

Kaos Teorisi ve “Sağlık - Hastalık Kavramı” Üzerine Etkisi

Chaos Theory and Its Impact on “Health - Disease Concept”

Nazan TUNA ORHAN*

İletişim/Correspondence: Nazan TUNA ORHAN Adres/Address: Ege Üniversitesi Atatürk Sağlık Yüksekokulu 35100 Bornova/İzmir
Tel: 0232 311 50 32 Fax: 0232 342 7975 E-mail: nazanoran@gmail.com

ÖZ
Fraktal yapısıyla karakterize doğrusal olmayan (nonlineer), kompleks, dinamik sistemlerle ilgilenen kaos teorisi, geçen 20 yılda bilimin hemen tüm alanlarını etkilemiştir. Yaşam bilimleri, biyolojik sistemlerin kompleks yapıları nedeniyle, kaos teorisinin en iyi uygulanma alanlarından biridir. Bu yazıda, canlı ve cansız çevrenin doğrusal olmayan ve kompleks sistemlerine ait kısa tanımlamalardan sonra, teorisinin temel özellikleri daha detaylı tartışılacaktır. Sağlıklı sistemlerin hayatları boyunca kompleks yapısını sürdürdüğü ve kaotik olduğu kabul edilmektedir. Kompleks yapının ya da kaotik özelliğin kaybı hastalığı karşımıza çıkarır. Kaos teorisinden sonra sağlık ve hastalık hakkındaki birçok klasik düşünce tartışılır hale gelmiştir. Kaos teorisini öğrenmek önemlidir; çünkü bu teori sağlık davranışı ve hastalıkların altında yatan gerçek mekanizmaları anlamamızda ve hastalara daha uygun tedavileri vermemizde yeni ufuklar açabilir.
Anahtar Kelimeler: Kaos teorisi, hastalık, sağlık.

ABSTRACT

The theory of chaos, which deals with nonlinear complex dynamic systems characterized by fractal-based structure, has affected almost every field of science in the last 20 years. Life sciences are one of the most applicable areas for chaos theory because of the complexity of biological systems. In this paper, after brief description of nonlinear and complex systems of living and non-living environment, the basic principles of the theory are discussed more detailed. It is widely accepted that healthy systems maintain complexity in lifetime and are chaotic. Loss of complexity or loss of chaos leads to disease. Many classical opinions about health and disease become arguable after chaos theory. Learning chaos theory is crucial, since it may open new horizons to understand the valid mechanism underlying health behavior and diseases, and deliver more appropriate therapy to the patients.

Key Words: Chaos theory, disease, health.

GİRİŞ

Kaos Teorisi: Genel Bakış

Üzerinde yaşadığımız dünyadan tüm evrene cansız varlıklarda, dünya üzerinde bitki ve hayvanlardan tek hücrelilere tüm canlı varlıklarda çok sayıda makro ve mikro “sistem” çalışır durumdadır. Gezegenimizde-

ki bulut-akarsu-deniz-buharlaşımdan oluşan su döngüsü, bir yıldız ve etrafındaki dokuz gezegenden oluşan güneş sistemi, püskürtme-yanma-sıkıştırma-egzoz döngüsünden oluşan dört zamanlı yakıt motoru, yay ve çarklardan oluşan çalar saat cansız makro sistemlere örnektir. Çekirdek ve etrafında dönen elektronlardan oluşan atom cansız mikro sistemlere örnek veri-

*Doç.Dr. Ege Üniversitesi İzmir Atatürk Sağlık Yüksekokulu

Yazının gönderilme tarihi: 14.06.2012

Yazının basım için kabul tarihi: 13.06.2013

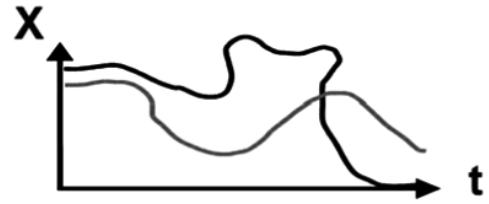
lebilir. Hücrenin enerji üretim santrali mitekondride gerçekleşen Krebs döngüsü canlı mikro sistem örneği iken, vücudun kan dolaşımını sağlayan kalp-akciğer-damarlardan oluşan dolaşım sistemi canlı makro sistem örneğidir. Bu sistemler kendi içinde ve birbirleriyle uyumlu olarak çalışarak “bütünün” (hücre, bitki, ağaç, hayvan, insan, dünya, güneş sistemi, galaksi, vs.) devamlılığını sağlarlar.

