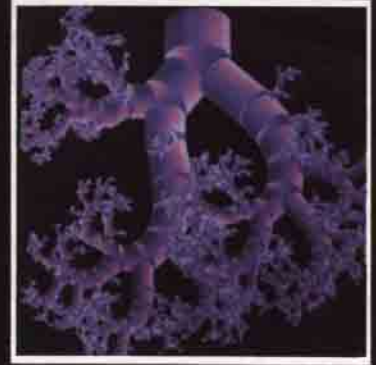


KAOS: DÜZENSİZLİĞİN DÜZENİ



Yüzyıllar boyu bilim adamları, evrenin açıklanması en kolay yönlerini araştırdılar. Bilinmeyenlerin gün geçtikçe azaldığı, yüksek matematik ve bilgisayarın hemen her bilim dalında vazgeçilmez hale geldiği günümüzde ise, bu modern araçlar kullanılarak artık karmaşıklığın ve "zor" olanın peşine düşüldü. Amaç ise kaostaki düzeni bulmaktır.



Akciğerin hava yolları (solda), bilgisayar tarafından çizilmiş karmaşık resme (üstte) çok benziyor. Bronşlar, gittikçe dallara ayrılan bir ağacı andırıyor ve değişik boyutlarda alınan parçalar ortak bir şekil gösteriyor.

Gürkan ÖZTÜRK

Pek çoğumuz, bir ırmak kenarına oturup akıntıyla sürüklenen bir çöp parçasının ya da kuru bir yaprağın maceralı yolculuğunu seyretmişizdir. Küçük bir girdaba yakalanarak dönmeye başlayan ve sonra buradan kurtularak tekrar akıntıya kapılan yaprağın, birkaç saniye sonraki konumunu tahmin ede-

bilmek gerçekten de çok güçtür. Çünkü yaprağın karşılaşacağı en küçük bir kuvvet, hafif bir rüzgâr, dip-te yüzen bir balığın oluşturduğu küçücük bir dalga ve akla gelmeyecek daha bir sürü etken yaprağın rotasının belirlenmesinde rol oynayacaktır. Küçücük değişiklikler, daha büyük değişikliklere yol açabilir; işte kaosun özünde yatan gerçek budur.

Kaosu her yerde, hatta evinizde bile görebilirsiniz. Damlayan bir banyo musluğunun damlaları arasında düzenli bir uyum vardır. Oysaki musluğu hafifçe çevirdiğinizde, bu düzen, yerini değişken bir tempoya bırakır. Musluğu biraz daha açarsanız, artık düzenden bahsedemezsiniz; çünkü artık suyun akışına kaos hakimdir.

Kaos, sürekli bir kararsızlık durumudur. Kaotik hareket, evrende görülen dev boyutlu, fakat düzenli kozmosla çatışmaktadır. İnsanlar, eskiden beri gece ve gündüz, yıldızların hareketleri ve mevsimlerin akışındaki ahenkle yakından ilgilenmişlerdir. Yaklaşık üç yüz yıl önce, Newton, bunu, dünyanın ve diğer gezegenlerin çok düzenli bir harekete sahip olmasıyla açıklamış, hareket ve yerçekimi ile ilgili ünlü kanunlarını bu ahengi açıklamada kullanmıştır. Newton'a göre, geçmiş ve gelecek zamanlardaki bu düzeni belirleyen, Güneş'in ve gezegenlerin şu andaki konum ve hızlarıdır. Böyle deterministik bir şekilde, yani geleceği geçmişin belirlediği fikrinden yola çıkan pek çok bilim adamı, gerçekten de evrende aradıkları düzeni bulmuşlardır. Fakat evrende, bir de bilimsel olarak yaklaşılması hiç de bu kadar kolay olmayan "düzensizlik" vardır ve bunun da araştırılması zorunludur.

