

YENİ BİLİMSEL VERİLERİN IŞIĞINDA DİLİN EVRİMİ VE FOXP2 GENİ

İraz Akış

Doç.Dr., Biyokimya Anabilim Dalı
Veteriner Fakültesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul
irazakis@gmail.com

Erhan Nalçacı

Prof.Dr., Fizyoloji Anabilim Dalı
Tıp Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara
nalcaci@medicine.ankara.edu.tr

ÖZET

Primatlarda dilin evriminin hangi sıçramalarla gittiği halen tam olarak çözülebilmemiş değildir. Sosyalliğin başlıca aracı olarak evrimsel olarak desteklenen dil birçok biyolojik ve kültürel dönüm noktasına sahip gözükme-ktedir.

2000'lerin başında insanlarda konuşma ile ilişkilendirilen *FOXP2* geni dilin evrimsel süreci ile ilgili büyük bir heyecan yaratmıştır. Birçok proteinin ifadesini regüle eden *FOXP2* dille ilgili yumuşak dokulardan beyinde ilgili sinir devrelerinin gelişimine kadar birçok süreçle ilişkili bulunmuştur. Bu genin kodladığı *FOXP2* proteinindeki, şempanzelerden farklı olarak insanda görülen iki amino asitlik değişikliğin eklemli dilin oluşumunda kritik bir rol oynadığı tezlenmiştir.

Ancak çok daha geniş bir popülasyonda, Afrika ve Afrika dışı örneklerde ve genin tümünde çalışan Atkinson ve ark. (2018) söz konusu seçilimin *Homo sapiens*'e ait olmadığına ilişkin kuvvetli kanıtlara eriştiler. Ayrıca Neandertal ve Denisovan fosillerinden elde edilen antik DNA çalışmaları söz konusu mutasyonların bu türlerde de olduğunu kanıtlamış, bu mutasyonların türler arasındaki gen alış verişine bağlı olmadığı iddia edilmiştir.

Bu gözden geçirmede bazı anatomik ve kültürel özellikler de göz önünde bulundurularak *Homo erectus*'tan başlayarak bütün *Homo* türlerinin bir çeşit dile veya dilere sahip olduğu ileri sürülmüş, buna rağmen *Homo sapiens*'in günümüze uzanan dil özelliklerinin henüz tam olarak anlaşılmayan genetik bir değişiklik ile ilgili olup olmadığı tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dilin evrimi, *FOXP2*, Antik DNA.

THE EVOLUTION OF LANGUAGE IN THE LIGHT OF NEW SCIENTIFIC DATA AND THE FOXP2 GENE

ABSTRACT

The leaps ahead of the evolution of language in primates are still unclear. Evolutionary promoted language as the primary tool of sociality seems to have many biological and cultural milestones.

In the early 2000s, the *FOXP2* gene associated with speech in humans created great excitement about the evolutionary process of language. *FOXP2*, which regulates the expression of many proteins, has been associated with many processes, from language-related soft tissues to the development of related neural circuits in the brain. The two amino acid changes in the *FOXP2* protein encoded by this gene, which constitute the difference between the chimpanzee and human *FOXP2* proteins, have been suggested to play a critical role in the formation of modern syntactic language.

However, Atkinson et al. (2018) found strong evidence that the selection at *FOXP2* did not occur in *Homo sapiens*, according to a study on a much larger population including African and non-African specimens and analyses of the entire gene. In addition, ancient DNA obtained from Neanderthal and Denisovan fossils proved that the mutations at *FOXP2* were also present in these species, and it was claimed that these mutations were not dependent on gene flow between species.

In this review, considering some anatomical and cultural features, it has been suggested that all *Homo* species starting from *Homo erectus* have some kind of language or languages. It has been also discussed, whether the linguistic features of *Homo sapiens* are related to a genetic change that is not yet fully understood.

Keywords: Evolution of language, *FOXP2*, Ancient DNA.

GİRİŞ

İnsanın evriminde insan merkezli, özgücü veya ereksel düşüncelerin görülmesi durumunda mutlaka üzerinde ki örtüyü kaldırıp bilime sızan metafiziği araştırmamız gerekir. Tabii ki *Homo sapiens* tarafından yaratılan toplumsal ilişkilerin ve kültürün şimdilik bildiğimiz evrende eşsiz olduğunun farkındayız. Buna rağmen, bir

özelliğin sadece *Homo sapiens*'e ait olduğunu, onun nüvelerinin, ön biçimlerinin evrim ağacındaki diğer türlerde olmadığını iddia etmek dikkatli bir gözle sorgulamayı gerekli kılar.