Geleceği öngörülebilir, tahmin edildiği ya da hesaplandığı gibi işleyen ve doğrusal bir seyir izleyen sistemlere basit ya da doğrusal (lineer) sistemler denir (örneğin, yakıt motoru, çalar saat). Geleceği öngörülemez ve zaman içindeki davranışı doğrusal (lineer) olmayan sistemlere kompleks ya da dinamik (nonlineer) sistemler adı verilir (örneğin, su döngüsü, dolaşım sistemi). Kendini oluşturan unsurların her birinin incelenmesi ve anlaşılmasıyla, lineer sistemin tümü anlaşılır ve kestirilebilirken, dinamik bir sistemin tümünün anlaşılması ve öngörülmesi mümkün olmayabilir. Kaotik yapı dinamik sistemlerin bir özelliğidir (Higgins 2002).

Modern Kaos Teorisi, meteorolojist Edward Lorenz’in çalışmalarına dayandırılır. 1960’lı yıllarda hava tahmini üzerine geliştirdiği modeli bilgisayarda çalışırken, aynı verilerle programı bir defa daha başlatmak ister ancak zaman kaybı yaşamamak için programın ara çıktılarını bilgisayara girer. Ara çıktıyı bilgisayara girerken virgülden sonraki 6 rakamdan sadece ilk 3 rakamı alır, son 3 rakamı ihmal eder. Program sonlandığında elde ettiği sonucun şaşırtıcı bir şekilde programı ilk çalıştırdığındaki sonuçlardan çok farklı olduğunu görür. Her iki sonuç birbirinden çok farklı olmasına rağmen, başlangıçta program girdileri arasında çok küçük bir fark vardır. Bu durum “başlangıç koşullarına hassas bağımlılık” olarak adlandırılır. Başlangıçtaki çok küçük bir fark gelecekte çok büyük değişikliklere sebep olabilir. Günümüzde gezegenimizde var olan birçok “doğal” sistemin kaotik özellik gösterdiği bilinmektedir. Meteorolojik olaylar, gezegenimizin su döngüsü, hayvan popülasyonları, ağaçların dallanması, bir bitkinin yapraklanma biçimi, vs. kaos teorisine uyar niteliktedir.

Kaotik sistemlerin temel özellikleri;

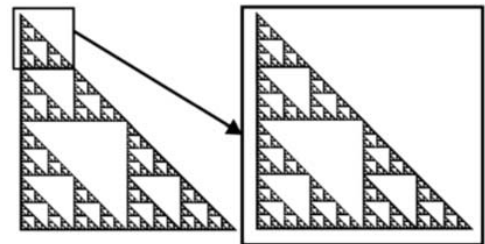
1. Kaos teorisi, bir sistemde başlangıçtaki küçük sapmaların gelecekte çok büyük ve öngörülemez değişikliklere sebep olduğunu varsayar (Resim 1). Buna “başlangıç koşullarına hassas bağımlılık” (kelebek etkisi) özelliği adı verilir. Bu sistemlerde “bir sonra” ne olacağı büyük oranda “en son” ne olduğuna bağlıdır. Başka deyişle, başlangıçtaki küçük sapmaların gelecekte büyük değişikliklere sebep olduğu kompleks, dinamik, nonlineer ve geleceği kesin olarak öngörülemez sistemlere “kaotik” sistemler adı verilir.



Resim 1. “Başlangıç koşullarına hassas bağımlılık” kaotik sistemlerin en önemli özelliğidir. Şekilde bir kaotik sistemde zamana karşı X değişkeninin grafiği izleniyor. Başlangıçtaki küçük bir farkın zaman içinde X’de nasıl büyük farklılıklar oluşturduğuna dikkat ediniz.