Düzensizliği araştıranlardan biri Laplace'dir. Temel olarak Newton kanunlarını benimseyen Laplace, düzensizlik ve olasılık teorilerinin kurulmasında büyük rol oynamıştır. Bireysel olarak tek tek tahmin edilemeye bile, pek çok olay ortak özellikler göstermektedir. İstatistik bilimine de büyük kaynak oluşturan bu gerçek, bugün sağlık alanından siyasete kadar pek çok sahada kullanılmaktadır. Örneğin günümüzde AIDS hakkında çok detaylı bilgilerimiz olmasa bile, bu hastalığın yayılması hakkında isabetli tahminler yapmak hiç de zor değildir.

Böylece 19. yüzyılda iki görüş ortaya çıkmıştır. Birincisi deterministik görüş, yani, geleceğin geçmiş tarafından belirlenmesi; ikincisi ise olasılık teorisi, yani geleceğin ihtimallerle belirlenmesi.

1930 yıllarında kaos ve kuantum üzerinde yapılan araştırmalar, bu iki teorisinin de tek başına yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Bugün, "determinis-



Kaos güzeldir... Rastgele hareket eden noktalar sonuçta bu ilginç şekli ortaya çıkarmış.

tik kaos" diyebileceğimiz bir kavram, determinizm ve olasılığı birleştirmiştir. Kaosun herhangi bir olaydaki kurallarını sezebilmek, bize, sürüklenen bir yaprağın, bozuk bir kalp ritminin veya damlayan bir musluğun davranışını anlamakta oldukça yardımcı olmaktadır.

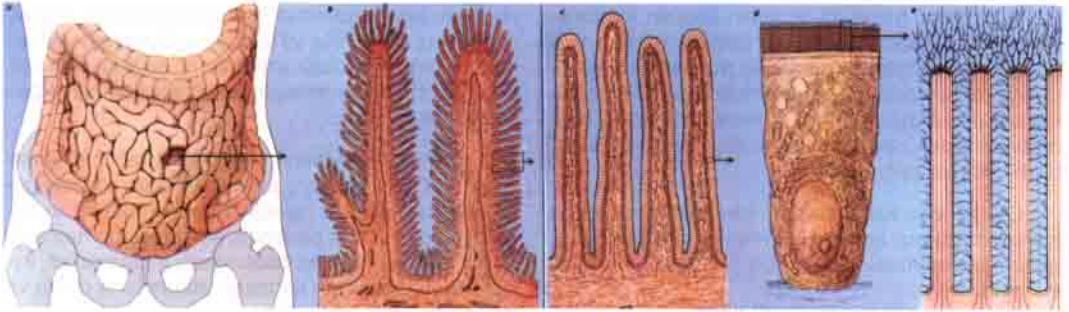
KAOS VE DİĞER BİLİMLER

Günümüzde gök bilimciler, galaksilerdeki yıldızların, gezegenlerin, uyduların ve kuyruklu yıldızların hareketlerini incelemekte kaostan yararlanmaktadır.

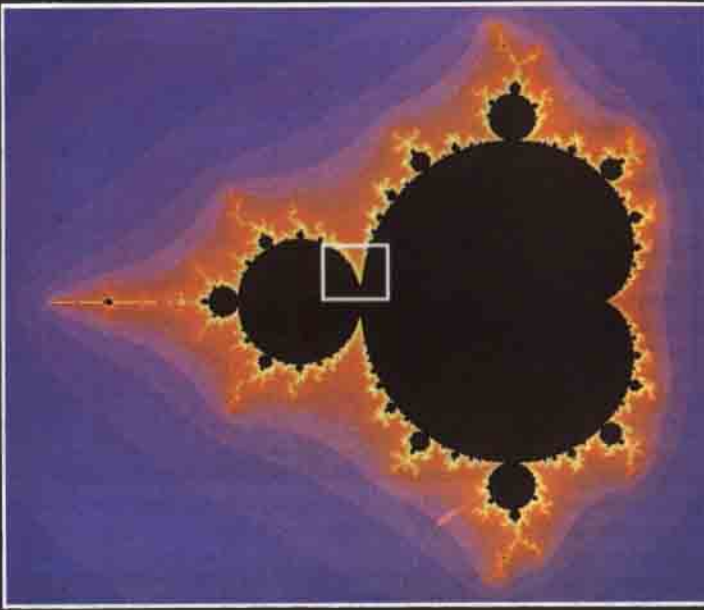
Biyologlar, kaosu değişen kuş ve böcek popülasyonlarını incelemekte, salgın hastalıkların tahmininde, hücre metabolizmasının anlaşılmasında ve daha pek çok değişik alanda kullanılmaktadırlar.