Dil günümüz insanının ve kültürünün ayrılmaz bir parçası olmasına karşın evrimsel bir sürecin ürünüdür. Üstelik bu süreç sadece evrim ağacında *Homo sapiens*'in belirdiği primatlar dalında değil, örneğin kuşlarda da

yakınsak evrimin⁽¹⁾ bir örneği olarak kendini göstermiştir. Tıpkı primatlarda olduğu gibi ötücü kuşlarda da beynin arka tarafında ötüşü anlayan, yorumlayan, ön tarafında ise ötüşü motor olarak örgütleyen kabuk bölümleri oluşmuş, yine aynı şekilde bu asosiyasyon alanları birbirleriyle büyük sinir yolları ile karşılıklı bağlantılanmıştır. Üstelik ötmeyi algılama ve üretme ağırlıklı olarak insanlardaki gibi sol yarımküreye yanallaşmıştır (Nalçacı, 2017). Ayrıca insanlarda dilin evrimi ile ilgili bir gen olan *FOXP2*'nin ötmeye ilgili alanlarda da bulunduğu ve örneğin, genç ispinozlarda şarkı öğrenmeye duyarlı oldukları dönemde bu genin aktivitesinin beyinde ötme alanında arttığı gösterilmiştir (Samuels, 2015).

Dilin evriminin, bir sarmal yaparak biyolojik ve toplumsal hareketin karşılıklı olarak birbirini etkilemesiyle giden bir süreç olduğu düşünülür. Geçen sene *Madde, Diyalektik ve Toplum*'da yayımlanan *Primatlarda sosyalliğin toplumsal harekete dönüşümü* başlıklı makalede bu süreç tartışmaya açılmıştı (Nalçacı, 2020). Bu makalede sosyalliğin kendisinin, maddenin başlıca bir hareketi olarak ortaya çıkmasından önce biyolojik hareketin nasıl bir kategorisi haline geldiği primatlar örneğinde irdeleniyordu. Bir türün bir grubunda eğer bireyler arasında daha güçlü kültürel bağlar kurulabiliyorsa, birlikte davranma ve dayanışma örüntüleri geliştirilebiliyorsa, o zaman bu grubun gen havuzu türün diğer gruplarına göre doğaya karşı verilen mücadelede evrimsel olarak seçilmeye yatkın olacaktır.

Dunbar'ın (1993) ileri sürdüğü gibi, iletişim bu nedenle bir gruptaki birey sayısını ve ilişkinin niteliğini etkileyen seçim baskısının bir unsuru haline gelmiştir. Bu seçim baskısının grup bireyleri arasındaki iletişimin niteliğini değiştirecek, sinir sisteminde ve ses aygıtında değişikliğe neden olacak mutasyonların seçilmesine yol açtığı düşünülebilir. Ancak iletişime nitelik kazandırabilecek her biyolojik zemindeki olanak, bu zeminin üzerine kültürel olarak dilin bir düzeyde inşasını gerekli kılıyordu. Bu, türün bireylerinin buluşları ve bunların birikerek sonraki nesillere aktarılması ile giden yaratıcı bir sürece dönüşüyordu. Böylece dilin belirli bir biçimi gelişirken; gruplardan birinde tekrar bir biyolojik zemin değişikliğinin neden olduğu yeni olanaklar ortaya çıkacak ve bunun üzerinde yükselen kültür inşası gerçekleşecekti. Süreç bu şekilde çok sayıdaki tarihsel sıçrama ile birlikte günümüz insanının kullandığı son derece esnek ve sonsuz sayıda enformasyonu sonraki nesillere aktarabilecek yetenekteki eklemli dile kadar geliştirdi.

Bu süreçte, *FOXP2*'deki şempanzelerle ortak atadan ayrıldığımız 7 milyon yıl önceki dönemden sonra insanlarda saptanan iki amino asit değişiminin böyle bir anatomik, sinirsel olanak yarattığı keşfedilmişti. Gırtlak yapısından sinirsel mekanizmalara kadar sıçrayıcı bir değişim nasıl sadece bir mutasyonla açıklanabilirdi? Ancak regülatör bir gen olan *FOXP2*'nin ifadesi şempanzedekine

göre insanlarda 61 genin ifadesini artırırken 55 genin ifadesini azaltmaktaydı (Konopka ve ark, 2009).

Dilin fosili olmaz denir. Dolayısıyla son 7 milyon yılda ve daha daraltırsak *Homo erectus*'un belirttiği 2 milyon yıldan fazla bir zaman ölçeğinde hangi insan türleri dile sahipti ve bu dilin niteliği neydi sorusunu cevaplayabilmek için bu gerçek kritik bir yerde duruyor. Şimdi ise bir süredir antik DNA çalışmaları ile dilin bir çeşit "fosiline" ulaşma şansımız oldu. Bu makalede son üç sene içinde *FOXP2* ile ilgili yapılan daha ayrıntılı ve titiz çalışmaların bulgularını gözden geçirmeye ve bu bulguların ışığında insanın ve dilin evrimindeki dizgeyi anlamaya çalışacağız.

Öte yandan süreci bütün olarak kavramak için şunu yöntem bilgisi olarak eklemeliyiz. Örneğin *Homo erectus* bir dile veya uzun evrimsel geçmişinde dillere sahipse bunun nasıl olduğuna ilişkin bir kayıt yok elimizde, olması da zor gözüküyor. Tabii ki bulunan fosillerin hyoid kemik gibi anatomik özellikleri dil için bazı temel yapılar hakkında fikir veriyor. Öte yandan dilin ortaya çıkması izole bir olay değildir. Aksine bir türün gruptaki birey sayısı, alet çeşitliliği, sembolik düşünce ürünü olan ritüeller veya duvar resimleri ve belki çok önemli olarak göç etme, dünyaya yayılma hızı hakkındaki veriler, aslında birer fosil olmasalar da; dilin ortaya çıkışına ve gelişimine dair yorum yapabileceğimiz kaynaklar arasında sayılabilir. Örneğin, milyon yıllara yayılan *Homo erectus*'un, Cebelitarık Boğazı'ndan veya Endonezya'da adalardan adalara geçişi ancak bir düzeyde gelişmiş bir dil olmadan başılamazdı deniliyor (Fisher, 2013, ss. 31-34).

