

# Makro evrimden mikro evrime

## Prof. Dr. Akif Tan



1961'de Ankara'da doğdu. 1985 yılında Gülhane Askeri Tıp Fakültesi'ni bitirdi. 1990'da GATA Genel Cerrahi AB Dalı'nda uzmanlık eğitimi aldı. 1996 yılında GATA Genel Cerrahi Ana Bilim Dalı'nda yardımcı doçent olarak göreve başladı. 2002 yılında doçent oldu ve 2004 yılında Kıdemli Albay olarak emekliye ayrıldı. Uzun yıllar Özel İstanbul Medipol Hastanesi Genel Cerrahi Kliniğinde görev yapan Tan, geçtiğimiz yıl İstanbul Medipol Üniversitesi Tıp Fakültesi Genel Cerrahi dalında profesör kadrosuna atandı. Dr. Tan evlidir ve 2 çocuk babasıdır.

Evrim denince ilk tepki olarak *"Ben maymunları atamız olarak görmek istemiyorum!"* demek artık çok gerilerde kaldı anlaşılan. Çünkü 150 yıllık ilk tartışmaları izleyen arkeolojik buluntular, paleontolojik kayıtlar artık milyonlarca kanıtla 4 milyar yıllık dünyamızda canlı hayatı ve serüvenini açıklamakta. Böylece daha ayağı yere basan teoriler üretebiliyor ve bunların sonucunda artık atamızın maymun değil, memeliler ya da omurgalılar mı, karada yaşayan bir sürüngen mi, yoksa denizdeki balıklar mı, hatta tek hücreli canlılar mı olduğunu sorgulamak gerekiyor. 600 milyon yıldan daha yaşlı kayalarda hayvan veya bitki fosilinin bulunmayışı sadece alg kolonilerinin ve stromatolit (Cyanobacteria)'lerin bulunması bize canlı hayatın ne zaman başladığı hakkında ciddi veriler sunuyor.

Bu kaya katmanlarının içindeki fosillerde, alt katmanlarda canlı türlerinin üst katmanlardakilerden tamamen farklı olduğu bir düzen sergilenir. Canlılar tarihini tümüyle içeren tek bir kaya sütununu oyup çıkarabilecek olsak, inanılmaz bir fosil dizilişiyse karşılaşırdık. Bu durumda en alt katmanlarda pek hayat belirtisi olmaz, daha yukarılarda denizanası benzeri çok çeşitli canlıların izleri olurdu. Yukarı çıktıkça, iskeletleri, uzantıları ve göz gibi organları olan canlılar onların üstünde de omurgalı ilk hayvanların bulunduğu katmanlar olurdu. Kuşlar ve memeliler daha üst katmanlarda yerleşirken tabii ki ilk insanları içeren katmanlar çok daha üstlerde olurdu. Ne yazık ki yeryüzü ve canlıların tarihini içeren tek bir kaya sütunu yok, bütün yeryüzündeki dağılmış

haliyle bu izleri bir yap-boz gibi bir araya getirmek gerekiyor.

4 milyar yıl geçirmiş dünyamızı anlamak için, şayet 1 Ocakta dünyanın gaz bulutundan kayaçlaşmaya başladığını (Arkeyan Dönem) ve günümüzün de 31 Aralık olduğunu düşünürsek, yeryüzünde hazirana kadar sadece mavi algler, bakteriler (stromatolitler) vardı. Edikara faunası denilen ilk omurgasızlar eylülde yeryüzünde görülmeye başlandı, ekimde kara bitkileri ve balıklarla donandı dünya. Ekim sonunda amfibiler ortaya çıktı, kasımda memeliler ve kasım sonuna doğru dev sürüngenler her yerdeydi. Kuşlar dev kanatlarıyla aralık başında uçmaya başladı ve çiçekli bitkiler donattı dünyayı. Aralık sonunda buzullar erirken atlar ve filler belirdi ama 31 Aralık sabahı Afrika savanlarında hominidler, insanımsı canlılar belirdi ilk defa...

