

Küresel Isınmanın Enfeksiyon Hastalıklarına Etkisi

Işıl Deniz ALIRAVCI*

Öz

Bulaşıcı hastalıklar, nüfus ile mevcut bölgesel iklim arasındaki etkileşime dinamik olarak bağlıdır. Bu nedenle, küresel ısınma, bulaşıcı hastalıkların spektrumunda önemli bir kaymaya neden olabilir. Küresel ısınma sonuçlarından olan artan deniz seviyeleri, gıda yetmezliği ve kıtlık tehditi, küresel yağış düzenindeki değişiklikler, hayvan ve bitki popülasyonlarındaki değişiklikler zaman içinde önemli sonuçlara yol açan hayatı tehdit eden bir sürece doğru ilerlemektedir. Küresel ısınmanın enfeksiyon hastalıklarında önemli etkiler oluşturacağı ön görüldüğünden, özellikle vektör kaynaklı hastalıklar, gıda ve su kaynaklı hastalıklar, bakteriyel, viral ve mantar enfeksiyonları üzerine araştırmalar artmaktadır. Bu derlemede küresel ısınma sonucunun olası enfeksiyon hastalıklarına etkisi tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Küresel ısınma, iklim değişikliği, enfeksiyonlar.

The Effects of Global Warming on Infectious Diseases

Abstract

Infectious diseases are dynamically dependent on the interaction between the population and the current regional climate. Therefore, global warming could cause a significant shift in the spectrum of infectious diseases. Rising sea levels, food shortages and the threat of famine, changes in global precipitation patterns, changes in animal and plant populations, which are the consequences of global warming, are moving towards a life-threatening process with significant consequences over time. Since it is predicted that global warming will have important effects on infectious diseases, research on vector-borne diseases, food and water-borne diseases, and bacterial, viral and fungal infections are increasing. In this review, the effect of global warming on possible infectious diseases is discussed.

Keywords: Global warming, climate change, infections.

Giriş

Çağımızın sağlık problemlerinden biri olan enfeksiyon hastalıkları; gelişmiş tedavi seçenekleri ve düzenli sürveyans gelişmiş ülkelerde azaltılsa da sorun olmaktan çıkmayan enfeksiyon

Derleme Makale (Review Article)

Geliş / Received: 20.09.2021 & **Kabul / Accepted:** 08.04.2022

DOI: <https://doi.org/10.38079/igusabder.998000>

* Uzm. Dr., MD, Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji, Özel Side Anadolu Hastanesi, Manavgat, Antalya, Türkiye. E-posta: dr_isildeniz@hotmail.com **ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-4740-1579>

hastalıkları hala önemli bir problem olarak görülmektedir. Son yapılan araştırmalarda enfeksiyon hastalıklarından dolayı meydana gelen ölümlerin oranı yaklaşık % 25'dir¹⁻³.

Küresel ısınma sonuçlarından olan artan deniz seviyeleri, gıda yetmezliği ve kıtlık tehditi, küresel yağış düzenindeki değişiklikler, hayvan ve bitki popülasyonlarındaki değişiklikler zaman içinde önemli sonuçlara yol açan hayatı tehdit eden bir sürece doğru ilerlemektedir. Küresel ısınmanın enfeksiyon hastalıklarında önemli etkiler oluşturacağı ön görüldüğünden, özellikle vektör kaynaklı hastalıklar, gıda ve su kaynaklı hastalıklar, bakteriyel, viral ve mantar enfeksiyonları üzerine araştırmalar artmaktadır⁴.