Bu kısa girişten sonra özellikle Atkinson ve arkadaşlarının 2018 yılında *FOXP2*'nin seçilimine ilişkin yayımladıkları önemli araştırma sonrasında dilin insan türlerinde evrimine ilişkin yenilikleri gözden geçirebiliriz.

FOXP2'NİN MOLEKÜLER EVRİMİNE DAİR İLK BULGULAR

Dilin evrimiyle ilgili genetik araştırmalar açısından *FOXP2* geninin tanımlanması çok önemli bir aşama olmuştur. İngiltere'de üç nesil boyunca konuşma engelli bireylerin bulunduğu bir aile üzerinde yapılan incelemeler sonucunda 7. kromozomda bulunan *FOXP2* genindeki yanlış anlamlı bir mutasyonun⁽²⁾ söz konusu ailede konuşma bozukluğuna yol açtığı belirlenmiştir (Fisher ve ark., 1998; Lai ve ark., 2001). *FOXP2* geni tarafından kodlanan *FOXP2* proteini bir transkripsiyon faktörüdür ve çok sayıda genin ifadenmesinde düzenleyici rol oynamaktadır. Birçok omurgalı canlıda yüksek oranda benzerliğe sahip olan bu düzenleyici protein; beyin korteksi, bazal ganglia, talamus, beyincik, akciğer, kalp ve bağırsaklarda bulunmaktadır. Yıllar içinde çok sayıda çalışma *FOXP2* genindeki farklı birçok mutasyonla konuşma bozuklukları arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur, bu mutasyonların neden olduğu konuşma bozukluğu vakalarının çoğunluğunda

1 Yakınsak evrim, aynı özelliğin iki farklı türde, -ortak bir atadan gelmeksin- birbirinden bağımsız olarak evrilmesine denir.

2 Yanlış anlamlı mutasyon: Bir genin kodladığı proteindeki amino asit dizilimi değiştiren mutasyon

konusmanın olumsuz etkilendiği, ancak bilişsel becerilerin daha az etkilendiği görülmüştür (Fisher, 2019).

Konuşma bozukluğu görülen aile bireylerinde yapılan beyin görüntülemelerinde *FOXP2* proteinin ifadelenmediği bölgelerde gözlemlenen değişimler bu proteinin ve onu kodlayan genin konuşmayla ilişkisini ortaya koymaktadır. Diğer omurgalı türlerde yapılan deneysel çalışmalar da bu sonuçları desteklemiştir. Örneğin, Hint bülbüllerinin *FOXP2* geni etkisiz hale getirildiğinde öğrenebildikleri şarkı çeşitliliğinin etkilendiği bildirilmiştir. İngiltere'deki ailede tespit edilen mutasyonu taşıyan farelerde de beyindeki kortiko-bazal ganglia devrelerinin plastisitesinin bozulduğu tespit edilmiştir (Fisher, 2019).

Dilin evrimini araştıran bilim insanları çalışmalarını, konuşmayla ilişkilendirilen ilk gen olan *FOXP2* üzerine yoğunlaştırmıştır. Primatlarda yapılan karşılaştırmalar sonucunda genin 7. ekzonunda (genin protein olarak ifade edilebilen bölgelerinden birisi) şempanzeyle insan arasında iki amino asit değişikliğine yol açan iki adet nükleotid değişikliği belirlenmiştir (Enard ve ark., 2002). Aynı çalışmada fare *FOXP2* geni de karşılaştırmaya dahil edilmiştir ve şempanzeyle arasında amino asit değişikliğine yol açan tek bir mutasyon olduğu görülmüştür. Türler arasında oldukça korunmuş bir gen olan *FOXP2*'nin 6-7 milyon yıl önce ortak atadan ayrılan insan ve şempanzede birbirinden farklı olarak iki sessiz olmayan mutasyon içermesi, bu genin moleküler evrimiyle dil gelişimi arasındaki bağlantıyı güçlendirmiştir. Enard ve ark., aynı çalışmada insan *FOXP2* geninde sabitlenmiş olduğu görülen bu iki değişikliğin insanlarda pozitif seçilime uğrayıp uğramadığını da araştırmıştır. Farklı kıtalardan 20 bireyde iki mutasyonun bulunduğu 7. ekzonun öncesinde bulunan 4., 5. ve 6. intronları (genin kodlamaya katılmayan bölgesi) içeren kısmın DNA dizilerinde seçim süpürmesi bulgusuna ulaşılmıştır. Seçim süpürmesi (selective sweep) pozitif seçilimin genomda bıraktığı izlerden biridir. Yakın geçmişte ortaya çıkan faydalı bir mutasyonun frekansı pozitif seçim sonucunda artarken, bağlantılı olduğu genetik varyasyonlar da onunla birlikte aktarılır. Genetik otostop olarak tanımlanan bu olgunun sonucunda pozitif seçilime uğrayan mutasyonun yakınlarındaki DNA dizilerinde de çeşitlilik azalır. Enard ve ark. elde ettikleri verilerden yola çıkarak; *FOXP2* genindeki insana özgü mutasyonların son 200 bin yıl içinde pozitif seçim sonucunda sabitlendiğini ileri sürmüştür. Böylelikle 2000'li yılların başlarında moleküler genetik çalışmaları, dil ile ilişkili olduğu tanımlanan ilk gende, *Homo sapiens*'e özgü ve görece yakın bir zamanda seçilime uğrayan iki değişikliği tanımlayarak, dilin evriminin aydınlatılması için önemli bir bulgu ortaya koymuştur. İlerleyen yıllarda *FOXP2* geni üzerinde çalışmalar çeşitlenerek sürmüştür.

