; PLAISANT, O.; IBA-ZIZEN, M. T. vd. (2007). "Paul Broca's Historic Cases: High Resolution MR Imaging of the Brains of Leborgne and Lelong". *Brain*, 130: 1432-1441.
- DU, A.; ZIPKIN, A. M.; HATALA, K. G. vd. (2018). Pattern and Process in Hominin Brain Size Evolution Are Scale-Dependent. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285/1873.
- ERCİLASUN, A. B. (2021). "Dilin Doğuşu ve Evrimi: Basamak Teorisi". *Dil Araştırmaları*, 15/29: 1-17.
- FALK, D. (1983). "Cerebral Cortices of East African Early Hominids". *Science*, 221/4615: 1072-1074.
- FALK, D. (2012). The Evolution of Broca's Area. *IBRO History of Neuroscience*.
- FEDORENKO, E.; BLANK, I. A. (2020). "Broca's Area Is Not a Natural Kind". *Trends in Cognitive Science*, 24/4: 270-284.
- FRIEDERICI, A. D. (2017a). *Language in Our Brain: The Origins of a Uniquely Human Capacity*. MIT Press.
- FRIEDERICI, A. D. (2017b). Evolution of the Neural Language Network. *Psychonomic Bulletin and Review*, 24/1: 41-47.
- FRIEDERICI, A. D. (2020). "Hierarchy Processing in Human Neurobiology: How Specific Is It?" *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 375/1789: 20180391.
- FRIEDERICI, A. D.; CHOMSKY, N.; BERWICK, R. C. vd. (2017). "Language, Mind and Brain". *Nature Human Behaviour*, 1/10: 713-722.
- FRIEDRICH, P.; ANDERSON, C.; SCHMITZ, J. vd. (2019). "Fundamental Or Forgotten? Is Pierre Paul Broca Still Relevant in Modern Neuroscience?" *Laterality*, 24/2: 125-138.
- GAVRILOV, N.; NIEDER, A. (2021). "Distinct Neural Networks for the Volitional Control of Vocal and

- Manual Actions in the Monkey Homologue of Broca's Area". *elife*, 10:e62797.
- GAZZANIGA, M. S. (2008). *Human: The Science Behind What Makes Us Unique*. New York: Ecco.
- GIL-DA-COSTA, R.; MARTIN, A.; LOPES, M. A. vd. (2006). "Species-Specific Calls Activate Homologs of Broca's and Wernicke's Areas in the Macaque". *Nature Neuroscience*, 9/8: 1064-1070.
- GRODZINSKY, Y. (2000). "The Neurology of Syntax: Language Use Without Broca's Area". *Behavioral and Brain Sciences*, 23/1 :1-71.
- GRODZINSKY, Y.; AMUNTS, K. (Ed.). (2006). *Broca's Region*. Oxford: Oxford University Press.
- GRODZINSKY, Y.; SANTI, A. (2008). "The Battle For Broca's Region". *Trends in Cognitive Sciences*, 12/12: 474-480.
- HERCULANO-HOUZEL, S. (2016). *The Human Advantage: A New Understanding of How Our Brain Became Remarkable*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- HOLLOWAY, R. (1983). Human Paleontological Evidence Relevant to Language Behavior. *Hum. Neurobiol.* , 2: 105-114.
- HOLLOWAY, R. (1995). "Toward A Synthetic Theory of Human Brain Evolution". *Origins of the Human Brain* (Edt. J.-P. Changeux ve J. Chavaillon), Oxford: Clarendon Press: 42-54.
- HOLLOWAY, R. L. (2015a). Brain Evolution. *Basics in Human Evolution* (Edt. M. Muehlenbrenner), Berlin: Elsevier: 235-250.
- HOLLOWAY, R. L. (2015b). The Evolution of the Hominid Brain. *Handbook of Paleoanthropology* (Edt. W. Henke ve I. Tattersall). Berlin: Springer: 1961-1987.
- HRVOJ-MIHIC, B.; BIENVENU, T.; STEFANACCI, L. vd. (2013). "Evolution, Development, and Plasticity of the Human Brain: From Molecules to Bones". *Frontiers in Human Neuroscience*, 7.