2. Kaotik davranış, karşılaştırabileceğimiz diğer iki davranıştan (rastgele ve periyodik) farklı olmakla birlikte aslında her iki davranıştan da özellikler alır. Kaotik davranış rastgele gözükür (ki değildir) ve periyodik değildir (kısmen öngörülebilir).

3. Fraktal yapı, kaotik bir sistemin ölçülmesinde ya da matematik yansımasında karşımıza çıkan bir özelliğidir. Buna göre sistemin bütünü yansıtan matematik ifade, bu sistemi oluşturan ve birbirine “benzeyen” çok sayıda alt birimin matematik ifadesiyle aynıdır. Bir kaotik sistemde, birbirlerine ve bütüne benzeyen bu en küçük alt birime “fraktal” adı verilir. Bir kaotik sistem bu yüzden “kendine benzeme” (self-similar) özelliği gösterir (Resim 2).



Resim 2. “Sierpinski Üçgeni”.

İkizkenar dik üçgenin içine dik köşesi hipotenüse gelecek şekilde ikinci bir ikizkenar dik üçgen çizdiğimizde oluşan her bir dik üçgen için bu işleme sürekli devam ettiğimizde, Sierpinski üçgeni oluşur. Bu şeklin bir parçası alınıp büyütüldüğünde, büyütülmüş üçgen ile ana üçgen arasındaki benzerliğe dikkat ediniz. “Kendine benzeme” (self-similar) kaotik sistemlerin bir özelliğidir.

4. Çekicilerin (attractor) varlığı kaotik sistemlerin bir diğer özelliğidir. Bu sistemler her ne kadar rastgele davranış sergiliyor gibi gözükseler de (ki rastgele değildirler), matematik yansımaları zamana karşı bir düzlemde grafik haline getirilirse, bu davranışların bazı noktaların etrafında yoğunlaştığı izlenir ki bu yoğunlaşma alanlarına çekici (attractor) adı verilir (Resim 3).



Resim 3. Çölde su az bulunur, çöl ekosistemi (bitki ve hayvanlar) tümüyle su kaynakları etrafında toplanır. Buna göre çöl ekosisteminde “su” en önemli çekicidir (attractor).

Kaos Teorisi: Düzen-Düzensizlik Süreci

Gezegemizdeki (ve belki evrendeki) “doğal” sistemlerin kompleks, dinamik (nonlineer) ve dolayısıyla “kaotik düzende” olduğunu söylemiştik. “Kaotik düzen” öyle bir ifadedir ki, biz bundan çok sayıda elektron proton ve nötronun bir arada atomu, çok sayıda ve çeşitlilikte hücrenin bir arada bir canlı organizmayı, çok sayıda ve çeşitlilikte canlı ve cansız maddenin bir arada dünya ekosistemini, çok sayıda ve çeşitlilikte gökcisminin bir arada galaksileri, vs. oluşturmasını anlamaktayız. Bu “kaotik düzen” 4.5 milyar yaşındaki dünyayı ve onun üzerinde yaşayan ilk izleri yaklaşık 2-2.5 milyar yıl önceye giden canlı ekosistemini (bitki,

hayvan, insan) bir arada tutmuş ve bugüne kadar başarıyla taşıyarak “olumlu anlamda” 21. yüzyıl medeniyetini oluşturmuştur. Bu “düzenin” (order) kaybı “düzensizliği” (disorder) getirir ki bu İngilizce kelimenin bir diğer anlamı da hastalıktır. Bir başka deyişle insan vücudu için kaosun kaybı bildiğimiz “hastalık” durumunu ortaya çıkarır (Varela, Ruiz-Esteban ve De Juan 2010) Periyodik, monoton ve doğrusal (kaotik özelliğini kaybetmiş) bir doku, organ, canlı birey, vs. çevresel değişikliklere uyum gösterme ve zorluklarla baş etme yeteneğini de kaybeder ve böylece hastalığa yatkın (ya da hastalıklı) hale gelir. İnsan fizyolojisinde ve patofizyolojisinde son yıllarda yapılan birçok araştırma, bunu doğrular nitelikte sonuçlara ulaşmıştır (Higgins 2002; Varela ve ark. 2010).