NEANDERTAL VE DENİSOVAN İLE ORTAK MUTASYONLAR

Antik DNA çalışmalarındaki bilimsel ve teknolojik ilerlemeler sonucunda 2007 yılında İspanya'daki El Sidron

Mağarası'nda bulunan 49 bin yıl öncesine tarihlenen iki Neandertal bireyine ait kalıntılarda yürütülen analizler, *Homo sapiens*'e özgü iki nükleotid değişikliğinin Neandertallerde de bulunduğunu göstermiştir (Krause ve ark., 2007). Bu durum *FOXP2* geni ve dilin evrimiyle ilgili yeni senaryolar ortaya çıkarmıştır. Pozitif seçilime uğrayan bölgenin insanlardan Neandertallere aktarılmış olabileceği (ya da tersi) öne sürülmüştür ancak bu öneri henüz *Homo sapiens*- Neandertal arasında gen akışının tespit edilemediği o yıllarda geçerli bulunmamıştır. Diğer bir seçenek olarak ise, Enard ve ark.'ın 2002 yılındaki sonuçlarının aksine ilgili bölgedeki pozitif seçilimin *Homo sapiens* ve Neandertallerin ortak atasında 300 bin-400 bin yıl önce başladığı ileri sürülmüştür. Denisovanlarda³ da aynı allellerin bulunması bu değişikliğin ortaya çıkış tarihinin tahmin edilenden daha eskiye dayandığını desteklemektedir (Usui ve ark., 2014; Staes ve ark., 2017) .

Primatlar, arkaik homininler ve günümüzdeki insan popülasyonlarında *FOXP2* geni üzerine yapılan araştırmalardan elde edilen, kimi yönleriyle birbiriyle çelişen sonuçlar şu soruları doğurmuştur:

FOXP2 genindeki iki mutasyon insanlarda yakın geçmişte pozitif seçilime uğradı mı?

Öyleyse; Neandertaller ve Denisovanlar ile ortak diziler bu türlerle çiftleşmenin bir sonucu mu?

Değilse; bu varyantlar daha eski bir tarihte, arkaik homininlerle *Homo sapiens*'in ortak atasında ortaya çıkmış olabilir mi?

SON VERİLER *FOXP2*'NİN İNSANLARDA YAKIN GEÇMİŞTE SEÇİLİME UĞRAMADIĞINA İŞARET EDİYOR

Yıllar içinde biriken bulgular ve yürüyen tartışmalar ışığında bir araştırma ekibi Enard ve arkadaşlarının 2002 yılında yayımladığı çalışmada ile aynı metodları kullanarak dünya genelinden daha fazla bireyin genomunu dâhil ettikleri bir çalışma yürüttü. İlk çalışmadan farklı olarak; HGDP⁴ ve 1000G veritabanlarına kayıtlı çok sayıda ve daha çeşitli insan popülasyonlarından genom verisi incelendi. Bunun yanı sıra sadece *FOXP2*'deki iki adet değişikliği içeren 7. ekzonu önceleyen 3 intron değil, genin tamamı ve genomun geri kalanı da analiz edildi.

Bir diğer önemli fark ise; hesaplamaların Afrikalı ve Afrika dışı örnek setlerinde ayrı ayrı yapılması oldu. Bu ayrımın nedeni, Afrika'dan çıkan ve farklı coğrafyalara yayılan popülasyonlar ile Afrika'da kalan popülasyonlar arasında genetik çeşitlilik açısından farklılıklar bulun-

3 Denisovanlar, *Homo* cinsine ait olduğu tespit edilmiş; Neandertal ve modern insanla yakın akraba olan, genetik olarak farklı bir türdür. Kemik kalıntıları 2008'de, Siberya'nın Altay Dağları'nda bulunan Denisova Mağarası'nda bulunduğu için bu şekilde isimlendirilmiştir.

4 Human Genome Diversity Project (İnsan Genom Çeşitliliği Projesi), tüm dünyadan 54 farklı popülasyona ait genom verilerinin bulunduğu bir veritabanıdır.

ması ve bu durumun takip eden analizleri etkileyebilecek olmasıdır. Afrika'dan çıkan insan topluluklarında gerçekleşen genetik darboğaz ve ardından popülasyonun genişlemesi gibi demografik olayların etkileri analizler sırasında ve sonuçların yorumlanmasında dikkate alınmalıdır.