Bulaşıcı hastalıklar, nüfus ile mevcut bölgesel iklim arasındaki etkileşime dinamik olarak bağlıdır. Bu nedenle, küresel ısınma, bulaşıcı hastalıkların spektrumunda önemli bir kaymaya neden olabilir. Hastalık patojenlerinin, vektörlerinin ve konakçılarının hayatta kalması, üremesi, dağılımı ve bulaşması için uygun iklim ve hava koşulları gereklidir⁵. Bu nedenle iklim veya hava koşullarındaki değişiklikler patojenleri, vektörleri, konakçuları ve bunların yaşam ortamlarını etkileyerek bulaşıcı hastalıkları etkileyebilir hatta yüksek ihtimalle yeni bulaşıcı hastalıklar ortaya çıkmasını sağlayacak ve mevcut birçok hastalığın epidemiyolojisini değiştirecektir⁶. Bu yüzden dünyada bir alarm durumuna geçilmiş ve küresel ısınmaya bağlı olan iklim değişikliğine karşı halk sağlığını bilgilendirmek için iklim değişikliği göstergelerine sahip "iklime duyarlı bulaşıcı hastalıklar"ı (CSID'ler) tanımlayan Küresel Hastalık Yüğü (GBD) programları kurulmuştur. Bu programlar sayesinde ölüm oranlarına, sağlığa etki eden risk faktörlerine ve sağlık sürveyansına rehberlik ederek küresel sağlık yönetiminde yeni politikalar geliştirilmesi sağlanmak istenmiştir. Ama GBD programı birkaç CSID'nin küresel yükünü tahmin etse de, sağlık eşitsizlikleri ve küresel ısınmaya ilişkin sorunlar dâhil olmak üzere bazı önemli parametreleri kapsayamadığı için etkinliği azdır⁷.

İklim değişikliğinin insan sağlığına potansiyel etkileri, travmatik ölümler gibi hem doğrudan insan yaşamına son verme; hem de ekolojik veya sosyal bozulma ile bağlantılı hastalıklar gibi dolaylı olarak insan yaşamını tehdit etme olarak açıklanabilir^{3,5,6}.

Küresel Isınmanın Vektörel Kaynaklı Enfeksiyonlar Üzerinde Etkisi

İklim değişikliği ile artan bulaşıcı hastalık riskine, vektör kaynaklı enfeksiyonlar açısından bakılmıştır. Enfeksiyöz hastalıkların vektörler yoluyla bulaşmasında temel etkenler, konağın ekolojisi ve davranışı, taşıyıcının ekolojisi ve davranışı ve popülasyonun bağışıklık düzeyidir. Vektörler tarafından taşınan patojenler, yaşam döngülerinin büyük bir bölümünü, sıcaklığı çevreye benzer ektotermik bir omurgasız konakta geçirdikleri için iklim değişikliğine karşı özellikle hassastırlar. Sıcaklık, vektörün hayatta kalması ve yaşam döngüsünün tamamlanması için daha elverişli koşullar sunar⁸.

Sıtma

Vektör kaynaklı enfeksiyonların başında sivrisinekler taşıyıcılığı sayesinde 214 milyon yeni vakaya neden olan *Plasmodium spp* etkenli sıtma gelmektedir⁹. Küresel ısınmanın Afrika'da, sıtma dağılımını, bulaşma yoğunluğunu ve mevsimselliğini değiştirdiği bildirilmiştir^{10,11}. Kenya'da ise sıtma vakalarının sayısı yağış ve yüksek maksimum sıcaklıkla ilişkilendirilmiştir. Etiyopya'da da sıtma salgınlarının daha önce meydana gelen yüksek sıcaklıkla ilişkili olduğu gösterilmiştir^{12,13}.

Dang Humması

Son yıllarda, Avrupa ve ABD'de, başka bir tür sivrisinek olan *Aedes albopictus* tarafından taşınan 'Dang Humması' ve 'Chikungunya'nın sebep olduğu virüs kaynaklı hastalıklar tanımlanmıştır¹⁴. Küresel ısınma ile dang humması salgınları arasında bir ilişki olduğunu öne süren raporlar olsa da ayrıca ilişkinin olmadığını öne süren raporlar da vardır. Bunun nedeninin iklim faktörlerine ek olarak birçok başka faktörün bulunması gösterilmiştir⁸.