Kaos Teorisi: Sağlık-Yaşlanma Süreci

Sağlık kompleks bir fizyolojik ve biyolojik durumdur. Sağlıklı bir organizma zararlı bir etki ya da hastalık sonrasında tekrar eski fizyolojik durumuna dönebilme kapasitesine sahiptir. Organizmanın orijinal fizyolojik kompleks haline dönememesi dejenerasyonu ya da kronik hastalığı beraberinde getirir. Bu genelleme doğada canlı olan tüm varlıklar için geçerlidir. Bir ağacın dalının kesilmesi ağaç şekline ait kaotik yapının bozulması demektir ki, kesik dalın etrafından çıkan yeni dallarla sağlıklı ağaç yeniden eski kompleks fizyolojik durumuna dönmeye çalışır. Koroner arterlerdeki plak gelişimine bağlı oklüzyon varlığında, organda orijinal kompleks damar şeklinin yeniden sağlanmasına yönelik bir çaba söz konusudur. Eğer kompleks damar yapısı yeniden sağlanabilirse (yeterli kollateral gelişimi) organizma eski sağlıklı seviyesine geri dönebilir. Orijinal kompleks damar anatomisinin sağlanamaması hastalıkla sonuçlanır (anjina, enfarktüs gibi). Fizyolojik kompleks yapı önemlidir, çünkü organizma için çok miktarda yararlı bilgi içerir, bu yüzden zor durumlarda ve ani problemlerde yeterli sayıda çözüm mekanizması önerir. Bu önemli özelliğin yaşla birlikte etkisini azaltması, organizmanın hastalık oluşturabilecek etkilere hassasiyetini artırır (Kyriazis 2003). Yaşla birlikte fizyolojik uyum yeteneği azalması her seviyede (moleküler, selüler, organ bazlı ve davranışsal)

gerçekleşir. Örneğin, Peng ve ark. (2002) solunum fizyolojisine ait değişkenlerde yaşa bağlı fraktal erozyonu (uyum yeteneği kaybı) olduğunu göstermişlerdir.

Kaos Teorisi: Sağlık-Hastalık Süreci

Son yıllarda kan şekeri seviyesi, kalp atımı, beyin elektrik aktivitesi gibi insana ait matematiksel karşılığı olan birçok fizyolojik veride fraktal boyut (kaotik özellik) olduğu gösterilmiştir. Aslında kaos sağlıklı fizyolojinin bir ‘‘imzası’’ gibidir. Bu bilgiler ışığında kaos, fizyolojinin klasik kabulü olan ‘‘homeostasis’’ den tamamen farklı bir yerdedir (Higgins 2002; Varela ve ark. 2010).

Kaotik sistemlerin ölçülmesinde sistem çekicileri (attractor) ve fraktal boyutunu değerlendirmek en bilinen yöntemdir. Kaotik çekiciler ve fraktal yapı, uyum yeteneğinin göstergesi olarak kabul edilirler. Sistemin uyum yeteneği birçok faktörden etkilenir ve değişir. Örneğin, beyin dalgalarının kaotik özellikleri, normal uyku ile REM uykusu arasında farklılık gösterir. Fizyolojik yaşlanma, beyin ve kardiovasküler sistem gibi vücut organ ve sistemlerde uyum yeteneği azalmasına sebep olur (Lipsitz ve Goldberger 1992). Patolojik süreçlerde vücut sistemleri daha düşük kaotik boyutlara ve hatta periodisiteye geriler. Bu durumu aritmilere EKG’de ve epilepsi sırasında EEG’de görmek mümkündür (Babloyantz ve Destexhe 1986; Goldberger 2006). Bu durum başka vücut sistemlerinde de böyledir. Vücut ısısı ve kan glikoz seviyesi grafiklerindeki kompleks yapı azalması, yoğun bakım hastalarında artan mortalite ile beraberdir (Lundelin, Vigil, Bua, Gomez-Mestre, Honrubia ve Varela 2010; Varela ve ark.2010). Kaotik boyut ölçümleri (fraktal analiz) aynı zamanda patolojik durumları önceden bilinmesine de yardımcı olabilir.

