

## GEN Mİ RNA MI ?

Kenan ATEŞ

Bir buçuk ay kadar önce, Mayıs ayında, insan genomunun son halkasının okunması da tamamlandı. Bilim dünyasının en prestijli dergilerinden Nature'da yayınlanan Uluslararası İnsan Genomu Konsorsiyomu'nun makalesinde, insan 1. kromozomunun sıralanmasının da tümüyle tesbit edildiği duyuruldu. Böylece, 5.5 yıldır sürekli tamamlandı denilip durulan insan genomunun sıralanmasının çıkarılması, ya da daha basit anlatımla harf diziliminin tesbit edilmesi işlemi bir ay kadar önce bitirilmiş oldu. Harf dizilimi çıkarılmasına çıkarıldı ama, bu harfler ve dizilimlerinin ne anlama geldikleri, okunup anlamlandırılması, kesin gen sayısının belirlenmesi yine de bir kaç yılı bulacak. Kısacası, Şubat 2001'de, arkasına Clinton ve Blair desteğini alan medyanın çok büyük sansasyonla okunduğunu ilan ettiği, "yaşamın kitabı" hala okunmaya devam ediyor.

İnsan DNA'sının toplam harf diziliminin, yani genomun belirlenip okunması işlemi sürerken, okunduğu yıllar önce ilan edilen "yaşamın kitabı"nın yeni yeni marifetleri ortaya çıkıyor. Özellikle son bir kaç yılda bulunmaya başlanan yeni bilgi ve bulgular, öylesine görkemli, öylesine değişik ki, moleküler biyoloji ve genetikte bugüne dek bilinenlerin çoğunu adeta çöpe atacak; genetiğin paradigmasını neredeyse toptan değiştirecek nitelikte. Daha da ötesi, şimdilik ortaya çıkarılan bilgi ve bulgular, çıkarılacak olanların henüz çok küçük bir kısmı. Buzdağının şimdilik sadece su üstündeki bölümü görünüyor. Asıl dev bölüm su altında. Aysbergin altında, belki de geni tahtından indirecek, en azından ona

bir ortak daha getirecek önemde yepyeni bir dünya var.

İlk gen 1972'de tesbit edilip klonlandı. İlk genin bulunmasıyla ortalığı hızla bir gen dalgası sardı. Bu öylesine bir dalgaydı ki, hemen her şey sadece genlerle açıklanmaya başladı. Kalıtımın en küçük biriminin gen olması tezinden yola çıkılarak genler yaşamla ilgili her şeyi belirleyen, mutlak, değiştirilmesi olanaksız birimler olarak sunuldu. İş iyice çığırından çıktı ve genler sonunda, Kant'ın "kendinde-şey"i gibi, insan kaderinin acımasız efendisi yapıp çıkarıldılar. Yalnızca insanla ilgili biyolojik, psikik, sosyal, ideolojik – kültürel kategoriler değil, tek tek her bir durum ve davranış için ayrı ayrı genler bulunduğu öne sürüldü. Öyle ki, inanç ya da "tanrı geni" bulunduğunu iddia edenler bile oldu.

Bu bakışın dayanak noktalarından birisi, çok uzun yıllardır hüküm süren, eski "bir gen bir protein" teziydi. Bu teze göre, her gen bir protein ve fonksiyona karşılık geliyordu. İnsanda çok sayıda fonksiyon olduğuna göre çok büyük sayılarda protein, ve buna bağlı olarak da bir o kadar da gen bulunmalıydı. Bu bakışa göre, en gelişkin, en kompleks canlı türü olan insanın gen sayısı öteki canlı türlerinin kat kat fazlası olmalıydı. Kesin rakam bilinmiyordu ama imalar bu rakamın en azından yüzbinler olması gerektiğine işaret ediyordu. Araştırmalar bu yöne yoğunlaştı ve rakamlar gelmeye başladı.