Batı Nil Ateşi

Batı Nil ateşi son zamanlarda ortaya çıkan başka bir viral bulaşıcı hastalıktır ve *Culex* sivrisinek türleri tarafından bulaşır. Bu vektörlerin yaşam alanı genellikle bataklıklar, göletler, durgun su kütleleri, suyolları, parklar, golf sahaları ve yoğun nüfuslu yerleşim bölgelerindeki geçici sulak alanların yakınlarıdır¹⁵. Sivrisineklerin yaşam süresi sıcaklıklarla kısalsa da, sıcaklıkla birlikte viral olgunlaşma oranları artar ve buna bağlı olarak da sivrisineklerin vektörlük yaptığı enfeksiyonlarda artış görülür⁵. 1939'da Uganda'da bildirilen ilk Batı Nil ateşi salgını günümüzde Avrupa kıtasında giderek yükselen bir oranda görülmeye başlanmıştır.

Ensefalit ve Lyme

Kenelerin vektörlük ettiği hastalıklar son yıllarda oldukça artmıştır. Soğuk bölgelerde küresel ısınma sebebiyle, kene kaynaklı hastalıklar görülmüş bunun nedeninin de yükselen sıcaklıkların kenenin gelişme döngüsünü, yumurta üretimini ve popülasyonunun yoğunluğunu ve dağılımını hızlandırmasından kaynaklı olduğu düşünülmüştür. Buna bağlı olarak Avrupa'da kene aracılığıyla bulaşan ensefalit ve lyme hastalıklarının insidansının artması, kışların daha ılıman geçmesi kış mevsiminin süresinin kışalmasına bağlı olarak kenenin yaşamsal süresinin uzamasıyla ilişkilendirilmiştir¹⁶⁻¹⁸.

Şistozomiyazis

Şistozom parazitlerinin ara konağı olan salyangozlar vücut sıcaklıklarını çevreye bağlı olarak değiştirerek parazitini üreme, hayatta kalma ve dağılma özelliklerini etkiler. Bu nedenle, iklim değişikliğiyle bağlantılı olarak yükselen su sıcaklıkları ve değişen yağışlar, ara konak

salyangozunun ve onun şistozom parazitlerinin dağılımını ve bolluğunu önemli ölçüde değiştirebilir, bu da hastalık dinamiklerinde ve insanlara bulaşmada bir değişime neden olabilir¹⁹. 2014 yılında, tropikal veya subtropikal ülkelere seyahat geçmişi olmayan bir grup Alman ve Fransız turiste, Güney Amerika, Asya ve özellikle Sahra altı Afrika'da 200 milyondan fazla insanı etkileyen paraziter hastalık olan ürogenital şistozomiyazis teşhisi konuldu. Bu kısa süreli salgın, dünya ısındıkça şistozomiyaz aralığının potansiyel olarak genişlemesi konusunda endişeler uyandırmaktadır²⁰. Şistozomiyazisin son modellemesine göre 2050 yılına kadar küresel ısınmaya bağlı olarak 5 milyon ek vakayı öngörülmektedir²¹.

Küresel Isınmanın Gastrointestinal Enfeksiyonlar Üzerinde Etkisi

Kuraklık sonucu su kaynaklarının giderek azalması sanitasyon eksikliğini doğuracak ve salgın hastalıklar insanlığı tehdit edecektir. Günümüzde Amerika kıtası dâhil değişik ülkelerde görülen kolera salgınları bunun bir örneğidir^{22,23}. Değişen çevresel etkiler, aynı zamanda kıtlık ve sel gibi çevresel felaketlerin yaşanması anlamına da gelebilir. Salmonelloz, kolera ve giardiasis gibi vektör kaynaklı olmayan bulaşıcı hastalıkların bu koşullar altında gelişebileceği bilinmektedir²⁴. İklim değişiklikleri arasında dengesiz yağmurların yol açtığı taşkınlar ve su baskınları su kaynaklı enfeksiyonları, paraziter ve bakteri kaynaklı ishalleri artırmaktadır^{1,2,25,26}. Ilık su, daha toksik organizmalar içeren dinoflagellatların ve siyanobakterilerin büyümesini kolaylaştırır²⁷. Alglerle beslenen zooplankton, *Vibrio cholerae* ve diğer enterik patojenler de özellikle de gram-negatif çomak bakteriler için rezervuar görevi görmektedir²⁸.