Fizikçiler, elektronların atom, atomların molekül ve moleküllerin gazlar içindeki hareketlerini kaosa başvurarak açıklıyorlar.

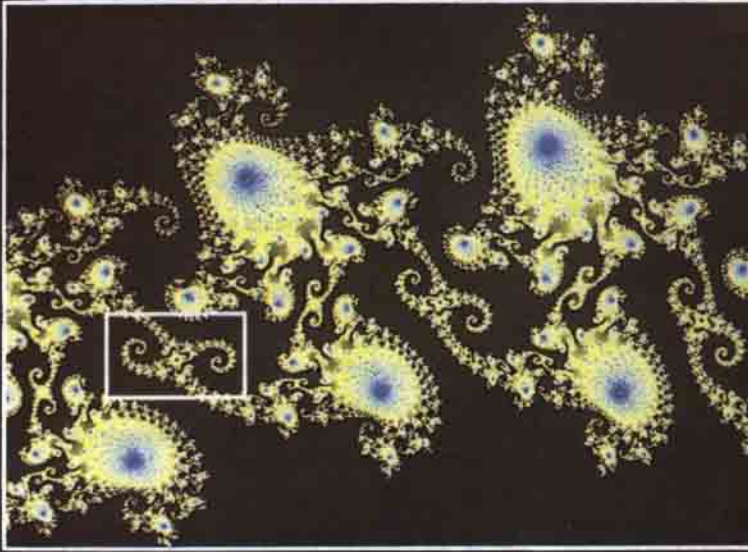
Mühendisler de kaosu göz önünde tutmak zorundalar; çünkü kaos, bir elektrik devresinin tasarısından, bir parçacık hızlandırıcısının yalıtımına kadar her şeye hakim olabilir.



Kendine benzeme, bir sisteme ait uzunluk ve zamanın değişik ölçülerinde alınan parçaların birbirine çok benzer şekillere sahip olmasıdır. Bir bağırsak farklı boyutlarda incelendiğinde, kendine benzeme olayı çok net olarak görülebilir.



Matematisel kaos, bilgisayar ekranında büyüğü görüntülere dönüşüyor: "Matematisel dizi" problemleri gelişmiş bilgisayarlarda görsel olarak çözümlendiğinde ortaya çıkan tablo, tamamen bir kaostur. Öte yandan, problemin gititikle küçülen kesitleri büyük boyutlara aktarıldığında karşımıza hep benzer motifler çıkmaktadır. Bu olay, karmakarışık matematisel problemlerin bile büyüleyici bir güzelliğe, daha doğrusu "düzensizliğin düzenine" sahip olduğunu göstermektedir.



Kaosun en güzel etkilerinden bazıları matematikte görülür. Çok basit gibi görülen bazı problemlerin karmaşık çözümleri, eskiden matematikçileri oldukça korkutmakta ve utandırmaktaydı. Fakat bilgisayara sahip olan günümüz matematikçileri, artık problemlerden zevk almaktadır. Gerçekten de kaos, bir bilgisayar çağı bilimidir.

Öte yandan kaos teorisini istediğiniz her yerde kullanamazsınız; örneğin Lübnan'daki politik kaos, eğitim sistemindeki kaos, bu tür teorilerle izah edilemez.