Yine ilk insanımsıların Afrika'da görülmeye başlamasına 1 Ocak dersek, Tanzanya'da homo habilislerin taşı yontarak alet yapmaya başlaması eylülde otaya çıkmış, ilk iki ayak üzerinde ama doğru koşma ve kol hareketine sahip taş yongalarından faydalanan homo erectusların Afrika'da çoğalması ise ekimi bulmuş olacaktı. İlk ateşi kasımda keşfedip kontrolüne alan insan, kasım sonunda Afrika kıtasından dünyaya yayılmaya başlayıp homo-sapiens halini alacak, ancak aralıkta neandertallerden cro-magnona, oradan da günümüz sapiensine evrilerek Amerika ve Avusturalya'ya ulaşacak, aralık ortasında ilk yerleşim yerlerini kurarak tarım ve hayvancılığa başlayarak avcı-toplayıcılıktan kurtulacaktı. Aralığın son

haftasında tekerlek ve çömlek yapımına başlayıp 29 Aralık'ta ilk devleti kurup, 30 Aralık'ta ilk imparatorluk ile dünyayı tanıştıran, medeniyet çatışmaları içinde günümüze yani 31 Aralık akşamına ulaşmış olurdu.

Milyon yıllarla ifade edilebilecek ve coğrafi çevre, iklim değişiklikleri, küresel katastrofilerle fiziksel bir değişim içinde günümüze uzanan haliyle insanın sadece bu dış çevreyle tam izah edilemeyen serüveninde bir de bedende, hücrede hatta nükleusta ve onun da içinde kromozomlarda ve genlerde hatta onlarında yapısı olan DNA ve aminoasit dizilerinin de bu yolculukta ciddi bir pay sahibi olduğunu söylemek doğru olur.

20. yüzyılın ilk bölümünde genetik ve popülasyon biyolojisinin evrim çalışmalarına katılması, mutasyon ve popülasyon için varyasyonların öneminin farkına varan bir evrim teorisinin ortaya çıkmasını sağladı. Son yıllara girerken azalan evrimci yaklaşım ya da teoriler bu yeni bilim dalı ve araştırmalarıyla tekrar bir ivme kazanmış oldu. Böylece doğal seçilim bir popülasyondaki gen frekansını değiştiren bir işlem haline geldi. Bu bakış açısı onlarca yıl boyunca popüler oldu.

Popülasyonlar, rasgele (yönlendirilmemiş) mutasyon ve rekombinasyon sonucu oluşan genetik çeşitlilikler içerir diye düşünölmeye başlandı. Popülasyonlar, rasgele oluşan genetik sürüklenme, gen akışı ve özellikle doğal seçilim sonucu gen frekansında oluşan değişikliklerle evrimleşir dendi. Çeşitlilik, popülasyon



içinde üremeye dayalı izolasyonun kademeli olarak evrimini gerektiren türleşme ile gerçekleşir. Bu işlemler yeteri kadar uzun süre devam eder ve daha yüksek taksonomi seviyelerinin (cins, aile vb.) belirlenmesini temin edecek kadar büyük öneme sahip değişimlere yol açar. Bu değişime neden olan genetik sürüklenme, klasik Darvinci doğal seçilim kadar önemli olabilir. Karakteristik özelliklerin gen denilen birimlerle gelecek nesillere aktarıldığını kabul edildiğine göre, bir popülasyondaki çeşitliliğin, bir genin birden fazla alelinin varlığına bağlı olduğunu ve türleşmenin genelde, küçük genetik değişikliklerin kademeli birikimi ile oluştuğunu pekâlâ söyleyebiliriz. Kısaca söylemek gerekirse, *makro evrim*, çok fazla sayıda *mikro evrim*dir.

Aslında yıllar boyunca uzun arkeolojik kazı çalışmaları ve analizler, ortak değerlendirmeler ve bulunan iskelet ve eşyalarla evrimi bir tarih çizgisiyle izah etmek, hatta paleoantropoloji yada paleontolojik çalışmalarla bir çok makro evrim teorisi oluşturulsa da, moleküler genetik evrimin genetik boyutu üzerine de şu anda verilerden çok daha fazla önem vermek gerektiği kaçınılmaz hale gelmiştir. İyi ama genetik çalışmaların oluşturulması ve uzun zaman isteyen sonuçları ile yeni açıklamalar bulmak acaba bu kadar kolay olmuş mudur? Bunun için günümüze kadar çeşitli güzel

ve çarpıcı isimli hipotezler antropoloji ve evrim konularında heyecanlar yaşatmış güçlü tartışmalar doğurmuş, evrim konuşmalarını hep gündeme taşımıştır ki, iz bırakan birkaç tanesini hatırlamakta fayda var.