Küresel Isınmanın Hava ve Damlacık Yoluyla Yayılan Enfeksiyonlar Üzerinde Etkisi

Soğuk bölgelerde ölümlerdeki artış, hava yoluyla bulaşan viral enfeksiyonların ve ikincil bakteriyel enfeksiyonların salgın olarak yayılmasının sebebidir²⁹. Düşük sıcaklıklar, bronkokonstriksiyon ve mukosilyer savunmada ve diğer immünolojik reaksiyonlarda azalmasına sebep olduğu gibi kardiyovasküler ve solunumsal değişikliklere neden olur³⁰.

Artan yağışlar ve daha yüksek nüfus yoğunlukları ile birlikte, tüm iklimlerde gripte bir artış gözlemlenmesi beklenir. Mevsimsel gripten farklı olarak, H5N1 ve H7N9 gibi insan kuş gribi virüsü salgınları sporadik olarak meydana gelir ve insanların yabani veya evcil kuşlarla doğrudan etkileşiminden kaynaklanır. H7N9 enfeksiyonları, sıcaklık ve ayrıca %70 ila %80 arasındaki bağıl nem ile güçlü bir şekilde ilişkilendirilmiştir³¹.

İklim değişikliği, birkaç farklı mekanizma yoluyla pnömonilerin insidansını potansiyel olarak artırabilir; yoğun yağış periyotları iç mekânlarda daha fazla kalabalığa sebep olur bu da artan iç mekânlarda biyokütle yakıt dumanına maruz kalmaya neden olur ve güneşe maruz kalmadaki değişkenliğin neden olduğu D vitamini seviyesi değişkenliğine bağlı, bağışıklık sistemi değişkenliğine yol açar^{30,32}.

Küresel Isınmanın Deri Enfeksiyonları Üzerinde Etkisi

Küresel ısınmanın artması çevre etkileşimi ile atmosferde, Ultraviyole (UV-B) radyasyonunu yükseltmekte, stratosferik ozon azalmakta ve atmosferdeki sera gazı miktarları yükselmektedir. Ultraviyole-B radyasyonu Leishmaniasis'te olduğu gibi., antijen işlemeyi ve antijenin Langerhan hücrelerine sunumunu, sistemik düzeyde lenfokin üretimini, derideki enfeksiyöz hastalıklarını ve derinin bir portal olduğu hastalıkların seyrini etkileyebilir^{33,34}. Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, ultraviyole radyasyonun, cüzzam antijenlerine karşı granümatöz gecikmiş tip aşırı duyarlılık tepkisini bozduğunu bulmuştur. Hücre içi patojenlere karşı ultraviyole ile bozulan derinin savunması azalacağı için de enfektif hastalıkların ortaya çıkmasını ve yayılma potansiyelini artırabildiği gösterilmiştir^{35,36}.

Küresel Isınmanın Mantar Enfeksiyonları Üzerinde Etkisi

Endotermi insan bağışıklık sisteminin en önemli silahlarından biridir ama mantarların yüksek sıcaklıklara adapte olmasıyla bu savunma güçsüz kılınabilir. Birçok mantar türü memeli sıcaklıklarına tolerans gösteremese de³⁷, bazı türler daha yüksek sıcaklıklara maruz kalarak daha yüksek sıcaklıklarda hayatta kalmaya adapte olabilir. Küresel ısınma sayesinde birçok mantar türü yüksek sıcaklıklara uyum sağlayarak bazılarının endotermi tarafından sağlanan termal immün sistemin üstesinden gelebileceği düşünülmüştür³⁸. *Candida auris*'in üç kıtada neredeyse aynı anda ortaya çıkması³⁹, bu düşünceyi doğrular niteliktedir. *Candida auris*'in mevcut olan antifungal tedavilere de dirençli olması ileride mümkün olabilecek kötü senaryolar için bir sinyaldir.