- KEMMERER, D. (2015). *Cognitive Neuroscience of Language*. New York: Psychology Press.
- KERİMOĞLU, C. (2016). "Dilin Kökeni Arayışları I: Dilin Kökeniyle İlgili Akademik Tartışmalar". *Dil Araştırmaları*, 18: 47-84.
- KERİMOĞLU, C. (2017). "Dilin Kökeni Arayışları II: FOXP2 Geni". *Dil Araştırmaları*, 21: 35-50.
- KERİMOĞLU, C. (2018). "Dilin Kökeni Arayışları 3: Hayvan İletişimi-I". *Dil Araştırmaları*, 23: 23-56.
- KERİMOĞLU, C. (2019a). "Dilin Kökeni Arayışları 3: Hayvan İletişimi-II". *Dil Araştırmaları*, 24: 43-73.
- KERİMOĞLU, C. (2019b). "Dilin Kökeni Arayışları 4: Neandertallerin Dili Var mıydı?" *Dil Araştırmaları*, 25: 7-53.
- KERİMOĞLU, C. (2020). *Neandertaller Konuşur muydu? İnsanın Ve Dilin Kökenine Bir Yolculuk*. İzmir: Varyant Yay.
- KERİMOĞLU, C. (2021a). *Chomsky Darwin'e Karşı: Evrensel Dilbilgisi, Dilin Kökeni ve Evrim*. İzmir: Varyant Yay.
- KERİMOĞLU, C. (2021b). "Chomsky'nin Problemi: Dilin Evrimi". *Çukurova Üniversitesi Türkoloji Araştırmaları Dergisi*, 6/2: 598-614.
- LAPOINTE, L. L. (2013). *Paul Broca and the Origins of Language in the Brain*. San Diego: Plural Pub.
- LUEF, E. M. (2018). "Tracing the Human Brain's Classical Language Areas in Extant and Extinct Hominids". *The Talking Species. Perspectives On the Evolutionary, Neuronal and Cultural Foundations of Language*. Graz: Uni-Press Graz: 29-56.
- MICHON, M.; LÓPEZ, V.; ABOITIZ, F. (2019). "Origin and Evolution of Human Speech: Emergence from A Trimodal Auditory, Visual and Vocal Network". *Progress in Brain Research. Evolution of the Human Brain: From Matter to Mind* (Edt. M. A. Hofman): 345-371.
- MONROY-SOSA, A.; CHAKRAVARTHI, S. S.; CORTES-CONTRERAS, A. P. vd. (2020). The Evolution of Cerebral Language Localization: Historical Analysis and Current Trends. *World Neurosurgery*.
- MORO, A. (2008). *The Boundaries of Babel: The Brain and the Enigma of Impossible Languages*. Cambridge, Mass: The MIT Press.
- MURPHY, E.; HOSHI, K.; BENÍTEZ-BURRACO, A. (2022). "Subcortical Syntax: Reconsidering the Neural Dynamics of Language". *Journal of Neurolinguistics*, 62: 101062.
- NEUBAUER, S.; HUBLIN, J.-J.; GUNZ, P. (2018). "The Evolution of Modern Human Brain Shape". *Science Advances*, 4/1: Eao5961.
- ÖKTEM, Ö.; ZARCA BAHAR, Z.; AKTİN, E. (2019). *Afazi, Apraksi, Agnozi*. İtfnorojji.Org.
- PASSINGHAM, R. E. (2008). *What Is Special about the Human Brain?* Oxford: Oxford University Press.
- PETRIDES, M.; CADORET, G.; MACKEY, S. (2005). "Orofacial Somatomotor Responses in the Macaque Monkey Homologue of Broca's Area". *Nature*, 435/7046: 1235-1238.

- POEPEL, D.; EMMOREY, K.; HICKOK, G. vd. (2012). "Towards A New Neurobiology of Language". *Journal of Neuroscience*, 32/41: 14125-14131.
- POEPEL, D.; IDSARDI, W. J.; VAN WASSENHOVE, V. (2008). "Speech Perception at the Interface of Neurobiology and Linguistics". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363/1493:1071-1086.