### **Medeniyetin de geni mi var?**

2001 yılında yapılan bir araştırmada, aynı aileye mensup 24 kişide görülen konuşma bozukluğu araştırılmıştır. Bu insanlar gırtlak, dil ve yüz kaslarını kontrol edemiyor, ayrıca gramer kurallarını öğrenmekte güçlük çekiyorlarmış. Genetik analizler sonucu hepsinin *foxp2* geninde bozukluk tespit edilmiş. Bu saptamayla birlikte dille bir gen arasındaki ilişki ilk kez gösterilmiş oldu. Bir yıl sonra yapılan bir başka araştırmada insandaki *foxp2* geniyle bazı memelilerdeki *foxp2* geninin dizilimi karşılaştırıldı. Araştırmacılar, gendeki dizilim açısından insanın; orangutan ve fareye göre 3; şempanze, goril ve rhesus maymununa göre 2 küçük farklılık gösterdiğini tespit ettiler ve bunu mutasyon sonucu olarak kabul ettiler. Buradan yola çıkarak Richard Klein, insana ait arkeolojik kayıtlarda yaklaşık 50 bin yıl önce bir kültürel patlamanın izlerinin gözlemlendiğini, daha eski dönemlerde insan eliyle üretilen aletlerin basit olduğunu ve bölgeden bölgeye fazla değişmediğini belirtmektedir. Klein, daha sonra aletlerin özelliğinde

Gerçekte çoğu erişkin sütteki temel şeker kaynağı olan laktoza karşı toleranslı değil ve sindiremiyor. Ancak şimdilerde atalarımızın durumundan bağımsız olarak, pek çoğumuz mutlu bir şekilde şişeden veya memeden süt içebiliyoruz. Öyleyse bu süre zarfında ne oldu? Yanıt evrimsel bir öyküdür ve bizi Alplerin süt sağan kadınlarından alıp Afrika'nın Maasai sığır çobanlarına kadar götürmektedir.

hızlı bir değişim yaşandığını, bu aletlerde bölgelere göre özelleşmeler görüldüğünü, insanların takı ve mücevher üretimine önem vermeye başladıklarını anlatmaktadır.

Antropologların çoğu bu durumun, bir tür kültürel veya demografik değişimden kaynaklandığını tahmin etmektedir. Klein, değişimin biyolojik kökenli olabileceğini varsaymaktadır. Evrimci genetikçilerin iddialarına dayanarak, foxp2 mutasyonunun son iki yüz bin yıllık dönemde, büyük ihtimalle de yaklaşık 50 bin yıl önce gerçekleştiğini iddia etmektedir. Böylece insanın "kavrama ve iletişim" yeteneğinin gelişmiş olabileceğini; medeniyetin bu gelişimin bir sonucu olduğunu ileri sürmektedir. Ayrıca foxp2 geni sadece dille ilgili değildir. Farelerde akciğer gelişiminde hayati rol oynadığı, ayrıca beyin gelişimiyle de ilgili olduğu bilinmektedir. Önceleri medeniyet geni mi acaba denilse de daha sonraları bu genetik mutasyon ile fiziksel değişimlerin oluşması üzerinden medeniyet ve kültürel değişimlerinde açıklanmasında foxp2 geni üzerinde abartı olabileceği düşüncesi bilim dünyasında ağırlık kazanarak mutasyonların önemini gösterse de eski popülaritesini kaybetti.

### Laktaz gen mutasyonunda umut var mı?

Amerika ve pek çok diğer ülkede "süt" tüketiliyor, yaklaşık olarak Amerikalıların %10'u, Afrika'daki tutsi kabilesinin %10'u, İspanyol ve Fransızların %50'si ve Çinlilerin %99'u için büyük bir bardak soğuk süt, mide ağrısı ve diğer hoş olmayan sindirim problemleri anlamına geliyor. Gerçekte çoğu erişkin sütteki temel şeker kaynağı olan laktoza karşı toleranslı değil ve sindiremiyor. Ancak şimdilerde atalarımızın durumundan bağımsız olarak, pek çoğumuz mutlu bir şekilde şişeden veya memeden süt içebiliyoruz. Öyle ise bu süre zarfında ne oldu? Yanıt evrimsel bir öyküdür ve bizi Alplerin süt sağan kadınlarından alıp Afrika'nın Maasai sığır çobanlarına kadar götürmektedir.