Sonuç

Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin olumsuz sağlık etkilerini kontrol altına almak ve hafifletmek için halk sağlığı programlarını sürekli olarak iyileştirmek, insana bulaşabilecek hastalıklar ve sağlık riski oluşturabilecek etkenler için bilimsel projeksiyonu takip etmek gerekir⁴⁰. Bu sebeple temel sağlık hizmetlerini güçlendirmek, önleyici programlar geliştirmek, hassas topluluklara ve bölgelere özel ilgi göstermek, halkın temel planlamaya katılımını teşvik etmek, acil durum hazırlığı yapmak ve gelecekteki sağlık risklerini tahmin etme kapasitesi oluşturmak gerekmektedir. Buna bağlı olarak da finansal ve sağlık bakım kaynakları tahsis edilmelidir. Küresel ısınma yüksek ihtimalle yeni bulaşıcı hastalıklar getirecek ve mevcut birçok hastalığın epidemiyolojisini değiştirecektir. Bu tehditlere karşı en iyi sigorta, sürveyans, epidemiyoloji, yeni antimikrobiyal terapötikler geliştirme ve mikrobiyal patogenez mekanizmalarına ilişkin temel araştırmalara sürekli yatırım yapmaktır^{38,41}.

KAYNAKLAR

1. Weiss RA, McMichael AJ. Social and environmental risk factors in the emergence of infectious diseases. *Nat Med.* 2004;10(12 Suppl): S70-6.
2. Patz JA, Epstein PR, Burke TA, Balbus JM. Global climate change and emerging infectious diseases. *JAMA.* 1996;275:217-23.
3. World Health Organization. <http://www.who.int/infectious-disease-report/2002/pdfversion/indexpdf.html>. Erişim tarihi 2002.
4. Baltacı N, Kalkancı A. Küresel ısınmanın mantar enfeksiyonlarına etkisi. *Kocatepe Tıp Dergisi.* 2021;22;4:304-308. <https://doi.org/10.18229/kocatepetip.677398>.
5. Khasnis AA, Nettleman MD. Global warming and infectious disease. *Archives of Medical Research.* 2005;36(6):689-696.
6. Epstein PR. Climate and health. *Science.* 1999;285(5426):347-348.
7. Watts N, Adger WN, Ayeb Karlsson S, et al. The Lancet Countdown: tracking progress on health and climate change. *The Lancet.* 2017;389(10074):1151-1164.
8. Kurane I. The effect of global warming on infectious diseases. *Osong Public Health and Research Perspectives.* 2010;1(1):4-9.
9. World Health Organization. World malaria report 2015. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/200018>. Erişim tarihi 2015.
10. Hay SI, Rogers DJ, Randolph SE, et al. Hot topic or hot air? climate change and malaria resurgence in East African highlands. *Trends Parasitol.* 2002;18:530e4.
11. Craig MH, Kleinschmidt I, Nawn JB, et al. Exploring 30 years of malaria case data in KwaZulu-Natal, South Africa. Part I. The impact of climatic factors. *Trop Med Int Health.* 2004;9:1247e57.
12. Githeko AK, Ndegwa W. Predicting malaria epidemics in the Kenyan highlands using climate data: a tool for decision makers. *Glob Change Hum Health.* 2001;2:54e63.
13. Abeku T, van Oortmarssen G, Borsboom G, et al. Spatial and temporal variations of malaria epidemic risk in Ethiopia: factors involved and implications. *Acta Trop.* 2003;87:331e40.
14. Rezza G. Re-emergence of Chikungunya and other scourges: the role of globalization and climate change. *Ann Ist Super Sanità.* 2008;44:315-8.