Kaos Teorisi: ‘‘Sağlık Profesyoneli’’ Bakış Açısı

Bu teori sosyal ve fen bilimlerinde ve biyoloji alanında çokça çalışılmıştır. Yaşadığımız dünyada birçok klasikleşmiş düşünce kaos teorisinden sonra sarsılmıştır. Sağlık alanının teori ve pratiğinde de kökten değişikliklere yol açabilecek bu yeni yaklaşımın, tüm sağlık

çalışanları tarafından anlaşılması ve bilinmesi önemlidir (Varela ve ark. 2010). Kaos teorisi çok geniş bir alanı kapsar. Ancak uygulama açısından şu noktaların altı çizilebilir.

1. Dinamik sistemler ‘‘kaotik’’ olarak davranırlar. Kaotik olmanın çerçevesi içinde kalmak ve sistemin fraktal yapısını tam ortaya koymak kaydıyla geleceğe ait bazı öngörülerde bulunulabilir; fraktal yapı (kaotik ‘‘imza’’) anlaşılmadıkça bu sistemin gelecekteki davranışları önceden tahmin edilemez. Hayatın kendisinin, bunu oluşturan tüm etmenlerle birlikte (hücrelerimiz, organlarımız, tüm bedenimiz, tüm fizyolojimiz, ruh durumumuz, diğer insanlarla olan ilişkilerimiz, toplumsal hayatımız, vs.) ‘‘dinamik’’ ve dolayısıyla kaotik olduğu kabul edilmektedir. Kaotik imzanın yapısını ve nasıl çalıştığını ortaya koyabilmek günümüz biliminin odaklandığı noktadır.

İnsan fizyolojisine ait kaotik imza araştırılıp ortaya konduğa, ‘‘fraktal bozulma’’ ile kendini gösteren ‘‘hastalıkların’’ tanısında belki karşımıza yeni ufuklar açılacaktır; böylece hastalıkların daha erken ve kolay tanınmasında büyük ilerlemeler sağlayabileceğiz. Hastalıkların fraktal analizleri konusunda genel yorumlar yapmak için henüz erken olmakla birlikte, var olan sınırlı çalışmada ümit verici bulgular elde edilmiştir (Kido, Kuriyama, Higashiyama, Kasugai ve Kuroda 2003). Kaos teorisi hastalıkların tedavisinde de farklı bakış açıları getirebilir, böylelikle örneğin kanser gibi yaygın ve tedavi başarısı sınırlı hastalıklarla daha etkin ve başarılı savaşın yolu açılabilir (Janecka 2007).

Fraktal yapı, kaos teorisinin önemli bir özelliğidir ve kişinin sağlık davranışını açıklamada da kullanılabilir. Davranışlar bilgi, eğilim, norm, niyet ve bunun gibi birçok etkene bağlı olarak değişse bile, yine de bir kişinin davranışları arasında ve hatta kişiler arasındaki davranışlarda bir ‘‘tekrar’’ (benzerlik-fraktal) vardır. Bu ‘‘tekrar’’ ortaya çıkartılabilirse, kişinin sağlık davranışları da öngörülebilir (Resnicow ve Vaughan 2006). Bu açıdan bakıldığında, kaos teorisi üzerine çalışmalar devam ettikçe, koruyucu sağlık davranışları

nışlarının ve sağlığı geliştirme davranışlarının fraktal “imzası” ortaya konabilir, böylelikle belki de gelecekte kişi ve toplumların davranışlarının “daha sağlıklı” yöne kaydırılması mümkün olabilir.