Mart 2007'de Alman ve İngiliz araştırmacılarının yer aldığı bir çalışma grubu 7000 yıllık insan fosillerinin DNA'ları üzerinde yaptıkları bir araştırmada, söz konusu mutasyona rastlamadıklarını anons etmişlerdir. Araştırmacılar Neolitik döneme ait 8 fosil ve Mezolitik döneme ait bir fosilin DNA'larını elde edebilmiş ve bu dokuz fosilde de sözü edilen mutasyona rastlamamışlardır. Sonuçlar, MÖ 5000 yıllarında Avrupalı erişkinlerin sütü sindiremediklerini ve süt sindirimini bu dönemlerden daha sonra ortaya çıktığını göstermektedir. Ortadoğu ve Kuzey Afrikalı toplumların, süt veren hayvanları 7500 ila 9000 yıl

önce evcilleştirdiklerini ve bu hayvanların daha sonra Avrupa'ya getirildiklerine işaret etmektedir.

Laktaz toleransının kökleri ile ilgili araştırmalar, insan verimi tarihinin bazı etkileyici özelliklerini gün ışığına çıkarmıştır. Belki de en ilgi çekici olan, Afrikalı ve Avrupalı toplumların, yakınsak bir evrim geçirmeleridir. Birbirinden farklı toplumlar, büyükbaş hayvan evcilleştirmesine bağlı olarak, aynı kültürel gelişimi yaşadıklarında benzer evrimsel süreçlerden geçmektedirler. Derimizin rengi veya coğrafyasından bağımsız olarak, taş çağının Avrupalıları, İsveç süt sağıcıları, Maasai savaşçıları veya modern avcı toplayıcıları gibi hangi topluluğu araştırsak araştıralım, evrimin oyununu her toplum için aynı kurallarla oynadığı sonucuna varıyoruz. Bu çalışma bizi evrimin içinde küçük bir halkanın açıklanmasına taşısı da zincirin tamamı için bir şeyler söylemeye ne yazık ki götürmemektedir.

### Mitokondrileri karıştırsak bir şey bulabilir miyiz acaba?

Mitokondriyal DNA (Mt DNA), adli antropologlar tarafından ölümlerde kimlik tespiti amacıyla da kullanılır. Materyal olarak diş pulpası tercih edilir. Çünkü dişin, pulpayı kuşatan dış kısmı hem izole bir ortam oluşturur, hem de hidroksiapatit bileşenleri ile DNA'yı stabilize eder, böylece buradaki mt DNA diğer dokulardakinden daha uzun ömürlüdür.

Mitokondriyumlarda DNA tamir mekanizması yoktur, o nedenle mutasyon hızı nükleer DNA'dan 10-20 kat daha hızlıdır. İnsanda mt DNA tipik olarak maternal kalıtım örneği izler, şöyle ki; annenin mt DNA'sı tüm çocuklarına aktarılırken babanın ki çok nadir olarak aktarılır. Çünkü ovum mitokondri açısından çok zengindir, sperm ise çok az sayıda mitokondri içerir.

Evrim biyologları, mitokondriyal DNA'larının kalıtsal olarak çeşitlenmesini, bir "evrim" olarak yorumlar ve bu varsayımı "moleküler saat" ismini verdikleri bir başka varsayımla birleştirirler. 1965 yılında ortaya atılan moleküler saat hipotezi, nükleotid ve proteinlerdeki dizilimde, zaman içinde sabit aralıklarla değişimlerin yaşanacağını ileri sürmüştür. Bu teze dayanarak, mt DNA değişimleri analiz edilen canlıların, ortak bir atadan ne zaman ayrıldıklarının bulunabileceği varsayılmıştır. BU düşünceden hareketle, mevcut evrim soyağacının hangi tarihte nerede başladığını belirlemeye çalışmışlardır. Mitokondriyal DNA'daki çeşitlilik en çok Afrikalılarda görüldüğü için, onların neslinin en eski olduğuna karar vermişlerdir. Bunun sonucunda günümüzde yaşayan tüm insan ırklarının,

130 bin yıl önce Afrika'da yaşamış bir kadından türediği, bu kadının da sözde evrimle ortaya çıkmış, "homo sapiens" in ilk temsilcisi olduğu iddia edilmiştir.

Fakat geçen yıllar mitokondriyal DNA üzerinden bir ana-ata arayışının, baba geçişlerinin tahminlerden fazla olduğunu, oluşturulacak soyağacında milyonlarca varsayımın dışarıda bırakılacağını göstermesiyle yarattığı heyecana rağmen önemini kaybetmiştir.

