

mikrobiyota

Mikroplar ve Hayatlarımıza Olağanüstü Etkileri

ED YONG

ÇEVİRİ: ŞİRSEL TAŞ

domingo



MİKROBİYOTA - Mikroplar ve Hayatlarımıza Olağanüstü Etkileri
ED YONG

Özgün ismi: I Contain Multitudes

© Ed Yong, 2016

Türkçe yayın hakları:

© 2018 Bkz Yayıncılık Ticaret ve Sanayi Ltd. Şti.

Sertifika No: 12746

Domingo, Bkz Yayıncılık markasıdır.

Çeviri: Şiirsel Taş

Editör: Algan Sezgintüredi

Kapak tasarımı: Betül Güzhan

Sayfa uygulama: Bahadır Erşık

ISBN: 978 605 198 038 6

Baskı: Nisan 2018

A4 Ofset Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti.

Yeşilce Mah. Donanma Sok. No: 16

Seyrantepe 34418 Kağıthane İstanbul

Tel: 0212 281 64 48 Sertifika No: 12168

Tüm hakları saklıdır. Bu kitabın tümünün veya içeriğinin herhangi bir bölümünün yayıncının yazılı izni olmadan, fotokopi yöntemi dahil, elektronik ya da mekanik herhangi bir yolla çoğaltılması yasaktır.

Bkz Yayıncılık Ticaret ve Sanayi Ltd. Şti.

Şahkulu Mah. Büyük Hendek Cad. Brot Apt.

No: 4/10 Beyoğlu İstanbul

Tel: (212) 245 08 39

e-posta: domingo@domingo.com.tr

www.domingo.com.tr

Anneme

İÇİNDEKİLER

Önsöz: Hayvanat Bahçesine Bir Gezi	1
1 Yaşayan Adalar	7
2 Bakmayı Akıl Edenler	31
3 Vücutu Biçimlendirenler	55
4 Hüküm ve Koşullar Uygun	89
5 Hastalıkta Ve Sağlıkta	119
6 Uzun Vals	165
7 Karşılıklı Garantilenen Başarı	191
8 Mi Majör Allegro	219
9 Alakart Mikroplar	241
10 Yarının Dünyası	287
Teşekkür	303
Görseller	307
Notlar	309
Kaynakça	343
Dizin	387

ÖNSÖZ: HAYVANAT BAHÇESİNE BİR GEZİ

Baba kaçmıyor. Etrafına toplanmış heyecanlı çocuk kalabalığına rağmen soğukkanlılığını koruyor. Kaliforniya'nın yaz sıcağından rahatsız değil. Yüzüne, vücuduna, ellerine değen ucu pamuklu çubuklara aldırıyor. Güvenli ve rahat bir hayatı olduğundan etrafa karşı bu kayıtsızlığı son derece anlaşılır. San Diego Hayvanat Bahçesi'nde yaşıyor, dayanıklı bir zırhı var ve şu anda da bakıcısının beline sarılmış durumda. Baba, bir beyaz karınlı pangolin; karıncayiyenle çam kozalağı arası bir canlıya benzeyen, tek kelimeyle sevecen bir hayvan. Yaklaşık küçük bir kedi boyutlarında. Siyah gözleriyle mahzun bakıyor, yanaklarını çevreleyen kıllar, uzamış asi favorilere benziyor. Pembe yüzü, karıncalarla termitleri yalayıp yutmaya uyum sağlamış uzun bir burun ve dişsiz bir ağızla sonlanıyor. Tıknaz bacaklarının ucunda ağaç gövdelerine tutunup böcek yuvalarını deşmesini sağlayan uzun, kıvrık tırnaklı pençeleri; dallara (ya da dost bakıcılara) sarılmasını sağlayan uzun bir kuyruğu var.

Ama en ayırt edici özelliği pulları. Baş, gövdesi, bacakları ve kuyruğu birbiri üzerine binerek son derece koruyucu bir zırh oluşturan açık turuncu pullarla kaplı. Bu pullar tırnaklarınızla aynı maddeden, keratinden yapılmış. Gerçekten de büyük, cilalı ve pek fena kemirilmiş tırnaklara benziyorlar. Her biri vücuduna esnek ama sıkıca bağlı; elimi sırtında gezdirirken pullar inip kalkıyor. Ters yönde okşamaya kalksaydım

herhalde elim kesilirdi, zira pulların birçoğu keskin kenarlı. Baba'nın sadece yüzü, karnı ve pençelerinin altı korumasız; isterse bunları korumak için tortop olabilir. Türe ismini veren de bu özellik: Pangolin, Malay dilinde "tortop olan" anlamındaki *pengguling* sözcüğünden geliyor.