2. “Yaşam” tümüyle dinamik (kaotik)tir. Dinamik sistemlerde “bütün”, kendileri de dinamik yapıda olan “parçaların” toplamından daha büyüktür. Parçaların arasındaki sınırlar çoğu zaman düzgün değil, iç içe geçmiştir. Yaşamın (biyolojik sistemlerin) anlaşılmasında parçalara ayırmak sınırlı bir kullanıma (doğruluğa) sahiptir. Ne doğada ne de yaşamda keskin sınırlar yoktur, siyah ve beyazın yanında birçok faklı tonda gri renkler de vardır. Sağlık bilimleri (tıp, hemşirelik, eczacılık vs.) hem uygulama hem teori hem de eğitim alanında, birbirlerinden keskin sınırlarla ayrılmış birbiriyle ilişkisiz parçalardan oluşmamalıdır. Son yıllarda ülkemiz sağlık eğitimi sisteminde “klasik” yapı bırakılarak “entegre” eğitime geçiş hızlanmıştır. Sağlığı ve hastalıkları parçalara bölerek (klasik) anlatmak yerine, parçaları birbirleriyle ilişkilendirerek ve parçaların birbirlerine olan etkilerini vurgulayarak anlatmak (entegre eğitim), bu açıdan bakıldığında kaos teorisiyle uyumlu gibi durmaktadır. Benzer şekilde kaotik bakış açısı hemşirelik teorilerinden “holistik” (bütüncül) yaklaşımla da uyum göstermektedir. Buna göre kişinin sağlık bakımı sadece fiziksel ihtiyaçların karşılanmasıyla sınırlanmamalı, sağlık bakımı holistik (bütüncül) olarak kişinin tüm (emosyonel, psikososyal, kültürel, tinsel vs.) ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olmalıdır (Demirsoy, Değirmen ve Kırımlıoğlu 2011; Dossey ve Keegan 2009).

3. “Başlangıç koşullarına hassas bağımlılık” kaos teorisinin en önemli özelliğidir. Bugünkü küçük kararlarımız, yarın büyük ve beklenmedik sonuçlara sebep olabilir. Hem yaşamın (biyolojimizin) kendisi ve hem de sağlık davranışlarımız kaotikse, topluma ait sağlık politikalarının da hiç olmazsa kısmen “kaotik şablona” oturması gereklidir. Kaotik şablona oturmeyen sağlık politikaları, zaman geçtikçe toplum gerçekliğinden uzaklaşır ve anlamsız kalır.

Kaos, insan motivasyonunda ve davranışında rol oynamaktadır (Resnicow ve Vaughan 2006). Sağlık dav-

ransı değişiklikleri açısından başlangıç koşulları şunlardan oluşur: bilgi seviyesi; güncel eğilimler ve ruh durumu; hedef davranışın sıklığı, süresi ve yoğunluğu; sosyal destek; sosyal normlar; genetik yapı ve çok sayıda başka ruhsal ve çevresel durumlar ve özellikler. Sayılan bu başlangıç koşullarında oluşabilecek küçük bir değişiklik, kişinin sağlık davranışında (olumlu veya olumsuz yönde) çok büyük değişikliklere yol açabilir. Örneğin; başlangıç koşullarına hassas bağımlılık kuralına göre, poliklinikte bir hastaya reçete yazma esnasında, sağlık personelinin ağızından çıkan bir kelime ya da ters bir bakış, hastanın sağlık personeline, hastaneye ve hatta ilaca güvenini kaybetmesine ve reçeteye uyum göstermeyerek beklide hastalıktan büyük zararlar görmesine hatta bireyin hayatını kaybetmesine sebep olabilir.

Kaotik sistemler “rastgele” davranmazlar. Ancak “başlangıç koşullarına hassas bağımlılık” kuralı gereğince rastgele olaylardan etkilenebilirler. Yıllarca başarısız denemeler sonrasında bir kimsenin kötü alışkanlığını birden bire bırakması, ya da bırakılmış bir kötü alışkanlığa yıllar sonra yeniden başlanması buna örnek olabilir. Buradaki gibi ani davranış değişikliklerinde dost sohbetleri, eski bir tanıdıktan gelen haber, tanıdık birinin ölümü, gazete yazıları, gazete-televizyon haberleri, vs gibi gündelik hayattaki “rastgele” olaylar tetikleyici olabilir.