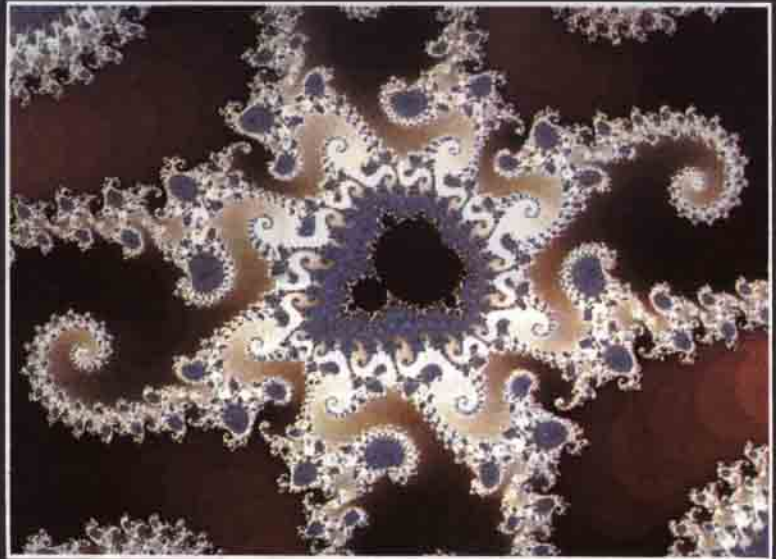
VÜCUDUMUZDAKI KAOS

Geleneksel tıbbi anlayışa göre, hastalık ve yaşlanma, vücudun sahip olduğu düzenin ve periyodik

ritimlerin bozulmasından kaynaklanmaktadır. Fakat, geçtiğimiz son birkaç yıl içinde yapılan araştırmalar, kalp ve diğer fizyolojik sistemlerin, sağlıklı iken çok daha karmaşık ve anlaşılmaz bir şekilde çalıştığını ortaya koymuştur.

Düzensizlik ve tahmin edilmemezlik sağlığın işaretçileridir. Diğer yandan, artan periyodik olaylar, genellikle hastalıklarla ilgilidir. Bundan yola çıkan bazı fizyologlar, artan periyodik davranışların hastalıkların gelişmesiyle olan bağlantısını incelemişler, ayrıca vücutta bulunan karmaşık sistemlerin önem ve faydalarını araştırmışlardır.

Karmaşık yapılar, genellikle, doğrusal olmayan kaotik olayların bir ürünüdür. Kaotik olaylar, gerçek-