Günümüzde Allan Wilson ve ekibi tüm coğrafi bölgelerden bireylerin DNA'larını enzimle parçalayarak oluşturdukları haritaları incelemiş ve 182 değişik tipi (dış uçlar) yansıtan bir sonuca varmışlardır. Bu tipler arasındaki evrimsel ilişki bir Afrika kökenli atayı ciddi olarak işaret etmektedir, dahası en yüksek oranda mitokondriyal DNA çeşitliliğine Afrikalı toplumlarda rastlanması da bu görüşü doğrulamaktadır.

### Yoksa sırlar "y" kromozomunda mı saklı?

1994 yılında, antropolojik genetiğin babası, Stanford Üniversitesi'nden Lui-gi Luca Cavalli-Sforza ve ekibi, iki farklı kişinin genomlarında, ikisi de aynı noktada bulunan DNA mutasyonlarını hızlı bir biçimde bulmak için yeni bir teknik geliştirmişler. Bu mutasyonlar bir anlamda, normal diziden sapmaları gösteren birer "işaretleyici".

Bu işaretleyicilerden yararlanma ilkeleryse gayet basit: Sözelimi Asya'da neredeyse herkeste var olup, Afrika'da da neredeyse hiç kimsede bulunmayan bir mutasyona, zamanın içinde bir yerlerde, bu işaretleyiciyi taşıyan küçük bir grubun Afrika'yı terk edip Asya'da yeni bir popülasyon oluşturduklarının bir işareti gözünüyle bakılabilir.

İlkece basit olsa da, her konuda olduğu gibi, burada da ortalığı bulandıran bir etken var: Cinsiyetler. DNA'yı taşıyan kromozomlar, bir iplikçigi anneden, diğeri babadan olmak üzere, çiftler halinde bulunuyorlar. Bir yumurta ya da sperm hücrelerinin yapımındaysa bir çifti oluşturan iki iplikçik, belli noktalardan bir araya gelerek büyük DNA parçalarını değişik tokuş ediyorlar. Kuşaktan kuşağa aktarılan bu kromozomlar, her seferinde gerçekleşen parça alışverişine bağlı olarak, zamanla bütün ataların katkılarıyla oluşmuş bir "yamalı bohça"ya dönüşüyorlar. Böyle bir kromozom, size Buzul Çağı atanızın bir Orta Asyalı olduğunu, sonraki bir atanızın da ABD'de bir vali olduğunu söyleyebilir. Ama onların İngiltere'den geçişlerini de büyük olasılıkla atlamış olacak, sonuçta hikâye de fazla bir şey ifade etmeyecektir. İşte Y kromozomu,



antropolojik genetik araştırmacılarının imdadına bu noktada yetişiyor. İnsandaki 23 çift kromozomun son çifti olan cinsiyet kromozomları, kadınlarda XX, erkeklerde XY biçiminde ortaya çıkıyor. Bu, kadınların anneden de babadan da birer X kromozomu alırken, erkeklerin anneden X, babadan Y kromozomu almaları demek. Diğer bütün kromozomlardan farklı olarak, Y kromozomunun eşi yok; X kromozomuyla parça alışverişinde bulunduğu tek bölgeyse uçları. Sonuçta Y kromozomu, babadan oğula, oğuldan toruna vs. geçerken büyük ölçüde korunmuş oluyor. Her durakta yapısına katılan, en fazla bir ya da iki mutasyon. Ortaya çıkan sonuç, oldukça ilginç: Şu an yeryüzünde yaşayan bütün erkeklerin Y kromozomlarının, 50 bin - 60 bin yıl önce yaşayan bir ortak atanın Y kromozomuyla % 99,99'dan fazla benzerlik taşıyor olması. Aradaki minicik değişikliklerse, insan türünün gezegen üzerindeki yayılım öyküsünün kayıtlarını sunan işaretleyicilerin ta kendileri!

Bu verilerle genetikçilerin antropolojik çalışmaları sonucunda ilk kadın Afrika'da hipotezine ilk erkek atanın da Asya'da olduğu cevabı verilebilir. Tabi bu Y kromozomu takibi bize Cengiz Han'ın torunlarının milyonlarca olduğu sonucuna da götürülebilir Bu tarihi argümanlarla olayı yumuşatma dışında aslında Y kromozomunun M işaretleyicileri ile yeryüzünde izlerini takip etmek, soyların dünya üzerinde ne zaman ve nasıl yayıldıkları argümanını ciddi olarak desteklemiştir.