15. Andreadis TG, Anderson JF, Vossbrinck CR. Mosquito surveillance for West Nile Virus in Connecticut, 2000: isolation from *Culex pipiens*, *Cx. restuans*, *Cx. salinarius*, and *Culiseta melanura*. *Emerg Infect Dis*. 2001;7:670–674
16. Rossati A. Global warming and its health impact. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2017;8(1):7-20.
17. Zeman P, Bene C. A tick-borne encephalitis ceiling in central Europe has moved upwards during the last 30 years: possible impact of global warming? *Int J Med Microbiol*. 2004;293(Suppl 37):48-54.
18. Lindgren E, Tälleklint L, Polfeldt T. Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease transmitting European tick *Ixodes ricinus*. *Environ Health Perspect*. 2000;108:119-23.
19. Patz JA, Epstein PR, Burke TA, Balbus J. Global climate change and emerging infectious diseases. *Jama*. 1996;275(3):217-223.
20. De Leo, Giulio A, Stensgaard AS, et al. Schistosomiasis and climate change. *BMJ*. 2020;371:m4324.
21. Martens WJM. *Health and Climate Change: Modelling The Effect of Global Warming on the Prevalence of Schistosomiasis*. Bilthoven, the Netherlands: RIVM; 1995.
22. Goodland R. The concept of environmental sustainability. *Am Rev Ecol Syst*. 1995;26:1–24.
23. Spencer RW, Christy JR. Precise monitoring of global temperature trends from satellites. *Science*. 1990;247:1558–1562.
24. Watson RT, Zinyowera MC, Moss RH, Dokken DJ. The Regional Impacts of Climate Change: an Assessment of Vulnerability. A Special Report of IPCC Working Group II. In: Intergovernmental Panel on Climate Change. November 1997; Geneva, Switzerland.
25. Erdem H, Pahsa A. Değişen dünya ve infeksiyon hastalıkları. *Klimik Dergisi*. 2003;16:8-10.
26. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. http://www.cevreorman.gov.tr/hava_02.htm. Erişim tarihi 3 Mart 2007.
27. Valiela I. ed. *Marine Ecological Processes*. New York: Springer-Verlag; 1984.
28. Epstein PR. Emerging diseases and ecosystem instability: new threats to public health. *Am J Public Health*. 1995;85:168-172.

29. Towers S, Chowell G, Hameed R, et al. Climate change and influenza: the likelihood of early and severe influenza seasons following warmer than average winters. *PLoS Curr.* 2013; 5:5.
30. Takaro TK, Knowlton K, Balmes JR. Climate change and respiratory health: current evidence and knowledge gaps. *Expert Rev Respir Med.* 2013;7:349–361.
31. Li J, Rao Y, Sun Q, et al. Identification of climate factors related to human infection with avian influenza A H7N9 and H5N1 viruses in China. *Scientific Reports.* 2015; 5(1):1-9.
32. Mirsaiedi M, Motahari H, Taghizadeh Khamesi M, et al. Climate change and respiratory infections. *Ann Am Thorac Soc.* 2016;13:1223–1230.
33. Wolff K, Stingl G. The Langerhan cell. *J Invest Dermatol.* 1983;80(suppl):17S-21S.
34. Daynes RA. Immune system and ultraviolet light. In: White JC, ed. *Global Atmospheric Change and Public Health.* New York: Springer, Dordrecht; 1990:23-31.
35. DeFabo EC, Noonan FP. Mechanism of immune suppression by ultraviolet irradiation in vivo. *JExp Med.* 1983;158:84-98.
36. Hersey P, Haren G, Hasic E, Edwards A. Alteration of T cell subsets and induction of suppressor T cell activity in normal subjects after exposure to sunlight. *J Immunol.* 1983;31:171-174.
37. Andes D, Casadevall A. Insights into fungal pathogenesis from the iatrogenic epidemic of *Exserohilum rostratum* fungal meningitis. *Fungal Genetics and Biology.* 2013;61:143-145.
38. Casadevall, A. Climate change brings the specter of new infectious diseases. *The Journal of Clinical Investigation.* 2020;130(2):553-555.
39. Lockhart SR, Etienne, KA, Vallabhaneni S. Simultaneous emergence of multidrug-resistant *Candida auris* on 3 continents confirmed by whole genome sequencing and epidemiological analyses. *Clinical Infectious Diseases.* 2017;64(2):134-140.
40. Dennis S, Fisher D. Climate change and infectious diseases: the next 50 years. *Ann. Acad. Med.* 2018;47(10):401-404.
41. Chevalier V, Pépin M, Plée L, et al. Rift Valley fever -a threat for Europe? *Euro Surveill.* 2010;15:19506.