1997'de bir ABD genom şirketi, EST zincirlerine dayanarak yaptığı hesaplama sonucunda gen sayısının 140 bin civarında olduğunu açıkladı. Başka bir araştırma kurumu, ABD'deki Center for Biotechnology Information ise rakamı 84

bin olarak belirledi. Bunlardan yola çıkarak rakamın 100 bin civarında olduğu genel kabul gördü. Ancak, Uluslararası İnsan Genomu Konsorsiyomu ve ABD'deki bir başka genom şirketi Celera 2001 şubatında Nature ve Science dergilerinde yaptıkları açıklamalarda bütün tahminleri alt üst ettiler. Rakam 30-40 bin arası çıkmıştı. Uluslararası İnsan Genomu Konsorsiyomu iki sene önce, 2004'de, Nature dergisinde yayınladığı bir başka çalışmada gen sayısını daha da aşağı çekti. Sayı 20-25 bine indi. Son açıklamalara göre, insan gen sayısı 19 bini tesbit edilen ve 2 bin kadarı da tahmin edilen olmak üzere 21-22 bin civarında. Bu yeni durum her şeyi alt üst etti. Ne "bir gen bir protein" tezi kaldı, ne de genlerin tanrılığı.

Bilindiği gibi DNA, Adenin, Timin, Guanin ve Sitozin adı verilen nükleotid ya da bazların başka kimyasal bileşiklerle birleşerek ardarda sıralanmasından oluşmuştur. Bu bazlar kısaca sırasıyla A, T, G ve C harfleriyle gösterilir. İnsanda böyle ardarda sıralanmış 2 milyar 851 milyon harf (baz) vardır.

İnsan dahil canlı organizmalardaki fonksiyonların yerine getirilmesinde protein ve enzimler çok önemli roller üstlenirler. Bu protein ve enzimler DNA üzerindeki bazı dizilimlere göre kodlanıp üretilirler. Ancak, -şimdiki bilgilerimize göre- DNA diziliminin tümü değil küçük bir kısmı RNA ve protein üretimine katılır. İşte DNA'nın, RNA ve protein üretiminde rol alan belli harf dizilimlerine gen adı verilir. Bir protein yapılacağı zaman DNA üzerindeki genin harf dizilimi örnek alınarak onun benzer bir RNA kopya dizilimi çıkarılır. Kopyalanan RNA mesaj taşıyan anlamında haberci RNA (mRNA)'dır. mRNA'lar diğer RNA'lar tarafından çekirdek dışına çıkarılıp yine başka RNA'lar ve enzimlerin yardımıyla protein ve kimi enzimlerin kodlanmasını sağlarlar. Kısacası, DNA'daki genden RNA, RNA'dan da protein yapılır.

Ancak, mRNA yapılırken, DNA üzerindeki genin harf dizilimi baştan sona tümüyle okunmaz. Okuma atlaya atlaya gider. Bir kısım dizilim okunup kopyası çıkarıldıktan sonra birden uzun bir bölüm okunmadan atlanıp çok daha ilerideki bir başka bölüme geçilir ve oradan devam edilir. Bir süre sonra yine bir bölüm atlanıp bir sonraki bölüme geçilir. Bu böylece devam eder. Böyle atlaya atlaya, ya da sıçraya sıçraya okunmaya moleküler biyoloji dilinde *RNA splincing*, (RNA sıçrama ya da atlaması) denir. DNA'nın RNA yapılırken okunan bu bölümlerine *exon*, okunmadan atlanan bölümlerine ise *intron* adı verilir. İntronlar atlanıp okunmadıkları için mRNA ve protein kodlanmasına katılmazlar. Bu yüzden protein yapımını kodlayan dizilim, sadece exonlardaki dizilimlerdir. Genler böyle exon ve intronlardan oluşmuştur. (Şekil 1)

#### GENETİKTE ARALANAN YENİ KAPI: RNA

Ancak daha sonra, exonların genin çok küçük bir kısmını oluşturdukları, genlerin asıl büyük kısmını mRNA ve protein yapımına katılmayan intronların teşkil ettiği görüldü. Zaten protein yapımına katılan genler de insan genomunun dörtte birine yakını oluşturuyorlardı. Bugünkü bilgilerimize göre, protein (ve tabii ki mRNA) kodlanmasına katılan genlerin exon bölümleri toplam insan genomunun sadece yüzde 1.2'sini meydana getiriyor. Geri kalan yüzde 98.8'lik dev bölüm protein ve mRNA kodlanmasına katılmıyor. Bugüne dek bu dev bölüm, DNA'nın bir işe yaramayan, hiç bir fonksiyonu olmayan, çer çöp anlamındaki "*junk DNA*" olduğu söyleniyordu. Oysa son bir kaç yılda aralanmaya başlanan ve yepyeni bir dünyaya açılan kapı bunun hiç de böyle olmadığını gösteriyor. Son bir kaç yılın yepyeni bulguları, DNA üzerinde, bir işe yaramadığı, hiç bir fonksiyona yol açmadığı söylenen bu sözde fazlalık - çer çöp (junk) bölümlerin de kodlandığını gösteriyor. Protein yapımına katılmayan intron ve