Baba, hayvanat bahçesinin elçi hayvanlarından, yani halka açık etkinliklere katılan son derece uysal ve iyi eğitilmiş bireylerinden biri. Bakıcılar onu sık sık kreşlere ve çocuk hastanelerine götürüp hastaları neşelendiriyor ve onlara sıra dışı hayvanlar hakkında bilgi veriyorlar. Ama bugün Baba'nın izin günü. Dünyanın en acayip kemeri gibi bakıcının göbeğine sarılmış otururken Rob Knight, yüzünün bir tarafını ucu pamuklu çubukla (eküvyon çubuğu) siliyor. "Bu, çocukluğumdan beri, sırf var olduğunu bilmekle bile meftunu olduğum türlerden biri," diyor.

Uzun boylu, ince yapılı, asker tıraşlı bir Yeni Zelandalı olan Knight, bir mikroskobik yaşam âlimi, bir gözle görünmeyen dünya erbabı. Bakteriler ve diğer mikroskobik organizmalar, yani mikroplar üzerinde çalışıyor; özellikle de hayvan vücudunun içinde ya da üzerinde yaşayanları onu büyülüyor. İnceleyebilmek için öncelikle mikropları toplaması gerekiyor. Kelebek koleksiyoncuları ağlar ve kavanozlar kullanır; Knight ise ucu pamuklu çubuğu tercih ediyor. Elinde ince bir çubukla uzanıp pamuğu Baba'nın burnuna birkaç saniye sürüyor; bu kadarcık süre bile pangolindeki bakterilerin pamuğa yapışması için yeterli. Milyonlarca değilse de binlerce mikroskobik hücre artık beyaz liflerin arasında. Knight pangoline rahatsızlık vermemek için nazik davranıyor. Baba istese de bu denli rahat görünmezdi. Bana öyle geliyor ki yanında bomba patlasa hafifçe kıpırdanmaktan başka tepki vermeyecek.

Baba sadece bir pangolin değil. Aynı zamanda bir yığın mikrop barındıran canlı. Bir kısmı içinde, çoğunlukla bağırsaklarında yaşıyor. Diğerleri ise yüzeyde, yüzünün, karnının, pençelerinin ve pullarının üzerinde. Knight çubuğunu her birine sırayla sürüyor. Kendi vücudundan da birden fazla kez

örnek almış çünkü o da kendi mikrop topluluklarına ev sahipliği yapıyor. Ben de öyleyim. Hayvanat bahçesindeki her hayvan öyle. Hatta bilim insanlarının kasten steril yetiştirdiği birkaç laboratuvar hayvanı dışında gezegendeki her yaratık öyle.

Hepimizin *mikrobiyota* ya da *mikrobiyom* olarak bilinen zengin bir mikroskobik hayvanat bahçesi var.¹ Bu canlılar vücudumuzun yüzeyinde veya içinde, hatta bazen hücrelerimizde yaşarlar. Büyük çoğunluğu bakterilerden oluşur ama mantarları (mesela mayalar) ve daha sonra karşılaşacağımız gizemli bir grup olan arkeler gibi başka minik organizmaları da içerirler. Vücudumuzda ayrıca, diğer mikropları ve zaman zaman da konakçının hücrelerini enfekte eden sayısız virüsten oluşan bir *virom* bulunur. Bu minicik canlıların hiçbirini göremeyiz. Ama hücrelerimiz birdenbire kayboluverecek olsalardı, belki de yiten hayvan nüvemizin dış hatlarını belirten hayaletvari bir mikrop ışıltısı şeklinde fark edilebilirlerdi.²

Bazı durumlarda, eksik hücreler dikkati çekmez bile. En basit yapılı hayvanlar arasında yer alan süngerlerin durağan gövdeleri ancak birkaç hücre kalınlığında olup çok iyi gelişen bir mikrobiyom barındırır.³ Bazen bir süngere mikroskopla baktığımızda, üzerini örten mikroplardan hayvanın kendisini zor görürsünüz. Daha da basit yapılı plakozoa vıcık vıcık bir hücre tabakasından fazlası değildir; amibe benzemekle birlikte aslında onlar da bizim gibi hayvandır, onların da mikrop ortakları vardır. Karıncalar sayıları milyonları aşabilen koloniler halinde yaşarlar ama her bir karınca kendi başına bir kolonidir aynı zamanda. Uçsuz bucaksız buzdan başka hiçbir şeyin olmadığı Kuzey Kutbu'nda yalnız gezen bir kutup ayısı, dört bir yandan kuşatılmıştır. Hint kazları Himalayalar'ın üzerinden mikrop taşıırken, denizfilleri mikropları okyanusların derinliklerine götürür. Neil Armstrong ile Buzz Aldrin Ay'a ayak bastıklarında, mikroplar için de dev adımlar atıyorlardı.