Araştırma bulguları; insanlarda *FOXP2* geninde yakın geçmişte (200 bin yıl) bir pozitif seçilim izine rastlanmamıştır (Atkinson ve ark., 2018). İnsana özgü iki değişikliği içeren *FOXP2* geninin 7. ekzonunun yakınlarında seçilim süpürmesine işaret edecek bulgulara ulaşılamamıştır. Daha önce belirtildiği gibi genomda bir bölgenin pozitif seçilime uğradığını anlamak için, bu genin yakın çevresindeki genetik çeşitliliğe dair istatistikî analizler fikir vermektedir. Bunlardan Tajima'nın D'si olarak isimlendirilen değer, farklı olan nükleotid bölgelerinin sayısı ile nükleotid çeşitliliği arasındaki ilişkiyi sunar. Bu değer düşük olması, genomdaki ilgili bölgenin yakın geçmişte pozitif seçilime uğradığını göstermektedir. 2018 tarihli *FOXP2* çalışmasındaki istatistikî analizler, genin çevresinde seçilim süpürmesini gösteren değerleri sunmamaktadır. 2002 yılındaki ilk çalışmada Afrika'dan örneklerin çok az sayıda olmasının ve Avrupa, Asya ve Afrika örneklerinin birlikte analizinin yanlış değerlendirmelere yol açtığı anlaşılmıştır. Örnek sayısı, bileşimi ve genomda analiz edilen bölgenin boyutunun sonuçlar üzerinde ne kadar etkili olduğunu gösteren bu çalışma, *FOXP2* geninin evrimsel tarihi için de yeni bir değerlendirme ortaya koymuştur.

Atkinson ve ark.'ın (2018) ulaştığı sonuçlar ve *Homo sapiens*'e özgü olduğu düşünülen *FOXP2* genindeki iki nükleotid değişiminin, Neandertal ve Denisovan'da da bulunması birlikte ele alındığında; söz konusu değişikliklerin insan soyu diğer primatlardan ayrıldıktan sonra ortaya çıktığı, Neandertal ve *Homo sapiens*'in ortak atasında bulunduğu, iki amino asitlik değişimin modern insanlarda bir seçilim baskısı altında olmadığı öne sürülebilir. Bu değişimler daha eski bir tarihte pozitif seçilime uğramış olabilirler ancak son veriler bu konuda henüz net bir tablo sunmuyor. İnsan ve şempanzeler arasında yapılan *FOXP2* geni karşılaştırmaları, bu iki türün ayrımından sonra gerçekleşen bir pozitif seçilime işaret etse de, elde edilen veriler bir sonuca varmak için yeterli değil (Atkinson ve ark., 2018).

Uzun yıllardır insanlarda dilin evriminde rol aldığı düşünülen *FOXP2*'deki iki amino asit değişikliğinin yakın geçmişte seçilime uğramamış olması, bu proteini kodlayan genin dilin gelişimiyle ilişkisini ortadan kaldırmamaktadır. Konuşma bozukluğu görülen aile bireylerinde yapılan beyin görüntülemelerinde *FOXP2* proteinin ifadelendiği bölgelerde gözlemlenen değişimler bu proteinin ve onu kodlayan genin konuşmayla ilişkisini ortaya koymaktadır. Diğer omurgalı türlerde yapılan deneysel çalışmalar da bu sonuçları desteklemiştir. Örneğin, Hint bülbülleri *FOXP2* geni etkisiz hale getirildiğinde, bülbüllerin öğrenebildikleri şarkı çeşitliliğinin etkilendiği

bildirilmiştir (Fisher, 2019). Ayrıca öngörülenden çok daha eski bir tarihte ortaya çıkan 7. ekzondaki iki mutasyonun, söz konusu genin memeliler arasında korunmuşluk seviyesinin çok yüksek olduğu da göz önünde bulundurularak, fonksiyonel açıdan etkili olmaları, dolayısıyla insan evriminde önemli olmaları hala üzerinde durulan bir olasılıktır.

FOXP2 GENİNDEKİ MODERN İNSANA ÖZGÜ POLİMORFİZMLER

İnsanlarda *FOXP2* geninin 8. ve 9. ekzonlar arasında bulunan ve kodlamaya katılmayan bir bölgesinde, diğer primatlar ve arkaik homininlerden farklı DNA dizileri bulunduğu belirlenmiştir. Beyinde prefrontal kortekste düşük düzeylerde ifadelenen ve *FOXP2* geninin düzenlenmesinde rol aldığı düşünülen bir proteini kodlayan başka bir gen bölgesinde şempanze, Neandertal ve Denisova genomlarında çeşitlilik görülmemektedir ancak insanlarda tek nükleotid polimorfizmleri bulunmaktadır. Bu durum yakın geçmişte insanlarda ilgili bölgenin fonksiyonunu yitirdiğine işaret etmektedir (Atkinson ve ark., 2018). Modern insan dışındaki türlerde yüksek oranda korunmuş olan bu bölgenin hominin ve şempanzelerin ortak atalarında üstlendiği görev modern insanda devam etmiyor olabilir ya da insan soyunda o kadar önemli olmayabilir (Hunter, 2019).