- PONCE DE LEÓN, M. S.; BIENVENU, T.; MAROM, A. vd. (2021). "The Primitive Brain of Early Homo". *Science*, 372/6538: 165-171.
- RAMACHANDRAN, V. (2015). *Öykücü Beyin. Bir Nöroloğun Bizi İnsan Kılanın Ne Olduğuna Dair Arayışı* (Çev. A. C. Çevik). İstanbul: Alfa.
- ROTH, G.; DICKE, U. (2005). Evolution of the Brain and Intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, 9/5: 250-257.
- RUTTEN, G.-J. (2012). *The Broca-Wernicke Doctrine: A Historical and Clinical Perspective On Localization of Language Functions*. Berlin: Springer.
- SCHARFF, C.; FRIEDERICI, A. D.; PETRIDES, M. vd. (2013). "Neurobiology of Human Language and Its Evolution: Primate and Non-Primate Perspectives". *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*, 5.
- SCHNEIDER, G. E. (2014). *Brain Structure and Its Origins: Function, Evolution, Development*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- SCHOENEMANN, P. T. (2006). "Evolution of the Size and Functional Areas of the Human Brain". *Annu. Rev. Anthropol.*: 35: 379-406.
- SCHOENEMANN, P. T. (2009). "Evolution of Brain and Language". *Language Learning*, 59(SUPPL. 1): 162-186.
- SCHOENEMANN, P. T. (2012). Evolution of Brain and Language. *Progress in Brain Research* (Edt. M. A. Hofman ve D. Falk): 443-459.
- SHERWOOD, C. C.; BAUERNFEIND, A. L.; BIANCHI, S. vd. (2012). "Human Brain Evolution Writ Large and Small". *Progress in Brain Research* (Edt. M. A. Hofman ve D. Falk). 195: 237-254.
- SHERWOOD, C. C.; GÓMEZ-ROBLES, A. (2017). "Brain Plasticity and Human Evolution". *Annual Review of Anthropology*, 46: 399-419.
- SPOCTER, M. A.; HOPKINS, W. D.; GARRISON, A. R. vd. (2010). "Wernicke's Area Homologue in Chimpanzees Ipan Troglodytes and Its Relation to the Appearance of Modern Human Language". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277/1691: 2165-2174.
- TAGLIALATELA, J. P.; RUSSELL, J. L.; SCHAEFFER, J. A. vd. (2008). "Communicative Signaling Activates "Broca's" Homolog in Chimpanzees". *Current Biology*, 18/5: 343-348.
- TOBIAS, P. (1998). "Evidence For the Early Beginnings of Spoken Language", *Cambridge Archeological Journal*, 8: 72-78.
- TOBIAS, V. (1975). "Brain Evolution in the Hominoidea", *Primate Functional Morphology and Evolution* (Edt. R. Tuttle). Berlin: Mouton: 353-392.
- TOBIAS, V. (1983). "Recent Advances in the Evolution of the Hominids with Especial Reference to Brain and Speech". *Recent Advances in the Evolution of Primates* (Edt. C. Chagas). Pontificia Acad. Sci.: 85-140.
- TREMBLAY, P.; DICK, A. S. (2016). "Broca and Wernicke Are Dead, or Moving Past the Classic Model of Language Neurobiology". *Brain and Language*, 162: 60-71.
- VAN SCHAİK, C. (2016). *The Primate Origins of Human Nature*. Londra: Wiley.
- VERENDEEV, A.; SHERWOOD, C. C. (2017). "Human Brain Evolution". *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 16: 41-45.
- WAKITA, M. (2020). "Language Evolution from a Perspective of Broca's Area"., *The Origins of Language Revisited* (Edt. N. Masataka). Springer Singapore: 97-113.
- WU, X.; HOLLOWAY, R. L.; SCHEPARTZ, L. A. vd. (2011). "A New Brain Endocast of Homo Erectus from Hulu Cave, Nanjing, China". *American Journal of Physical Anthropology*, 145/3: 452-460.
- XIA, X.; GAO, F.; YUAN, Z. (2021). "Species and Individual Differences and Connectional Asymmetry of Broca's Area in Humans and Macaques". *Neuroimage*, 244: 118583.