Orson Welles “Yalnız doğar, yalnız yaşar, yalnız ölürüz,” derken yanılıyordu. Tek başınayken bile asla yalnız değiliz. Bir arada yaşayan farklı organizmalar için kullanılan mükemmel

bir terim olan simbiyoz halinde yaşarız. Bazı hayvanlar henüz döllememiş yumurta halindeyken bile mikroplar tarafından kolonize edilmiştir; diğerleri ilk ortaklarını doğum sırasında alır. Sonrasında da hayatımız onlarla birlikte devam eder. Biz yerken onlar da yer. Biz gezerken onlar da eşlik eder. Biz ölüncce, bedenimizi yiyip bitirirler. Hepimiz kendince birer hayvanat bahçesi, tek bir bedenle kuşatılmış birer koloniyiz. Birçok türden oluşmuş kolektif yapılarız. Koca bir dünyayız.

Biz insanlar küresel bir tür olduğumuzdan, bu kavramları anlamamız özellikle zor olabilir. Her yere sınırsız erişebiliriz. Mavi bilyenin her köşesine yayıldık, hatta bazılarımız dışına çıktık. Bağırsaklardaki ya da tek bir hücredeki var oluşlar üzerine düşünüp taşınmak veya vücudumuzun bölümlerini inişli çıkışlı araziler gibi düşünmek tuhaf gelebilir. Ama kesinlikle öyledir. Dünya çeşitli ekosistemler içerir: her biri kendine has tür toplulukları barındıran yağmur ormanları, çayırlar, mercan resifleri, çöller, tuzlu bataklıklar. Lakin tek bir hayvan da ekosistemlerle doludur. Cilt, ağız, bağırsaklar, üreme organları, dış dünyayla bağlantısı olan herhangi bir organ; her birinin kendi karakteristik mikrop toplulukları vardır.⁴ Çevre bilimcilerin, uydular aracılığıyla gördüğümüz kıtasal ölçekteki ekosistemleri tarif etmek için kullandığı kavramların hepsi, mikroskopla baktığımızda vücudumuzda gördüğümüz ekosistemler için de geçerlidir. Mikrop türlerinin çeşitliliğinden söz edebiliriz. Farklı organizmaların birbirini yediği ve beslediği besin ağları çizebiliriz. Buldukları ortam üzerinde gösterdikleri orantısız etkiden ötürü susamuru ya da kurtların eşdeğeri olan temel taşı mikropları ayırt edebiliriz. Hastalığa yol açan patojen mikroplara, dev karakurbağaları ya da ateş karıncaları benzeri istilacı canlılar muamelesi yapabiliriz. İltihabi bağırsak hastalığı olan bir kişinin bağırsağını, ölmek üzere olan bir mercan resifiyle veya nadasa bırakılmış tarlayla kıyaslayabiliriz: sonuçta hepsi, organizmaların dengesinin bozulduğu, yıpranmış ekosistemlerdir.

Bu benzerlikler, bir termite, süngere ya da fareye bakarken kendimize de bakıyor olduğumuz anlamını taşır. Bu canlıların mikropları bizimkinden farklı olabilir ama ittifaklarımızı aynı ilkeler yönetir. Işık yayan bakterileriyle sadece gece parıltıya bir mürekkepbalığı bize bağırsaklarımızdaki bakterilerin günlük gelgitleri hakkında bir şeyler söyleyebilir. Kirlilik ya da aşırı avlanma nedeniyle mikropları çıldıran bir mercan resifi, sağlıklı gıdalarla beslendiğimiz ya da antibiyotik aldığımız zaman bağırsaklarımızda ortaya çıkan hengâmeye dair ipuçları verebilir. Bağırsak mikroplarının etkisiyle davranışları değişen bir fare, kendi yoldaşlarımızın çaktırmadan zihnimize sızarak bizi nasıl etkilediğine dair bir şeyler gösterebilir. Yaşamlarımız inanılmaz farklı olduğu halde, mikroplar sayesinde dost canlılarla bir bütünlük içinde yaşadığımızı anlarız. Bu yaşamların hiçbiri yalıtılmış değildir; hep bir mikrobiyal bağlamda var olur ve ister büyük ister küçük olsun, türler arasında sürekli uzlaşmalar gerektirir. Mikroplar hayvanlar arasında, vücudumuz ile toprak, su, binalar ve diğer ortamlar arasında da hareket halindedir. Bizi birbirimize ve dünyaya bağlarlar.