ANTİK DNA VE FOXP2

Arkaik homininlerde yürütülen antik DNA çalışmalarıyla az sayıda bireyin verilerine ulaşabilse de bu çalışmalar insan evrimi, geçmişteki insan türlerinin hareketlilikleri ve etkileşimleri hakkında önemli veriler sunmaktadır. *FOXP2* genindeki, şempanze *FOXP2* proteininden farklı iki amino aside yol açan mutasyonların; modern insan, Neandertal ve Denisovan'da ortak olması, intronik bölgede Neandertallerde bulunmayan sadece *Homo sapiens*'e özgü bir polimorfizmin bulunması, modern DNA çalışmalarıyla ulaşılmış önemli katkılardır. Bir diğer önemli araştırma konusu da farklı insan soyları arasındaki çiftleşmeler sonucunda ortaya çıkan gen akışıdır. *FOXP2* geninde yakın dönemde seçilim olduğu kabul edildiğinde ve Neandertallerle ortak alleler belirlendiğinde akla gelen olasılıklardan biri insandan Neandertallere bu genin aktarılmış olabileceğiydi. İlgili bölgenin *Homo sapiens*'te son 200 bin yılda pozitif seçilime uğramadığının gösterilmiş olması, ortak alleller konusunu biraz daha aydınlatmış oldu. Ayrıca homininlerdeki gen akışına dair araştırma sonuçları da *FOXP2* geninde bir gen akışı olmadığını göstermektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda geçmiş birkaç yüz bin yıl boyunca modern insan-Neandertal, modern insan-Denisovan, Neandertal-Denisovan, bilinmeyen arkaik hominin (*Homo erectus* olduğu düşünülüyor) -Denisovan ve bilinmeyen arkaik hominin-modern insan arasında gen akışına dair elde edilen veriler farklı zaman ve mekânlarda insan türlerinin karşılaştıklarını ve çiftleştiklerini göstermektedir. Konuyla ilgili yayımlanan son çalışmanın bulguları *FOXP2* geninin bulunduğu bölge için *Homo sapiens*'ten Neandertale bir gen akı-

şı olmadığına işaret etmektedir (Hubisz ve ark., 2020).

DİLİN EVRİMİNDE YENİ ADAY GENLER

İnsanlardaki konuşma dilinin evriminde iki ana etmen öne çıkmaktadır: Vokalizasyonu sağlayan motor becerilerin gelişimi ve dilin gramer yapısını ortaya çıkaran sinirsel mekanizmaların evrimi. Bu iki alanda evrimsel süreçler, farklı seçim baskılarının etkileri altında birlikte ilerlemiş olmalıdır. Son yıllarda yürütülen araştırmalarda konuşma bozukluğuyla ilişkili yeni aday genler ortaya çıkmıştır. Özellikle epigenetik düzenlemede rol alan genlerdeki mutasyonların öne çıktığı görülmektedir. Bu genlerin çoğu erken dönem beyin gelişimi sırasında ifadelenmektedir ve bu genlerin konuşmanın gelişiminde etkili oldukları düşünülmektedir (Eising ve ark., 2019). Dilin ortaya çıkışındaki moleküler evrimi aydınlatmak için konuşma ve vokalizasyonla ilişkili genlerin ve bu genlerin birbirleriyle ilişkilerinin daha iyi anlaşılması gerekmektedir.

ANATOMİK VE MOLEKÜLER VERİLER BİRBİRİNİ DESTEKLİYOR

Öncelikle *FOXP2* geni olmak üzere, yeni aday genler üzerine yürütülen çalışmalar ancak antropoloji alanında ulaşılan diğer verilerle birlikte yorumlanabilir. Modern insandan önce yaşamış olan insan soylarının coğrafi dağılımları, kullandıkları teknoloji, dünya üstünde bulunma süreleri, kültürel evrimleri ve anatomik bulgular gibi çok sayıda veri bu topluluklarda dilin evrimiyle ilgili fikir vermektedir.

Konuşmada görevli olan ses yolunun, şempanzeler ve insanlarda farklı olduğu bilinmektedir. Dilin hareketini sağlayan kasların bağlandığı hyoid kemiği, türler arasında farklılık gösteren anatomik yapılardan biridir. Homininlere ait fosil kayıtlarındaki anatomik bulgular incelendiğinde; 3,3 milyon yaşındaki Australopithecus'a ait kemik örneğinin şempanzeninkine benzediği, yaklaşık 400 bin yıla tarihlendirilen *Homo erectus*'a ait kemiğin ise şekil itibarıyla *Homo* cinsine ait olduğu görülmektedir. Yaklaşık 60 bin yaşındaki bir Neandertal örneğine ait hyoid kemiği ise modern insanlarınkiyle aynıdır. Ses yolunun evrimiyle ilgili, kafatası tabanının şekli de fikir vermektedir. Australopithecus ve şempanzelerde benzer şekilde, kafatası tabanında bükülme (eğilme) bulunmamaktadır. Kafatası tabanındaki ilk değişimler 1,75 milyon yaşındaki bir *Homo erectus* örneğinde tespit edilmiştir. Tamamen bükülmüş, modern insanınkiye benzer kafatası örneklerine ise 600 bin yıllık *Homo heidelbergensis* örneklerinde rastlanmıştır. *FOXP2* proteininin Neandertal ve *Homo sapiens*'te aynı olduğu ve son genetik verilerin işaret ettiği gibi bu gendeki olası bir seçimin bu iki türün ayrışmasından önce olabileceği düşünüldüğünde; anatomik ve moleküler evrime dair veriler birbirini desteklemektedir. Bu veriler ışığında; paleoantropologlar *Homo erectus*'ta yaklaşık 2 milyon yıl önce önemli bir gelişmenin başladığı ve 600 bin yıl öncesine gelindiğinde konuşma aygıtının modern insandakine benzer bir hal aldığı sonucuna varmıştır. Bu