DNA'nın genlerin dışında kalan bölümlerinin aslında, hücre ve canlı yaşamında çok büyük görev ve fonksiyonlar üstlendiği görülüyor. Bu dev bölüm çok farklı sayı ve çeşitte, çok küçükten çok büyüğe, deyim yerindeyse binbir çeşit farklı RNA kodluyor. Yeni bulunmaya başlanan bu RNA'lar, doğrudan protein kodlamasalar da, hangi proteinin nerede, nasıl ve ne kadar, ne zaman kodlanacağını; ne zaman durdurulup ne zaman başlatılacağını; hangi genin hangi genle, ya da hangi proteinin hangi proteinle birleştirileceğini; nereden nereye götürüleceğini; hangi hücre ve dokunun hangi organda ne kadar ve ne zaman yapılacağını; büyüme ve gelişmenin nerede nasıl düzenleneceğini; kök hücrelerin nerede hangi hücre, doku ve organlara dönüşeceğini; hangi genin hangi koşullarda susturularak çalıştırılmayacağını ya da daha önce sessiz kalıp fonksiyon göstermeyen hangi genin hangi koşullarda yeniden çalışmaya başlatılacağını; bir gen okunurken hangi bölümün okunup hangi bölümün okunmayacağını, ne zaman, nereden nereye atlanacağını; hücrelerin hangi koşullarda çoğaltılıp ya da öldürüleceğini, ne zaman kanser geliştirileceğini, hücre çoğalma ve bölünmesini, kromozomların yapısını, kısacası canlının biyolojik yaşamının neredeyse tümünü, nasıl düzenleneceğini baştan sona sağlıyorlar. Öyle görünüyor ki, neyin nasıl olacağını belirleyen genler değil, asıl olarak bu çok küçük RNA parçacıkları.

Tablo 1 değişik canlı türlerinin genom büyüklüklerini yani DNA'daki harf sayılarını, gen sayısı, ve protein kodlayan ve kodlamayan RNA miktar ve oranlarını gösteriyor. Tablodan da görüleceği gibi, sadece bugünkü en son bilgilere göre, insanda DNA'nın protein kodlayan gen bölümleri bütün DNA'nın sadece 1.2'sini oluştururken protein kodlaması yapmayan RNA (non-coding – ncRNA) bütün DNA'nın –bugün bilindiği kadarıyla- yüzde

57'sini oluşturuyor. Bu oran, farede yüzde 1.3 ve yüzde 54. Kodlama yapan bölümler meyve sineğinde yüzde 18, solucanda ise 26. DNA'nın protein kodlaması yapmayan küçük RNA (ncRNA) kodlayan bölümlerinin protein kodlaması yapan bölümlerine oranı insanda 47'ye 1 iken bu oran farede 43'e 1, meyve sineğinde yaklaşık 2,5'a 1, solucan da neredeyse 1'e 1.

Tablo 2: Bazı canlı türlerinde genom büyüklüğü, gen sayısı, ve protein kodlayan ve kodlamayan RNA oranı. (Kaynak: Frith et al, (2005), *European Journal of Human Genetics*, 13: 894-897)