Zoolojinin bütünü aslında ekolojidir. Mikroplarımızı ve onlarla olan simbiyozlarımızı anlamadan hayvanların yaşamını da anlayamayız. Mikrobiyomların diğer türlerin yaşamını nasıl etkileyip zenginleştirdiğini kavramadan kendi mikrobiyomumuzu da tam anlamıyla kavrayamayız. Bir yandan hayvanlar âleminin bütününe görmek için uzaktan, diğer yandan her canlıdaki gizli ekosistemleri görmek için yakından bakmamız gerekir. Kınkanatlılara ve fillere, denizkestanelerine ve toprak solucanlarına, anne babalarımıza ve arkadaşlarımıza baktığımızda, tek bir vücutta tek bir beyin tarafından yönlendirilen ve tek bir genomla işleyen bir hücre kümesi olarak hayatını sürdüren bireyler görürüz. Bu hoş bir kurgudan ibarettir. Aslında her birimiz birer orduyuz. Asla “ben” değil, her zaman “biz”iz. Orson Welles’i unutun, Walt Whitman’a kulak verin: “Büyüğüm ben, çokluklar var içimde.”⁵

1. YAŞAYAN ADALAR

Dünya 4,54 milyar yaşında. İnsan havsalasının alamayacağı kadar uzun bir zaman bu; öyleyse gelin, gezegenimizin tarihçesini tek bir takvim yılına sığdıralım.¹ Tam şu anda, siz bu sayfayı okurken tarih 31 Aralık, gece yarısından hemen öncesi. (Neyse ki havai fişekler dokuz saniye önce keşfedildi.) İnsan türü hepi topu taş çatlasa 30 dakika önce ortaya çıktı. 26 Aralık akşamına dek dünyanın hâkimi dinozorlardı ama sonra bir asteroit gezegene çarptı ve –kuşlar dışında– dinozorların soyu tükendi. Çiçekler ve memeliler Aralık ayının başlarında ortaya çıkmıştı. Kasım’da bitkiler karalara yayılmış, denizlerde belli başlı hayvan grupları ortaya çıkmıştı. Bitkiler ve hayvanlar çok sayıda hücreden meydana gelir ve benzer çokhücreli organizmalar Ekim başında gelişmişti. Bu tarihten önce de ortaya çıkmış olabilirler (fosillerden elde edilen bulgular bu konuda kesin bilgi vermeyip yoruma açıktır) ancak o dönemde sayıca çok daha az olmaları gerekir. Ekim’den önce gezegende yaşayan hemen her canlı tekhücreliydi. Gözler gelişmiş olsaydı bile, hiçbirini çıplak gözle görmek mümkün olmazdı. Yaşamın ilk kez ortaya çıktığı Mart ayından o güne dek bütün canlılar tekhücreliydi.

Bir kez daha altını çizelim: Aşına olduğumuz, gözle görülebilir bütün organizmalar, “doğa” dediğimizde aklımıza gelen her şey, yaşam öyküsüne sonradan katılanlardır. Onlar son perdenin oyuncularındı. Hikâyenin büyük bölümünde Dünya’da yaşayan tek canlı grubu mikroplardı. Varsayımsal takvimimizde Mart’tan Ekim’e kadar gezegenimizin tek hâkimi onlardı.

Bu süreçte mikroplar Dünya'yı geri dönüşsüz biçimde değiştirdiler. Bakteriler toprağı zenginleştirir, çevre kirliliğine yol açan maddeleri parçalar. Karbon, azot, kükürt ve fosfor elementlerini hayvanların ve bitkilerin kullanabileceğı bileşiklere dönüştürdükten sonra organik bedenleri ayrıştırıp maddeleri toprağına geri döndürerek gezegende madde döngülerinin devamlılığını sağlarlar. Bakteriler fotosentezle kendi besinini üretebilen ilk canlılardı. Atık ürün olarak açığa çıkan oksijeni o denli büyük miktarlarda dışarı verdiler ki gezegenimizin atmosferini kalıcı olarak değiştirdiler. Oksijenli bir dünyada yaşıyor olmamızı onlara borçluyuz. Şimdi bile okyanuslardaki fotosentetik bakteriler aldığınız her soluktaki oksijenin yarısını üretmekte ve bir o kadar karbondioksidi de tutmaktadır.² Yaşadığımız çağ Antroposen olarak adlandırılıyor: insanların gezegen üzerinde inanılmaz ölçüde etki gösterdiği yeni bir jeolojik dönem. Hâlâ Mikrobiosen çağında, yaşamın ortaya çıkmasıyla birlikte başlayan ve sona ermesine dek devam edecek olan dönemde yaşadığımızı da iddia edebilirsiniz.