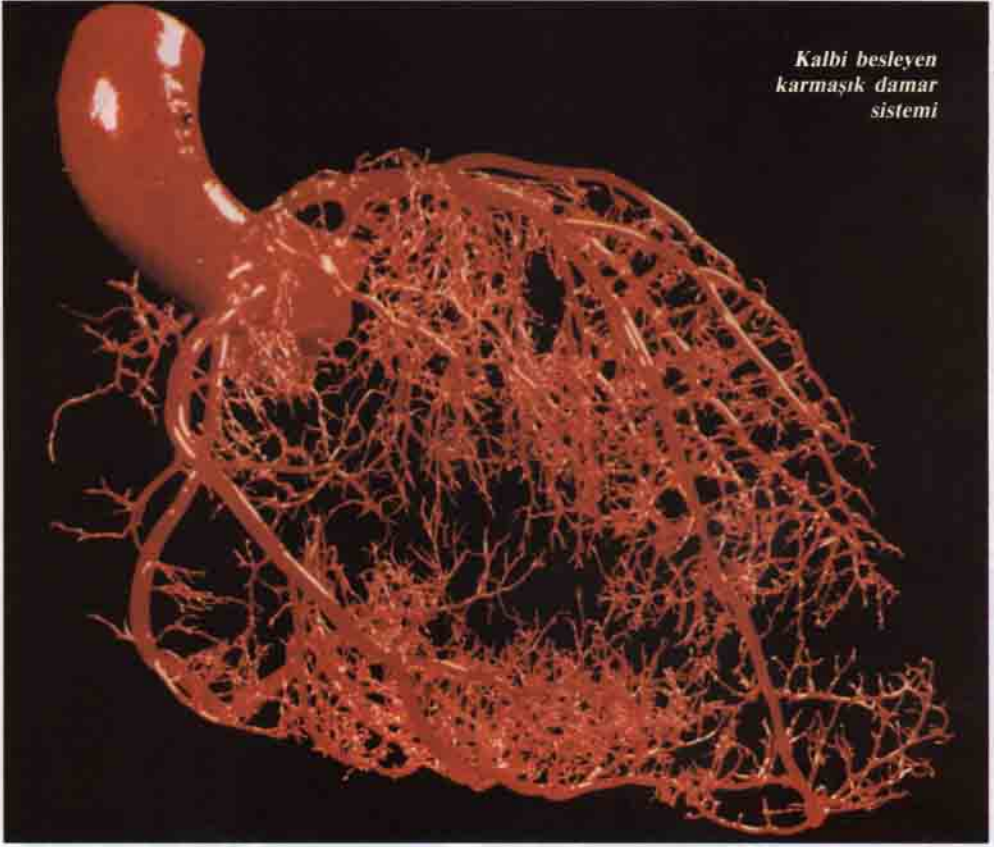
leştikleri çevreyi karmaşık bir yapıda şekillendirirler. Girintili çıkıntılı kıyı şeritleri, garip yer şekilleri ve kayalar, bunların güzel örnekleridir. Bu tarife uyan karmaşık yapılar, değişik boyut ve oryantasyonda olmasına rağmen hep aynı şekli muhafaza eden çok sayıda parçacıklardan oluşur. Örneğin, sinir hücreleri mikroskopta incelendiğinde, dentrit adı verilen karmaşık dallara sahip olduğu görülür. Daha yüksek bir büyütmeyle bakıldığında ise, bu dalların ucundan daha küçük dalların, bunların ucunda da daha başkalarının ayrıldığı görülür.

Karmaşık yapıların değişik seviyelerde sahip olduğu benzerlikler oldukça çarpıcıdır. Sinir hücresi dentritlerinin değişik büyütmelerde alınan fotoğraf-

ları kolay kolay birbirinden ayırt edilemez. Karmaşık yapıların bu ortak özelliğine "kendine benzeme" adı verilmektedir. Bu tür yapıların toplam uzunluğunu ölçmek hemen hemen imkânsiz olduğundan, boyutları hakkında kapladıkları hacimden söz edilir.

Vücudun pek çok organ sisteminde karmaşıklık hakimdir. Bu tür bazı karmaşık şebekeler, kalbin mekanik ve elektriksel olarak kusursuz çalışabilmesi için hayati önem taşır. Kalbi besleyen koroner damarlar, oldukça karışık bir yapıya sahiptir. Bu kalbin ihtiyaç duyduğu ilk karmaşık sistemdir. Söz konusu damarlardan birinde meydana gelecek bir tıkanma kalp krizine yol açacaktır. Washington Üniversitesi'nden Hans Van Beek ve James B. Bassingthwaighte, bu

*Kalbi besleyen
karmaşık damar
sistemi*



damarlardaki anormallikleri karmaşıklık geometrisinden faydalanarak açıklamaktadırlar. İkinci sistem ise kalp kapakçıklarını kaslara bağlayan özel bağ dokusudur ve oldukça karmaşık bir yapıdadır. Bu dokunun zedelenmesi, kanın karıncıklardan kulakçıklara geri dönmesine ve ileride kalp yetmezliğine yol açmaktadır.

Kalp için hayatî önem taşıyan son sistem ise His-Purkinje adı verilen, kalpte elektrik sinyallerini taşıyan özel dokudur. Bu sistem kalbin uyumlu ve ideal bir ritimde çalışması için vazgeçilmez bir etkidir.