Görüldüğü gibi canlı türü ne kadar gelişkin ve kompleks olursa kodlama yapmayan küçük RNA (ncRNA) sayısı da o kadar fazla oluyor. Daha basit canlıların daha az protein kodlamayan RNA (ncRNA)'sı, daha gelişkin canlılarınsa daha fazla kodlama yapmayan ncRNA'sı var. Örneğin en basit canlı türlerinden bakteri gibi çekirdek içermeyen prokaryot türlerinde intron ve buna bağlı olarak kodlama yapmayan ncRNA ya yok ya da çok az. Bu yüzden genellikle daha basit canlı türlerinin genomları en gelişkin tür olan insanın genomundan (toplam DNA'dan) daha büyük., Tablo 2'den görüleceği gibi, örneğin en basit canlılardan bir amip türü olan *Amoeba dubia*'nın genom büyüklüğü insanın 235 katı. İnsan genomu 2.8 Mb, yani insan DNA'sındaki harf sayısı 2 milyar 852 milyon iken, bu sayı *Amoeba dubia*'da 670 milyar. Aynı sayı bir başka amip türünde 290 milyar, bir kurbağa türünde ise 6.9 milyar. Tekrar hatırlatalım, bu sayı insanda 2.8 milyar. İnsandaki kodlama yapmayan RNA çokluğu, o kadar gelişkin olmasına karşın insanda neden sadece 20 bin civarında gen olduğunu; neden çok daha az gelişkin olan fare ve hatta solucanla neredeyse aynı sayıda gen bulunduğunu açıklar gibi.

Tablo 2: Bazı canlı türlerinin genom büyüklükleri (DNA'daki harf sayısı).

---

Kaynak: Database of Genome Sizes, Center for Biological Sequence Analysis.

## BİR GENİN BİNLERCE FARKLI FORMU VAR

1977’de exon ve intronların bulunmasından bir süre sonra ama esas olarak son 7-8 yılda, genlerin bir başka özelliği daha tesbit edildi. Bazı genler farklı durumlarda farklı biçimlerde okunuyorlar. Farklı durumlarda, özellikle de farklı çevresel koşullarda yalnızca intronlar değil, exonların da bir kısmı okunmadan atlanıyor. Yani RNA ve oradan da protein yapılacağı zaman gen okunurken, bazı durumlarda bir genin bütün exonları sırasıyla okunup kopyası çıkarılmıyor. Bir exon’un sadece bir kısmı okunup hemen bir başka yerine atlanıyor; oradan bir başka exonun bir başka bölümüne geçiliyor. Bazı durumlarda birkaç exon birden normal biçimde sırasıyla okunduktan sonra birden atlama başlıyarak bir başka exonun bir başka yerine, oradan başka exonlara ya da exonların bölümlerine geçiliyor; bazı durumlarda da ya bir exonun bir bölümü, ya da bir ya da birden fazla exonun tamamı okunmadan ilerideki bir bölüme atlanıyor. Böylece ortaya gendeki asıl dizilimden tamamen farklı, daha kısa, daha küçük başka dizilimler çıkıyor ve sonuçta bu farklı dizilimlerle bambaşka fonksiyonlara yol açan bambaşka proteinler yapacak farklı RNA’lar oluşturuluyor. Gen aynı olmasına karşın o genin çok sayıda farklı RNA ve proteini ortaya çıkıyor ve sonuçta bir tek genin farklı farklı varyasyonları olmuş oluyor. Buna alternatif sıçrama (*alternative splicing*) deniliyor.

Bugün artık, genlerin çok büyük bir kısmının böyle alternatif atlama ya da sıçramalar yaptığı biliniyor. Ancak genin hangi koşulda ne zaman nereye, ya da ne kadar atlayacağı; hangi koşulda hangi fonksiyona yol açacak hangi protein formunun yapılacağını belirleyen ve düzenleyenlerin ne olduğu bilimiyordu. Son yıllardak ortaya çıktı ki, bunları sağlayanlar

sözünü ettiğimiz bu küçük kodlama yapmayan ncRNA parçacıkları.