Mikroplar gerçekten de her yerdedir. Okyanusun en derin çukurlarındaki suda ve onun altındaki kayalarda bile yaşarlar. Püsküren hidrotermal bacalarda, kaynarcaların sıcak sularında, Antarktika buzullarında bile hayatta kalırlar. Yağmur ve kar çekirdeğı görevi gördükleri bulutlarda bile bulunabilirler. Astronomik sayılardadırlar. Aslına bakılırsa astronomik sayıları bile aşarlar: Bağırsaklarımızdaki bakterilerin sayısı, galaksimizdeki yıldızların sayısından fazladır.³

Hayvanların ilk ortaya çıktığı ortam, mikropların sarıp sarmaladığı ve dönüştürdüğü dünya budur. Paleontolog Andrew Knoll'un bir zamanlar söylediğı gibi, "Hayvanlar evrimin kreması olabilir ama asıl pasta bakterilerdir."⁴ Onlar her zaman ekolojimizin bir parçası olagelmıştır. Bizler bakteriler arasında evrildik. Artı, *onlardan* evrildik. Hayvanlar, *ökaryot* denen ve bitkileri, mantarları, algleri de içeren bir organizma grubunda yer alır. Aşıkâr çeşitliliğimize rağmen bütün ökar-yotlar, diğer yaşam biçimlerinden ayrılmalarını sağlayan, aynı

temel mimariye sahip hücrelerden oluşmuştur. Bu hücrelerde DNA'nın hemen hepsi merkezi bir çekirdekte, gruba adını veren ("ökaryot" Yunancada "gerçek çekirdek" anlamına gelir) yapıda paketlenmiş halde bulunur. Ökaryotların hücreye yapısal destek sağlayan ve molekülleri hücre içinde bir yerden başka bir yere taşıyan bir iç "iskelet"i vardır. Ayrıca hücrelere enerji sağlayan santraller olan, fasulye biçimli mitokondrilere sahiptirler.

Bütün ökaryotlar bu özellikleri paylaşır çünkü hepimiz iki milyar yıl öncesinde yaşamış aynı atadan geliyoruz. O noktaya kadar Dünya üzerindeki yaşamı iki ana *alana* ayırmak mümkündü: hepimizin zaten bildiği bakteriler ve daha az aşına olduğumuz, yaşamla pek bağdaşmayan uç ortamları kolonize etme eğilimi gösteren arkeler. Her iki grup da ökaryotların sahip olduğu karmaşık yapıdan yoksun tekhücreli canlılardı. Bir iç iskeletleri yoktu. Çekirdekleri yoktu. Az sonra göreceğiniz nedenlerden ötürü enerji üreten mitokondrileri yoktu. Ayrıca yüzeysel açıdan benzer görünüyorlardı; bu yüzden bilim insanları başlangıçta arkelerin bakteriyi *olduğuna* inanıyorlardı. Ama dış görünüş yanıltıcıdır; biyokimyasal açıdan arkeler ile bakteriler arasında, işletim sistemi açısından PC'ler ile Mac'ler arasında olduğu kadar büyük fark vardır.

Yeryüzünde yaşamın kabaca ilk 2,5 milyar yılı boyunca bakteriler ve arkeler büyük ölçüde ayrı bir evrimsel gelişim izlediler. Derken kader ağlarını ördü ve bir bakteri bir arke ile birleşerek bağımsız yaşama özgürlüğünü kaybedip sonsuzluk dek yeni ev sahibinin içinde kısıllı kaldı. Pek çok bilim insanı ökaryotların bu şekilde ortaya çıktığını düşünüyor. İşte bizim yaratılış öykümüz: yaşamın gelmiş geçmiş simbiyozların en büyüğünde, iki ana alanın birleşerek bir üçüncüsünü yaratması. Arke, ökaryot hücrenin ana gövdesini oluştururken bakteri zamanla mitokondriye dönüşmüştür.⁵