Bu karmaşık anatomik yapılar, her ne kadar çok farklı gibi gözükse de, hepsinde görebileceğimiz bazı ortak özellikleri vardır. Örneğin, defalarca dallara ayrılmak, emilim (bağırsaklar), dağıtım ve toplama (damar, kanal ve bronşlar) ve bilgi işleme (sinir hücreleri) için gerekli olan yüzeyi defalarca arttırmaktadır. Karmaşık yapılar, düzensiz ve genellikle abartılı olmaları yüzünden zedelenmelere karşı daha dayanıklıdır. Örneğin His-Purkinje sistemine gelebilecek bir zarar, kalp fonksiyonlarındaki az bir bozuklukla atlatılabilir. Çünkü bu sistem, öylesine karmaşık bir şekilde yayılmıştır ki, tümünün birden iş görmez hale gelebilmesi için hasarın çok büyük olması gerekir.

Örneklerini gördüğümüz karmaşık sistemlerin hepsi, deterministik kaosun vücudumuzda bulunan

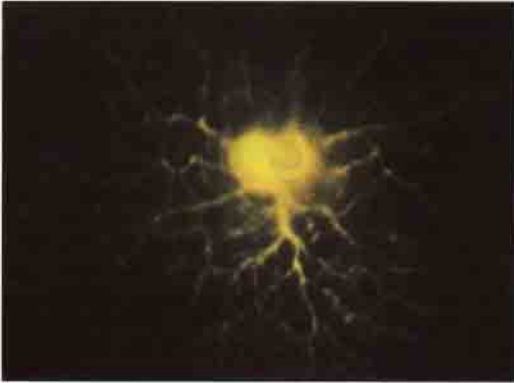
birer parçasıdır. 1980'lerin başında araştırmacılar kaos teorisini fizyolojik sistemlere uyguladıklarında, hasta ve yaşlılarda bu olaya daha sık rastlayacaklarını umuyorlardı. Aslında bu beklentileri sebepsiz de değildi; geleneksel tıp anlayışı bu yargıyı gerektiriyordu. Örneğin bir steteskopla sağlıklı bir kalbi dinlediğinizde oldukça düzgün bir ritim duyarsınız. Fakat daha detaylı analizler, kalp atışının dinlenirken bile oldukça değişken bir yapı gösterdiğini ortaya koymuştur. Sağlıklı bir yetişkinin kalp atışı dakikada 60 olup bu, zaman zaman 20 atışlık farklılık gösterebilmektedir. Gün boyu ise bu değer, 40 ile 180 arasında değişebilmektedir.

Geçtiğimiz elli yıldır doktorlar, kalp atışlarındaki değişimin vücudtaki dengeyi korumaya yönelik olduğunu, fizyolojik sistemlerin iç dengeyi korumaya çalıştığını düşünmüşlerdir. Buna göre, kalp atışındaki iniş çıkışlar, dış çevredeki değişikliklere bir tepkidir. Öte yandan hastalık ve yaşlılıkta insan bu denge mekanizmasını kısmen kaybetmektedir.

Fakat kalp fonksiyonları atım atım gün boyu incelenip bir tabloya işlendiğinde, daha değişik bir görüntü ortaya çıkmaktadır. Birkaç saatlik bir aralık incelendiğinde ise, bu daha kısa sürede de benzer iniş ve çıkışlara ve benzer bir grafik yapısına daha küçük boyutlarda rastlanmaktadır. Bu aralık daha fazla küçültüldükçe de aynı şekil karşımıza çıkmaktadır.



Coroner damarlar karmaşık dallanan bir yapı gösterirler. Büyük damarlardan küçükler onlardan da daha küçükler ayrılır.



Sinir hücresi karmaşık bir yapıya sahiptir. Hücre, etrafa ince dentritler salarken, dentritlerin her biri daha küçük kollara ayrılır. Bu yapı, sinir sistemindeki kaosa güzel bir örnek teşkil eder.