durum, diğer homininlerin modern insanla aynı şekilde konuşma becerisine sahip olduğunu göstermese de; şempanzeden ve Australopithecuslardan farklı olarak, iletişimde kullandıkları ses aralığının çok genişlediğini göstermektedir (Vishedsky, 2019). Bugüne kadar *Homo erectus* örneklerinden antik DNA elde edilemediği için, *FOXP2*'nin moleküler evrimini *Homo erectus*'a kadar takip etmek mümkün olmamıştır.

Homo cinsi içerisinde dünya üstünde en fazla süre yaşamını sürdüren ve coğrafi olarak en geniş dağılıma ulaşan *Homo erectus*'ta dilin evrimiyle ilgili moleküler veriler bulunmamaktadır. *Homo erectus* örneklerinin yaşları ve çevresel etmenlere bağlı korunma koşulları nedeniyle bugüne kadar bu örneklerden antik DNA elde etmek mümkün olmamıştır. 2019'da yayımlanan bir çalışmada ise Endonezya'nın Java adasında bulunan *Homo erectus* kalıntıları yaklaşık 100 bin yıl öncesine tarihlendirilmiştir (Rizal ve ark., 2020). Henüz bu örneklerle dair antik DNA verisi yoktur, Endonezya'nın iklim koşulları düşünüldüğünde bu kalıntılardan DNA elde etmek mümkün olmayabilir. Ancak yeni tarihlendirme *Homo erectus*'un daha önce düşünüldenden çok daha uzun süre dünya üstünde kaldığını göstermektedir ve ileride genç veya DNA'sı korunmuş örneklerle karşılaştırılabilir.

SONUÇ

Dilin insanda evrimi ile ilgili son bulguların gözden geçirilmesi ile şu sonuçlara ulaşırız:

Atkinson ve ark.'larının çalışması; iki amino asidin değişmesine yol açan *FOXP2*'deki mutasyonların *Homo sapiens*'ten çok daha önce seçildiğine ve insan türleri boyunca bu değişimin korunduğuna ilişkin önemli kanıtlar sunmuştur.

Henüz *Homo erectus*'un bulunan fosillerinden antik DNA elde edilememiştir, ancak genele baktığımızda, bir gün DNA'sı korunmuş bir *Homo erectus* fosili bulunabileceği ve buradan elde edilebilecek *FOXP2* diziliminin çok daha öncesine dayanan bir seçilime işaret edebileceği varsayımından yanayız. Bunu son bulguların yanı sıra, *Homo erectus*'taki önceki türlere göre 1000 cm³'e hızlıca ulaşan beyin hacmine, bazı konuşmaya elverişli anatomik bulgulara sahip olmasına ve dünyada bulunduğu sürece kolektif olarak başardıklarına, özellikle coğrafi olarak ulaştığı yerlere bakarak söylüyoruz. Bu noktada önemli olan bir diğer konu ise; bir transkripsiyon faktörü olarak *FOXP2* birçok genin ifadelenmesini etkilese de dilin ortaya çıkışını tek bir gendeki değişimle açıklamak mümkün olmayabilir. Canlılara ait çoğu özellik genlerin kolektif bir ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. DNA'sı korunmuş bir *Homo erectus* örneği genler arasındaki bu etkileşime dair de bilgiler sunabilir.

Ayrıca bu çalışmanın konusu olmamakla birlikte, bugün kabul edilen insan türleri arasında gen alış verişinin mümkün olması ve buradan üreyen nesillerin genetik materyalini sonraki nesillere aktarabilmesi bir sürekli-

lişe işaret eder, bu durum insan soyunda kullanılan tür kavramını da sorgulamayı gerektiriyor. Geçen yüzyıllarda Batı bilimine ırkçılığın nüfuz ettiğini biliyoruz. Oysa *Homo sapiens* içindeki genetik farklılıkların ırklardan bahsetmeyi imkânsız kıldığı gösterilmiştir (Taşkent ve Altınışık, 2018). *Homo sapiens*'te olmayan ırkları görenler insan soyunda ayrı türleri tanımlamış olabilirler ve belki de ironik olarak burada *Homo* cinsinde farklı türlerden değil de bir türün ırklarından bahsetmeliyiz. Bir şekilde dilin değişik formlarına sahip olma bu ırkların ortak özelliği olabilir.