Konuyu daha anlaşılır kılmak için basit bir mekanik örnek verelim: Bir anahtarcı dükkanını göz önüne getirelim. Dükkada çok sayıda anahtar asılıdır. Ama o anahtarlar tek başına kapının açılmasını sağlamazlar. Bir kapı açılacağı zaman, hangi anahtarın o kapıyı açacağını bilen birinin dükkandaki binlerce anahtar arasından en uygununu seçerek gidip kapıyı açması gerekir. Bu kişi aynı zamanda, o kapının ne zaman açılıp ne zaman kilitleneceğini ve hatta dükkada kilide uygun anahtar yoksa, o kilide uygun yeni anahtar yapmasını da bilen usta bir anahtarcı olmalıdır. Bugün giderek daha net açığa çıkıyor ki, DNA dükkanında asılı duran binlerce anahtar (gen) arasından en uygununu seçip uygun biçimde kilide sokup kapıyı açan (protein yapımını sağlayan), ve hatta gerektiğinde yeni anahtarlar (genler) yapan bu becerikli kişi çok küçük boyutlu RNA parçacıkları; yani, micro RNA’lar (miRNA), küçük engelleyici RNA’lar (siRNA), küçük nükleer RNA’lar (snRNA), küçük nükleolar RNA’lar (snRNA), araya giren RNA’lar (RNAi), oligo RNA’lar, genin tümünü ya da bir bölümünü kapatan anti-sense RNA’lar, ikili hatta üçlü sarmal RNA’lar, bir kromozomdaki geni bir başka kromozomdaki genle ya da bir ya da bir kaç proteini birleştirerek daha büyük daha gelişkin proteinler yapan RNA’lar gibi çok sayı ve türde küçük RNA parçacıklarıdır.

## GEN KAVRAMI DEĞİŞİYOR MU ?

Genlerin bulunmasından bu yana en küçük kalıtım birimi olarak gen kabul edilir. Bu artık genel kabuldür. Bu genel kabule göre, kalıtım, DNA üzerindeki genler aracılığıyla kuşaktan kuşağa aktarılır. Klasik genetiğin çok uzun yıllardır hüküm süren ana ya da merkezi dogmasına (central dogma) göre, kalıtsal bilgi sadece DNA ve onun genleriyle aktarılır. DNA’dan RNA, RNA’dan da protein yapılır. Asıl belirleyici olan DNA’dır, RNA protein yapımında ara

aşamadır, ve gidiş yönü her zaman “DNA-RNA-Protein” yönündedir; bu tersine çevrilemez. Oysa, uzun süredir, retrovirus sınıfı bazı virüslerde DNA olmadığı, sadece RNA bulunduğu biliniyor. Daha da ötesi bu virüslerin RNA’larını DNA’ya aktardığı da bir gerçek. Retrovirüslerin bu özelliğinden yola çıkarak, bugün laboratuvarında, mRNA’lardan DNA kodlanıyor. Moleküler biyolojinin yaygın ve en güvenilir tekniklerinden RT-PCR’de gidiş DNA’dan RNA’ya değil, aksine RNA’dan DNA’yadır. Moleküler biyoloji ve genetiğin bu merkezi dogması RNA virüslerinin bulunmasından sonra çökmesine rağmen, hala genetik bilginin gidişinin DNA’dan RNA ve proteine doğru olduğu savunuluyordu. Ancak bir buçuk ay önce ortaya çıkan yeni bilgiler bu görüşün de kısa zamanda çöpe atılma olasılığının bulunduğunu gösterdi.

Geçtiğimiz mayıs ayında yine Nature dergisinde yayınlanan bir makale, kalıtsal bilgiler kuşaktan kuşağa geçerken Mendel yasalarına ters şeylerin olduğunu açığa koydu. Yeni bilgiye göre, genlerde olmayan bazı özellikler de yeni kuşaklara aktarılıyor. DNA ya da daha özelde genlerde olmayan bir kalıtsal bilgi DNA değil RNA yoluyla da yeni kuşaklara geçiriliyor. Kalıtsal bilginin sadece genler değil aynı zamanda RNA yoluyla da aktarıldığı bir süre önce bazı bitki türlerinde gösterilmişti. Ancak bunun sadece bazı bitki türleriyle sınırlı olduğu sanılıyordu. Oysa Nature dergisinde yayınlanan makale bu özelliğin hayvanlarda da (farelerde) olduğunu gösteriyor. Fransa’dan Mino Rassoulzadegan ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, farelerde beyaz kuyruk oluşmasını sağlayan *Kit* geni mutasyonunu kuşaklar boyunca üreme yaptırarak sonraki kuşaklarda düzeltmişler. Artık *Kit* mutasyonu ve bozuk geni bulunmayan ve genetik olarak sağlam olan fareleri birleştirmişler. Genetik yapılarında beyaz kuyruk oluşturacak bilgi olmayan yavrularda olağan renkte kuyruk beklenirken, onların da kuyrukları şaşırtıcı