4. Kaotik sistemlerin bir başka özelliği “çekicilerin” (attractor) varlığıdır. Bir kaotik sistemde analizi yapılmış ve detayları ortaya çıkarılmış çekiciler, sistem davranışının çözümlenmesini ve dolayısıyla geleceğin kısmen dahi olsa “öngörülmesini” sağlar. Örneğin; 10 farklı öğretmenin derslerine girdiği hemşirelik birinci sınıf öğrencileri arasında derse ilgi, karşılıklı iletişim, model alma, vs gibi birçok değişken açısından eğer iki öğretmen diğer öğretmenlerden açık ara öne çıkıyorsa, bu iki öğretmen bu sistemin (yani, birinci sınıf öğrenci eğitiminin) “çekicileri” olurlar. Bu çekicilerin analizi (bu iki öğretmenin hangi özelliklerinin öğrencilerce daha fazla sevildiğinin ya da öğrencilerin öğretmenlerinde hangi özellikleri sevdiklerinin ortaya çıkarılması) ile

diğer öğretmenler davranışlarını buna göre değiştirebilirler ve okul yönetimi eğitim sistemini buna göre değiştirebilir. Böylelikle eğitim kalitesi ve eğitimden memnuniyet seviyesi artırılabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kaos Teorisi bir yandan sağlık- hastalık kavramları ve tedaviler hakkında mevcut bazı kabulleri sorgulamamıza, diğer yandan da bu alanlarda yeni ufuklar açıp daha doğru çözümlere ulaşmamıza yol açacak gibi durmaktadır.

KAYNAKLAR

Babloyantz, A., Destexhe, A. (1986). Low dimensional chaos in an instance of epilepsy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 83(10): 3513-3517.

Demirsoy, N., Değirmen, N., Kırımlioğlu, N. (2001). The place and importance of the concept of holism in health services: Review. *Türkiye Klinikleri J Med Ethics*, 19(3): 164-74.

Dossey, B. M., Keegan, L. (Eds.) (2009). *Holistic Nursing: A Handbook for Practice*. 5th ed., Jones & Bartlett Learning Publishers, Sudbury.

Goldberger, A. L. (2006). Complex systems. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 3(6): 467-471.

Higgins, J. P. (2002). Nonlinear systems in medicine. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 75(5-6): 247-260.

Janecka, I. P. (2007). Cancer control through principles of system science, complexity, and chaos theory: A model. *International Journal of Medical Science*, 4(3): 164-173.

Kido, S., Kuriyama, K., Higashiyama, M., Kasugai, T., Kuroda, C. (2003). Fractal analysis of internal and peripheral textures of small peripheral bronchogenic carcinomas in thin-section computed tomography: Comparison of bronchioloalveolar cell carcinomas with nonbronchioloalveolar cell carcinomas. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 27(1): 56-61.

Kyriazis, M. (2003). Practical applications of chaos theory to the modulation of human ageing: Nature prefers chaos to regularity. *Biogerontology*, 4(2): 75-90.

Lipsitz, L., Goldberger, A. (1992). Loss of 'complexity' and aging: Potential applications of fractals and chaos theory to senescence. *JAMA*, 267(13): 1806-1809.

Lundelin, K., Vigil, L., Bua, S., Gomez-Mestre, I., Honrubia, T., Varela, M. (2010). Differences in complexity of glycemic profile in survivors and nonsurvivors in an intensive care unit: A pilot study. *Critical Care Medicine*, 38(3): 849-854.

Peng, C. K. ve ark. (2002). Quantifying fractal dynamics of human respiration: Age and gender effects. *Annals of Biomedical Engineering*, 30(5): 683-692.

Resnicow, K., Vaughan, R. (2006). A chaotic view of behavior change: A quantum leap for health promotion. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 3: 25.

Varela, M., Ruiz-Esteban, R., De Juan, M. J. M. (2010). Chaos, fractals, and our concept of disease. *Perspectives in Biology and Medicine*, 53(4): 584-595.