Buna rağmen, *Homo sapiens*'in çok hızlı bir şekilde dünyanın hemen tamamına yayılmasının, alet çeşitliliğinin üst paleolitik dönemde sıçramasının, ritüellerin ve mağara resimlerinin çok daha gelişkin hale gelmesinin (Vyshedskiy, 2019) eklemli dil evrimi için farklı bir biyolojik avantaj sağlamış olabileceğini düşündürüyor. Bu avantaja; diğer pek çok genin ifadesini etkileyen FOXP2 proteinini kodlayan FOXP2 geninin intron bölgelerindeki *Homo sapiens*'e özgü değişiklikler mi neden oldu, yoksa başka genlerdeki mutasyonlara mı bakmalıyız, henüz burası müphem ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç varmış gibi gözüküyor.

Fakat her durumda, son birkaç yüz bin yıl içinde var olan biyolojik zemin üzerinde çok sayıda kültürel devrim yaşanmasıyla bugünkü dilimizin temellerinin atıldığını söyleyebiliyoruz.

KAYNAKLAR

- Atkinson, E.G., Audesse, A.J., Palacios, J.A., Bobo, D.M., Webb, A.E., Ramachandran, S., and Henn, B.M. (2018). No evidence for recent selection at FOXP2 among diverse human populations, *Cell*, 174, 1424–1435.
- Dunbar, R. I. M. (1993). Coevolution of neocortex size, group size and language in humans. *Behavioral and Brain Sciences*, 16, 681–735.
- Eising, E., Carrion-Castillo, A., Vino, A. et al. (2019). A set of regulatory genes co-expressed in embryonic human brain is implicated in disrupted speech development, *Molecular Psychiatry*, 24, 1065–1078.
- Enard, W., Przeworski, M., Fisher, S.E., Lai, C.S.L., Wiebe, V., Kitano, T., Monaco, A.P.,
- Fisher, S. R. (2013). Dilin Tarihi, Çev: M. Güvenç, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul.
- Fisher, S.E. (2019). Human Genetics: The Evolving Story of FOXP2, *Current Biology*, 29, R65. DOI: 10.1016/j.cub.2018.11.047
- Fisher, S.E., Vargha-Khadem, F., Watkins, K.E., Monaco, A.P., Pembrey, M.E. (1998).
- Hubisz, M.J., Williams, A.L., Siepel, A. (2020). Mapping gene flow between ancient hominins through demography-aware inference of the ancestral recombination graph, *PLoS Genetics*, 16(8), e1008895. DOI: 10.1371/journal.pgen.1008895
- Hunter, P. (2019). The riddle of speech, *EMBO Reports*, 20, e47618. DOI: 10.15252/embr.201847618
- Konopka, G. ve ark. (2009). Human-specific transcriptional regulation of CNS development genes by FOXP2. *Nature*, 462:12.
- Krause, J., Lalueza-Fox, C., Orlando, L., Enard, W., Green, R.E., Burbano, H.A., Hublin, J.J., Hanni, C., Fortea, J., de la Rasilla, M., et al. (2007). The derived FOXP2 variant of modern humans was shared with Neandertals, *Current Biology*, 17, 1908–1912.

- Lai, C.S., Fisher, S.E., Hurst, J.A., Vargha-Khadem, F., Monaco, A.P. (2001). A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder, *Nature*, 413, 519–523.
- Localisation of a gene implicated in a severe speech and language disorder, *Nature Genetics*, 18, 168–170.
- Nalçacı, E. (2017). Dilin Sinirsel Temelleri, Editörler: B. Makaroğlu, İ.P. Bekar, E. Arıca Akkök, 30. Ulusal Dilbilim Kurultayı Bildirileri, Dilbilim Derneği Yayınları, Ankara, ss:17–24.
- Nalçacı, E. (2020). Primatlarda sosyallığın toplumsal harekete dönüşümü, *Madde, Diyalektik ve Toplum*, 3, 125–132.
- Paeaebo, S. (2002). Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language, *Nature*, 418, 869–872.
- Rizal, Y., Westaway, K.E., Zaim, Y. et al. (2020). Last appearance of *Homo erectus* at Ngandong, Java, 117,000–108,000 years ago, *Nature*, 577, 381–385.
- Samuels, B. D. (2015). Can a bird brain do phonology? *Frontiers in Psychology*, Vol:6/Article 1082.
- Taşkent, R. Ö. ve Altınışık, E. (2018). İrk Kavramına bilimsel çerçeveden bakış, *Madde, Diyalektik ve Toplum*, 1, 123–126.
- Usui, N., Co, M., Konopka, G. (2014). Decoding the molecular evolution of human cognition using comparative genomics, *Brain, Behavior and Evolution*, 84, 103–116.
- Vyshedskiy, A. (2019). Language evolution to revolution: the leap from rich-vocabulary non-recursive communication system to recursive language 70,000 years ago was associated with acquisition of a novel component of imagination, called Prefrontal Synthesis, enabled by a mutation that slowed down the prefrontal cortex maturation simultaneously in two or more children – the Romulus and Remus hypothesis, *Research Ideas and Outcomes*, 5, e38546. DOI: [10.3897/rio.5.e38546](https://doi.org/10.3897/rio.5.e38546)