biçimde yine beyaz olmuş. Genetik ve gen yapıları incelendiğinde beyaz kuyruk yapan bilginin artık genlerde olmadığı; beyaz kuyruk oluşumunu sağlayan bilginin RNA’lar aracılığıyla aktarıldığı tesbit edilmiş. Kısacası, gen mutasyonlarının yanısıra RNA’lar yoluyla geçen paramutasyonların da olduğu bulunmuş. Bu küçük ama genetikteki paradigmaları kökünden sarsıp bütün bilgilerin değişmesini getirecek bilgi son 1-2 aydır genetikçilerin aklını başından alıyor. Şimdi bir çok moleküler biyolog ve genetikçi, gen ve kalıtım tanımının yeniden yapılması gerektiğini söylüyor.

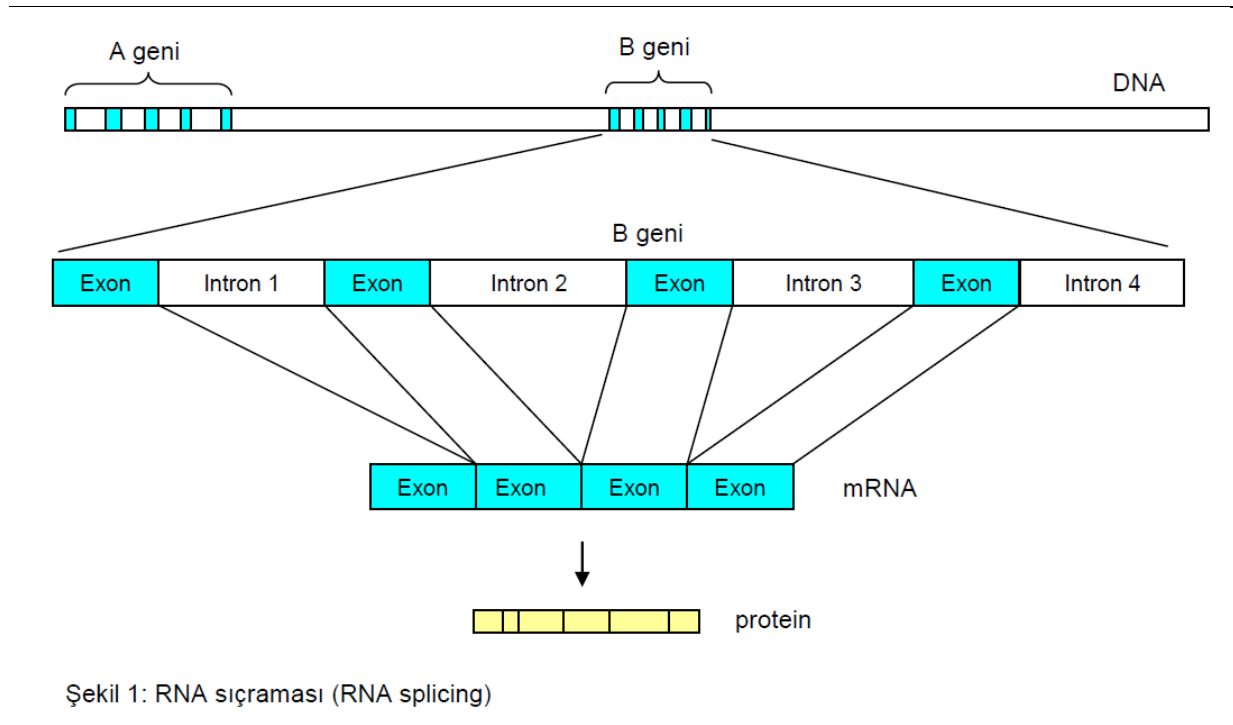
Harvard üniversitesinden Rick Young, Nature dergisinde yer alan bir makalede, bundan 20 yıl kadar önce, gen konusunu öğrencilere 2 saatte anlattığını, oysa şimdi, geni anlatmasının 3 ayını aldığını söylüyor. Yeni ortaya çıkmaya başlayan bilgilerin ardından, öyle görünüyor ki, Young’ın gen konusunu anlatması için değil üç, artık altı ay bile yetmeyecek. Daha da ötesi Young derslerini yeniden hazırlamak, öğrencilerine, “eski bilgilerinizi unutun” demek zorunda kalacak.