Bütün ökaryotlar bu birleşmenin meyvesidir. Genomlarımızdaki pek çok genin hâlâ arke özelliği taşıması ve diğerlerinin bakteri genomunu andırması bundandır. Hepimizin

hücrelerinde mitokondrilerin bulunmasının nedeni de budur. Bu evcilleşmiş bakteriler her şeyi değiştirdiler. Ek bir enerji kaynağı sağlayarak ökaryot hücrelerin daha da büyümesini, daha fazla gen biriktirmesini ve daha karmaşık hale gelmesini sağladılar. Bu durum Nick Lane'in "biyolojinin kalbindeki kara delik" olarak adlandırdığı durumu açıklar. Basit bakteri ve arke hücreleri ile daha karmaşık ökaryotlar arasında çok büyük bir boşluk vardır ve yaşam bu boşluğu dört milyar yılda sadece bir kere aşmayı başarmıştır. O zamandan bu yana yeryüzünde, hepsi de son sürat evrimleşen sayısız bakteri ve arke bir daha asla bir ökaryot oluşturmayı başaramamıştır. Bu nasıl olabilir? Gözlerden tutun zırlara ve çokhücreli bedenlere varan diğer karmaşık yapılar pek çok birbirinden bağımsız durum ve zamanda evrimleşmiştir, oysa ökaryot hücre tek sefere mahsus bir yeniliktir. Lane ve başka bilim insanlarının da iddia ettiği gibi, bunun nedeni, arke ile bakterinin birleşmesi sonucu meydana gelen yapının akıllara durgunluk verecek derecede imkânsız olmasıdır, öyle ki eşi benzeri –en azından başarılı denebilecek şekilde– bir kez daha yapılamamıştır. Birbiriyle birleşen o iki mikrop imkânsız başarılar bütünü bitkilerin, hayvanların, gözle görülebilir –hatta gözü olan– her şeyin varlığını olanaklı kılmıştır. Varsam ve bu kitabı yazıyorsam, varsanız ve bu kitabı okuyorsanız sebebi onlardır. Bu birleşme, varsayımsal takvimimizde Temmuz'un ortalarına denk gelir. Bu kitap, daha sonra neler olduğuyla ilgili.

Evrildikten sonra ökaryot hücrelerin bazıları işbirliği yapmaya başlamış ve kümeler oluşturarak, bitkiler ve hayvanlar gibi çokhücreli canlıları meydana getirmiştir. Canlılar ilk kez büyük boyutlara ulaşmış, hatta o kadar büyümüşlerdir ki vücutlarında bakteri ve başka mikroplardan oluşan devasa kolonilere ev sahipliği yapabilişlerdir.⁶ Bu tür mikropları saymak zordur. Yaygın olarak kabul edilen görüş, ortalama bir insanda, insan hücresi başına on mikrop hücresi bulunduğu ki bu bizi yuvarlama yanılığına götürür. Ancak kitaplarda, dergilerde,

TED konuşmalarında ve bu alandaki hemen her bilimsel yazıda karşımıza çıkan 1:10 oranı, ne yazık ki gerçekmiş gibi kabul gören çok kaba bir hesaptır.⁷ Son tahminler vücudumuzda 30 trilyon civarında insan hücresi ve 39 trilyon kadar da mikrop hücresi bulunduğunu düşündürmekte; yani hesap kabaca yarı yarıyadır. Bu sayılar bile kesin değil ama bunun bir önemi yok zaten; her halükârda çokluklar var içimizde.

Eğer cildimize yeterince yakından bakarsak onları görürüz: her biri bir metrenin birkaç milyonda biri boyutlarında küresel boncuklar, sosise benzer çubuklar, virgül biçimli olanlar. O kadar küçüktürler ki onca kalabalık olmalarına rağmen toplam ağırlıkları bir iki kiloyu geçmez. Bir düzine ya da daha fazlası yan yana gelse insan saçının kalınlığı kadar bile etmez. Bir milyon tanesi bir topluğunun başında dans edebilir.

