

BÖLÜM 17

Düşük Doz Radyasyonun Etkileri



Duygu GEDİK¹
Ayşe ALTINOK²

GİRİŞ

Radyasyonun tanımlanmasından ve keşfinden sonra, hayatın neredeyse her alanında yer aldığı farkına varılması, radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkilerini önemli kılmıştır. Diagnostik olarak kullanılan, direk grafi, bilgisayarlı tomografi, mammografi, anjiografi ve nükleer tıptaki görüntüleme yöntemleri, klinik tıbbın teşhis aşamasının temellerini oluşturmaktadır. Radyasyon onkolojisiindeki radyoterapi ve nükleer tıptaki radyonüklit uygulamaları radyasyonun tedavi amacıyla kullanıldığı alanlardır.

Düşük doz radyasyon kullanılarak yapılan tetkikler, yüksek dozda uygulanan tedaviler her ne kadar insan hayatının iyileştirilmesi amacıyla kullanılmakta ise de radyasyonun yan etkilerinin olduğu bilinmektedir. Kitabın bu bölümünde, düşük doz radyasyonun etki mekanizması ve maruziyeti durumunda sağlık çalışanlarında ve halk arasında olabilecek yan etkiler tartışılacaktır.

RADYASYONUN İLK İZLERİ

Wilhelm Conrad Röntgen'in 1895 yılında, çalışma odasında Hittorf-Crookes tüpleri ile yaptığı elektiriksel iletici deneyleri sırasında bir ışımının farkına varmasıyla, radyasyonun tarihi başlamaktadır. Ne olduğunu tam olarak anlayamadığı bu ışınları "X ışını" adını vermiştir. Radyoaktivitenin keşiflerinden fizikçi Henry Becquerel 1896'da uranyum tuzlarının film rulosu üzerinde bıraktığı izleri "Becquerel ışınları" olarak tanımlamış ve Fransa bilim akademisine bildirmiştir. 1896'da Marie ve Pierre Curie'nin radyum ve polonyum üzerindeki çalışmalarından sonra bu ışınların genel ismi "radyoaktivite" olarak değişmiştir. 1901 yılında ilk fizik Nobel ödülünü alan Röntgen'den sonra Becquerel ve Curie'ler radyoaktivite çalışmalarından dolayı 1903'teki Nobel fizik ödülünü almışlardır. Becquerel'in ölümünün ardından onuruna, radyoaktivite birimi "becquerel" olarak değiştirilmiştir. Bu keşiflerden sonra tıp dünyasında bu ışınlar ilgi çok artmış ve radyasyonun

¹ Uzm. Dr., Kartal Doktor Lütfü Kırdar Şehir Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Kliniği, gedikduygu@yahoo.com

² Doç. Dr., Medical Park Bahçelievler Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Kliniği, ayse.altinok@medicalpark.com



SONUÇ

Hayatımızın her alanında radyasyona maruz kalmaktayız. Doğal kaynaklar ve tıp teknolojisi gibi yapay kaynaklar yaşamımızda geniş bir yer tutmaktadır. Dolayısıyla radyasyondan tamamen uzaklaşmak mümkün değildir. Radyasyonun insan sağlığına etkileri düşünüldüğünde önemli olan, hangi çeşit radyasyona ne dozda ve ne kadar süreyle maruz kalındığıdır. İyonize radyasyonun zararlı etkileri daha fazla ve daha ciddidir. Özellikle karsinojenik potansiyeli insan sağlığı için önemli bir tehdittir. Henüz düşük doz radyasyonun sağlığımız üzerine etkileri net değildir. Olumsuz etkileri önlemek adına kısa süreli maruziyet ve olduğunca radyasyon kaynaklarından uzak durmakta fayda vardır. Gereksiz diagnostik tetkiklerin kümülatif dozları arttırarak insan sağlığına zararı dokunabilmektedir. Mesleki olarak radyasyona maruz kalmak zorunda olanların gerekli korunma önlemlerine harfiyen uymaları riski minimize etmek açısından çok önemlidir.