## DNA’DAN ÖNCE RNA VARDI

Yaşamın kökeninin ne olduğu, yaşamın nasıl ortaya çıktığı sorusu çok uzun yıllardır insanı meşgul ediyor. Aristo’dan Pasteur’e, Darwin’den, Oparin’e büyük düşünür ve bilim insanları hep bu sorunun yanıtlarını aradılar. Günümüzde yaşamın kökenini açıklamaya çalışan çok sayıda farklı tez ve teori var. Bugün kimilerine göre, yaşam önce basit küçük amino asitlerler (monomer), kimine göre basit yağ – lipid’lerle, kimine göre basit enzimler, kimilerine göre de basit RNA ve ribozom benzeri yapıların oluşumuyla başladı. Bu tez ya da teoriler ne kadar farklı olsalar da, aslında tümünün bir ortak yanı var: DNA’dan önce RNA vardı ve bu yüzden de genetik ya da kalıtsal bilgi DNA’dan önce RNA ile aktarılıyordu.

Bugün giderek açığa çıkıyor. İnsan ve genel olarak yaşam sanıldığından da karmaşık. Biyolojik canlı doğası sadece gene indirgenemeyecek denli gelişkin, içiçe, girift ve kompleks. Sayısız etken yaşam üzerinde etki yapıp değiştiriyor, bir çok şeyi birbirine dönüştürüyor. Açık kı, tüm doğayı olduğu gibi yaşamı da diyalektiğin yasaları belirliyor. Son bulunan bulgular öylesine önemli, öylesine görkemli ki, moleküler biyoloji ve genetikte bugün bilinenleri temelinden sarsacak nitelikte. Bu yüzden genelde yaşam bilimleri ve biyoloji,

özelde de moleküler biyoloji ve genetik öğrencileri eski bilgilerini unutmaya hazırlansınlar. Yeni bilgiler geliyor. Gen nedir, kalıtım nedir, kalıtım birimi nedir bugün yeniden sorulmaya başlandı. Soru soruyu getiriyor. Gen eğer kalıtımın en küçük birimi ve bu anlamda da yaşamın kökeni değilse o zaman bu en küçük birim ve yaşamın kökeni nedir? Yanıtlanması gereken çok soru var.



Organizma (Tür)	Gen sayısı	Genom büyüklüğü (toplam baz / harf sayısı)	Protein ve mRNA kodlayan baz sayısı		Protein kodlamadığı halde ncRNA kodlayan baz sayısı		Protein kodlamayan RNA'nın protein kodlayan RNA'ya oranı
	(Bin)		Milyon (Mb)	Milyon (Mb)	Genoma göre oranı (%)	Milyon (Mb)	
İnsan	20-25	2 851	34	1.2	1619	57	47 / 1
Fare	20-25	2 490	31	1.3	1339	54	43 / 1
Meyve sineği	13.6	120	22	18	53	44	2.4 / 1
Solucan	19	100	26	26	33	33	1.3 / 1

Tablo 2: Bazı canlı türlerinde genom büyüklüğü, gen sayısı, ve protein kodlayan ve kodlamayan RNA oranı. (Kaynak: Frith et al, (2005), *European Journal of Human Genetics*, 13: 894-897)

Organizma (Tür)	Genom büyüklüğü (toplam baz / harf sayısı)
	Milyon (Mb)
<i>Amoeba dubia</i> (bir amip türü)	670 000
<i>Amoeba proteus</i> (bir amip türü)	290 000
<i>Bufo bufo</i> (bir kurbağa türü)	6 900
İnsan	2 851
Fare	2 490
<i>Boa constrictor</i> (Boğa yılanı)	2 100
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Yarasa)	1 929
<i>Arabidopsis thaliana</i> (bir çiçek)	125
Meyve sineği	120
Solucan	100
Hamur mayası	12
<i>E. Coli</i> (bir bakteri)	4.1
HIV 1 virüsü	0.019