### **Bu işin de kokusu çıktı!**

Tüm insan genomunun yüzde 3'ü farklı kokular algılayabilecek genlere ayrıl-

mıştır. 2006 yılında Buck ve Axel, bu genlerin her birinin bir koku molekülüne duyarlı bir reseptör ortaya çıkardığını göstererek Nobel ödülünü almışlardı. Bu başarı üzerine başka canlılardaki koku reseptörü türleri üzerine hummalı bir çalışma başladı. Sonunda, balıkların koku almayla ilgili nöronlarında su esaslı reseptörler varken, memelilerde ve sürüngenlerde hava esaslı reseptörlerin bulunduğu ortaya konuldu. Bu keşif aslında, ilkel balıklarda daha gelişmiş balıklardan ve memelilerden farklı olarak, ne "hava" nede "su" geni olmadığını, bunu yerine reseptörler, iki tipi bir arada bulduklarını yani bu balıklar koku alma geni iki ayrı türe ayrılmadan önce ortaya çıktığını göstermektedir.

Bu ilkel çenesiz balıkların çok önemli başka bir özelliği de çok az sayıda koku genine sahip olmalarıdır. Kemikli balıklarda daha fazla, amfibi ve sürüngenlerde ise daha fazla koku geni vardır. Çenesiz balıklar gibi ilkel olanlarda çok az bulunan koku genleri, zamanla artmış ve memelilerde muazzam sayılara ulaşmıştır. Binden fazla koku geni olan memelilerde, genetik sistemin büyük bir kısmı sadece koku duyusuna ayrılmıştır. Memelilerde koku alma duyusunun çok özelleşmesi en uç örnek olarak köpeklerin iz sürmesinde kendini gösterir.

Bütün memeliler gibi yunuslar ve balinalar da tüy, meme ve üç kemikli orta kulak vardır. Bu hayvanların memelilik geçmişi, koku genlerinde de kayıtlıdır. Koku almak için bu balıklar diğer balıklar gibi genizlerini kullanmayıp, genizleri, koklamaya değil nefes almaya yarayan bir hava deliğine dönüşmüştür. Yani tüm koku genleri bulunsa da tamamen

işlevsiz hale gelmiştir. Mutasyonların genomda ortaya çıkması kuşaklar alır. Eğer bir mutasyon bir geni işlevsiz kılarsa, sonucu tehlikeli ya da ölümcül olabilir. Fakat işlevsiz genlerdeki mutasyonsa sessizce kuşaktan kuşağa geçebilir. Bu da bize koku alma duyusuna sahip insanda koku genlerinin çoğunun neden işlevsiz kaldığını anlatır. Yoad Gilav ve arkadaşları farklı primat türlerini karşılaştırarak, renkli görmenin geliştiği primatlarda işlevsiz koku genlerinin çok sayıda olduğunu gösterdi. Yani kısaca söylemek gerekirse, insan, koku duyusunu görme duyusuna takas eden bir soydan geliyor ve artık hayatımız kokudan çok görme üzerine kurlu ve genomumuzda tam olarak bunu yansıtıyor.

Birkaç popüler gen çalışmasıyla hatırlatmaya çalıştığım, Neil Shubin'in dediği gibi, uzay programları Ay'a bakışımızı nasıl değiştirdiyse, paleontolojik ve genetik bilimlerdeki araştırmalarda kendimize bakışımızı değiştirmekte olduğuydu. Daha çok şey öğrendikçe, önceden uzak ve erişilmez, fantastik görülenleri de anlamaya ve kavramaya başlarız. Artık bilimin, denizanası, solucan ve fare kadar birbirinden farklı canlıların iç mekanizmalarını ortaya çıkardığı bir çağda yaşıyoruz ve insanları diğer canlılardan ayıran veya birleştiren genetik farklılık ya da benzerlikleri görüyoruz. Bu son yıllardaki yeni ve güçlü bakış açısı bize fosilleri, onları inceleme ve tanımadaki kullandığımız yeni argümanlarıyla birlikte makro geçmişimizin izlerini sürerken, mikro geçmişimizdeki engin dokümanlardan da faydalanırsak ancak evrimin basamaklarını kavrayabileceğimizi gösteriyor.