Bu bulgular, kalp atışını kontrol eden mekanizmanın kaotik bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, kalp atışı, dış ortamda bir değişiklik olmadan da iniş çıkışlar yapabilmektedir.

Sağlıklı bir kalpte bu atıştan atışa görülen kaos, muhtemelen sinir sisteminden kaynaklanmaktadır. Kalbe ritmini kazandıran sinüs nodu, otonomik sinir

sisteminden iki çeşit situmilasyon alır. Bunlardan biri parasempatik sinir sisteminden gelir ve kalp atışını yavaşlatan uyarılardır. İkincisi ise sempatik sinir sisteminin ritmi hızlandıran sinyalleridir. Bu iki etkinin devamlı olarak birbirinin zıttına çalışması sonucu kalp ritminde dalgalanmalar olmaktadır. Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar, kalp naklinden sonra otonomik sinirlerin kesilmesi sonucu atışlardaki bu dalgalanmaların oldukça azaldığını ortaya koymuştur.

Araştırmalar sonucu, merkezî sinir sisteminin diğer pek çok biriminde de kaos olayına rastlanmıştır. Sağlıklı kişilerin beyin grafileri incelenerek varılan bu neticelerin yanı sıra, hormonal etkinliğin de zaman içinde karmaşık bir seyir izlediği gözlenmiştir.

Pek çok patolojik durumda periyodik karakterin artıp, değişkenliğin azaldığı bilinmektedir. Kalbin en çok görülen ölüm şekillerinde, önce anormal fakat çok düzenli bir tempoya girdiği çekilen kalp grafilerinden anlaşılmıştır.

Benzer bir şekilde, parkinsonizm, epilepsi ve manik-depresif gibi hastalıklarda, beyin faaliyetlerinin daha bir tekdüzeleştiği ve değişkenliğin azaldığı kaydedilmiştir. Öte yandan, vücuttaki lökosit miktarı normalde kaotik bir şekilde değişirken, bazı lösemilerde bu sayının periyodik olarak dalgalandığı görülmüştür.

Öte yandan, hastalıkta rastlanılan periyodik yapı ve sağlıktaki kaotik davranış, bütün patolojilerin artan bir düzenlilikle alâkalı olduğunu göstermez. Örneğin bazı kalp rahatsızlıklarında artış o kadar düzensizdir ki, hasta çarpıntıdan şikâyet eder. Fakat bunlardan bazıları dikkatlice analiz edildiğinde, belli bir periyodik karakter taşıdıkları görülür. Bazılarında ise gerçekten bir karmaşa vardır. Fakat bu bozuklukların hiçbirinde varlığı sezilse bile doğrusal olmayan bir kaos gösterilememiştir.

Düzensizliğin nasıl olup da pratikte düzene temel oluşturduğunu evrimsel gelişimle izah etmeye çalışan bilim adamları, altından kalkamadıkları problemlere gömülmüşlerdir. Zit unsurların birbirini tamamladığı bu yapıda düşünün insan için önemli mesajlar vardır. Gerçekten de insan fiziolojisinden galaksiler boyutuna kadar her olayda karşımıza çıkan düzensizliğin düzeni, en önemsemediğimiz, bize en karışık gelen olayların bile bir bütünün, kurulu bir düzenin parçaları olduğunu göstermektedir ve bu bü-tünde rastlantılara yer yoktur.

Kaos, son yılların en ilginç ve en çok gelişen bilim dallarından biri. Fakat hâlâ çok genç ve ileride evren hakkındaki fikirlerimizi nasıl etkileyeceği bilinmiyor. Kesin olan şey, kaosun bilimler arasında ortak bir ilgi alanı oluşturduğudur. Yine şu da kesin-dir ki bu bilim, gerçek dünyanın karmaşıklığını anlamada bize çok yardımcı olacaktır. □

Not: Bu yazının hazırlanmasında 21 Ekim 1989 tarihli New Scientist ve Şubat 1990 tarihli Scientific American dergilerinden yararlanılmıştır.