Bu minyatür organizmaları mikroskopsuz göremeyiz. Sadece etkilerini, özellikle de olumsuz etkilerini fark ederiz. İltihaplanmış bağırsakların yol açtığı ağrılı krampı hissedebilir, hapşırığın sesini duyabiliriz. *Mycobacterium tuberculosis* bakterisini çıplak gözle göremesek de bir tüberküloz hastasının kan tükürdüğünü görebiliriz. Bir başka bakteri olan *Yersinia pestis* de gözle görülemez ama neden olduğu veba salgını fazlasıyla aşikârdır. Hastalık yapan, patojen dediğimiz bu mikroplar insanları tarih boyu travmatize etmiş ve süregelen kültürel bir iz bırakmıştır. Çoğumuz hâlâ mikroplara salgın hastalıklara yol açan ve ne pahasına olursa olsun kaçınılması gereken birer illet gözüyle bakmaktayız. Gazeteler düzenli olarak yayımladıkları dehşet öyküleriyle konuyu gündemde tutar: Klavyeden cep telefonlarına ve kapı tokmaklarına, günlük hayatta kullandığımız eşyalar –eyvah eyvah!– bakterilerle kaplıdır. Hatta klozet kapaklarındakilerden bile daha çok! Bu tür haberlerin verdiği izlenim, mikropların oraya buraya bulaştığı, kir, pislik ve kaçınılmaz hastalığın işareti olduğu yönündedir. Oysa bu, büyük ölçüde haksız bir klişedir. Mikropların çoğu patojen değildir. Bizi hasta etmezler. İnsanlarda hastalık etkeni olan bakteri türlerinin sayısı 100'ü geçmez;⁸ hatta tam

tersine, bağırsaklarımızdaki binlerce tür tamamen zararsızdır. En kötü ihtimalle birer yolcu ya da otostopçudurlar. En iyi ihtimalle vücudumuzun paha biçilmez parçası, yaşamın azraili değil, bekçisidirler. Mide ya da göz kadar önemli ama tek bir birleşik kütle gibi değil de trilyonlarca bireysel hücreden oluşmuş, gizli bir organ gibi davranırlar.

Mikrobiyom, vücudumuzun aşına olduğumuz diğer bütün bölümlerinden çok ama çok daha beceriklidir. Hücreleriniz 20.000-25.000 civarında gen taşır, oysa içinizdeki mikroplar tahminen bunun 500 katı fazla gen kullanıyor.⁹ Bu genetik zenginliğin hızlı evrimle bir araya gelmesi mikropları, biyokimyanın, herhangi bir zorluk karşısında uyum sağlayabilen virtü-özleri haline getirir. Gıdaları sindirmemizi sağlar, başka türlü erişemeyeceğimiz besin maddelerini açığa çıkarırlar. Diyetimizde eksik olan vitamin ve mineralleri üretirler. Toksinleri ve tehlikeli kimyasalları parçalarlar. Daha tehlikeli mikropları ortamda barındırmayarak ya da antimikrobiyal maddelerle doğrudan öldürerek bizi hastalıktan korurlar. Kokumuzu etkileyen bazı maddeler üretirler. Varlıkları bizim için o denli vazgeçilmezdir ki yaşamımızın şaşırtıcı derecede önemli yönleriyle ilgili işlevlerini onlara devretmişizdir. Organlarımızın gelişimini yönlendiren moleküller ve sinyallerle vücudumuzun yapılanmasına kılavuzluk ederler. Dostu düşmanı nasıl ayırt edeceğini öğreterek bağışıklık sistemimizi eğitirler. Sinir sisteminin gelişimini, hatta belki de davranışlarımızı etkilerler. Yaşamımıza çok derin ve geniş kapsamlı katkıları vardır; biyolojimizde ellerinin değmediği tek bir yer bile yoktur. Onları göz ardı etmek, hayata anahtar deliğinden bakmak demektir.

Bu kitap kapıyı ardına kadar açacak. Vücudumuzdaki akıl almaz evreni inceleyeceğiz. Mikroplarla kurduğumuz ittifakın kökenlerini, vücudumuza biçim verip günlük hayatımızı şekillendirirken kullandıkları beklenmedik yollarla onları hizada tutmak ve bu dostane ortaklığın sürekliliğini sağlamak için başvurduğumuz numaraları öğreneceğiz. Bu ortaklığı bilmeden nasıl bozduğumuza ve böylece sağlığımızı nasıl tehlikeye

attığımızı bakacağız. Mikrobiyomu yararıma olacak şekilde değiştirerek bu sorunları nasıl tersine çevirebileceğimizi göreceğiz. Hor görülmelerine, ciddiye alınmamasına ve başarısızlığa rağmen hayatını mikropların dünyasını anlamaya adanmış yaratıcı, azimli, coşkulu bilim insanlarının öykülerini dinleyeceğiz.

Sadece insanlara da odaklanmayacağız.¹⁰ Mikropların hayvanlara olağanüstü güçleri, evrimsel fırsatları, hatta kendi genlerini nasıl bahsettiğini göreceğiz. Kazmayı andıran profilden görünüşü ve kaplan renkleriyle ibibik kuşu, yumurtalarını kuyruğunun altındaki bezden salgıladığı bakteri zengini bir sıvıyla sıvar; bu bakteriler tehlikeli mikropların yumurtaların içine girerek civcivlere zarar vermesini önleyen antibiyotikler üretir. Yaprak kesen karıncaların da vücudunda antibiyotik üreten mikroplar bulunur; karıncalar bunları toprakaltı bahçelerinde yetiştirdikleri mantarları dezenfekte etmek için kullanır. Şişebilen, dikenli kirpibalığı, kendisini yemeye çalışan herhangi bir yırtıcı için ölümcül derecede zehirli bir madde olan tetrodoksin üretmek için bakterileri kullanır. Önemli bir tarım zararlısı olan Colorado patatesböceği, tükürüğündeki bakterileri kullanarak yediği bitkilerin savunmasını baskılar. Zebra gibi çizgileri olan kardinalbalıkları, vücutlarında yaşayan ışık yayan bakterileri, avlarını cezbetmek için kullanır. Ürkütücü çeneleriyle karınca aslanı, kurbanını tükürüğündeki bakterilerin ürettiği toksinlerle felç eden yırtıcı bir böcektir. Bazı nematodlar (yuvarlaksolucanlar) vücutlarındaki ışıldayan zehirli bakterileri kusarak böcekleri öldürürler;¹¹ diğerleri mikroplardan çaldıkları genleri kullanarak bitki hücrelerinde oyuk açtıkları için büyük zirai kayıplara neden olurlar.

Mikroplarla ittifakımız hayvan evriminin seyrini defalarca değiştirmiş, etrafımızdaki dünyayı dönüştürmüştür. Bu ortaklıkların önemini kavramanın en kolay yolu, bozulduklarında neler olacağını düşündürmektir. Diyelim ki gezegendeki bütün mikroplar ansızın kayboluverdi. İyi tarafı, bulaşıcı hastalıklar tarihe gömülür, pek çok zararlı haşere hayatını devam

ettiremez. Ama iyi haberler burada bitiyor. İnek, koyun, antilop, geyik gibi otlayan memeliler, yedikleri bitkilerdeki sert lifleri parçalayabilmek için bütünüyle bağırsaklarındaki mikroplara bağımlı oldukları için açlıktan ölürlür. Afrika çayırlarındaki büyük sürüler ortadan kalkar. Termitlerin sindirimi de benzer şekilde mikropların hizmetine bağımlı olduğundan, termitler ve termitlerle beslenen ya da tümsek yuvalarını sığınak olarak kullanan daha büyük hayvanlar da yok olur. Yaprakbitleri, ağustosböcekleri ve bitkilerin öz suyunu emen diğer böcekler, diyetlerindeki eksik besin maddelerini temin eden bakteriler olmadan yaşayamazlar. Okyanusların derinliklerinde yaşayan solucanlar, kabuklular ve pek çok diğer hayvan enerji üretiminde bakterilere bağımlıdır. Mikroplar olmazsa onlar da ölür ve derinlerdeki bu karanlık dünyada besin ağları bütünüyle çöker. Daha sığ okyanuslar durumu biraz daha idare eder. Mikroskobik algelere ve şaşırtıcı çeşitlilikteki bakterilere bağımlı mercanlar zayıf düşer, kırılmanlaşır. Görkemli resiflerin rengi solar, aşınır ve destekledikleri yaşamın bütünü bundan nasibini alır.

Ne gariptir ki insanlarda sorun çıkmaz. Mikropsuz hayatın çabucak ölüm anlamına geldiği diğer hayvanlardan farklı olarak bizler, haftalar, aylar, hatta yıllar boyu idare ederiz. Sağlığımız eninde sonunda etkilenebilir ama asıl daha endişe verici sorunlarla boğuşuruz. Çürümenin şahı mikroplar olmadığı için çöpler hızla birikir. Otlayan diğer hayvanlarla birlikte büyük ve küçükbaş çiftlik hayvanlarımızın da sonu gelir. Keza tarım ürünlerinin de; bitkilere azot sağlayan mikroplar olmadan Dünya, yeşilini kaybettiği bir felakete sürüklenir. (Bu kitapta hayvanlara odaklandığımız için botanik tutkunlarından içtenlikle özür diliyorum.) Mikrobiyolog Jack Gilbert ve Josh Neufeld, bu düşünce deneyinin sonucunda “Besin zincirinde feci bir kırılma nedeniyle sadece bir iki yıl içinde tam bir toplumsal çöküş yaşanacağını öngörüyoruz,” diye yazmışlardır.¹² “Dünya’daki türlerin çoğunun soyu tükenecek, dayanabilen türlerin nüfusuyusa büyük oranda azalacaktır.”