AKILDA TUTULACAKLAR

- Hayatımızın her alanında radyasyona maruz kalmaktayız bu nedenle radyasyondan tamamen uzaklaşmamız mümkün değildir.
- Radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkileri oldukça önemlidir ve radyasyonun hem tanı hem tedavi aşamasında geniş bir kullanım alanı vardır.
- Radyasyon güvenliği için toplum ve sağlık çalışanları olmak üzere ayrı doz sınırlamaları getirilmiştir.
- Radyasyonun biyolojik etkileri hücrenin tipine, radyasyon çeşidine, maruz kalınan süreye ve doza bağlı olarak değişir.
- Tarihsel olarak nükleer kazalar ve sonucunda uzun yıllara dayanan gözlemler düşük doz radyasyon çalışmalarına ışık tutmuştur.
- Yüksek dozlarda zararlı olan bir ajanın düşük dozlarda faydalı etkiler göstermesine "hormesis" denir. Düşük doz radyasyon için de hormesis tartışma konusudur.

- Epidemiyolojik ve ekolojik çalışmalar, düşük doz iyonlaştırıcı radyasyonun sağlığa faydalı etkilerinin olabileceğini göstermiştir.
- İyonlaştırıcı radyasyonun kanserojen etkileri, radyasyon dozuna bağlı bir olasılıkla ortaya çıkan geç etkilerdir.
- Fetüsün yüksek radyosensitivitesi nedeniyle hamile kadınlar için teşhis amaçlı radyasyona dayalı prosedürler tavsiye ederken özellikle dikkatli olunmalıdır.
- Farklı meslek gruplarında iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalma ile ilişkili sağlık sonuçlarının değerlendirilmesi, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren kapsamlı bir çalışma konusu haline gelmiştir.

KAYNAKLAR

1. Bolus NE. Basic review of radiation biology and terminology. *J Nucl Med Technol.* 2001;29(2):67-73; test 76-7.
2. Gökharman FD, Aydın S, Koşar PN. Radyasyon güvenliğinde mesleki olarak bilmemiz gerekenler. *SDÜ Sağlık Bilimleri Derg.* 2016;7(2):35-40.
3. Kaya A. İyonize radyasyonun biyolojik etkileri. *Dicle Med J.* 2002;29(3):65-75.)
4. Institute of Medicine (US) Committee for Review and Evaluation of the Medical Use Program of the Nuclear Regulatory Commission; Gottfried KLD, Penn G, editors. Radiation In Medicine: A Need For Regulatory Reform. Washington (DC): National Academies Press (US); 1996. G, History of Radiation Regulation in Medicine. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK232703>
5. Selzer E, Hebar A. Basic principles of molecular effects of irradiation. *Wien Med Wochenschr* 2012;162:47-54.
6. Yeyin N. Radyasyonun biyolojik etkileri. *Nucl Med Semin.*2015;3:139-143
7. Daşdağ S. İyonlaştırıcı radyasyonlar ve kanser. *Dicle Med J.* 2010;37(2):177-85.
8. Dönmez S. Radyasyon tespiti ve ölçümü. *Nucl Med Semin.* 2017; 3:172-7
9. Gökoğlan E, Ekinci M, Özgenç E. et al. Radyasyon ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Anatolian Clinic the Journal of Medical Sciences.* 2020;25 (3): 289-294
10. Socol Y. Reconsidering health consequences of the Chernobyl accident. *Dose Response.* 2015;13(1). doi:10.2203/doseresponse.14-040.Socol



11. Küçük J. Çernobil kazası, konjenital anomaliler ve diğer üreme sonuçları. *Pediyatrik ve Perinatal Epidemiyoloji*.1993; 7(2): 121–51.
12. Bozbıyık A, Özdemir Ç, Hancı H. Radyasyon yaralanmaları ve korunma yöntemleri. *Sürekli Tıp Eğitimi Derg.*2002;11(7):272–4.
13. Dauer LT, Brooks AL, Hoel DG et al. Review and evaluation of updated research on the health effects associated with low-dose ionising radiation. *Radiat Prot Dosimetry*. 2010 Jul;140(2):103-36.
14. Vaiserman A, Koliada A, Zabuga O et al. Health Impacts of Low-Dose Ionizing Radiation: Current Scientific Debates and Regulatory Issues. *Dose Response*. 2018;16(3):1-27.1.
15. Cohen BL. Dose-response relationship for radiation carcinogenesis in the low-dose region. *Int Arch Occup Environ Health*.1994;66(2):71-7.
16. Szumiel I.Radiation hormesis: autophagy and other cellular mechanisms. *Int J Radiat Biol*. 2012;88(9):619-628.
17. BEIR (Biological Effects of Ionizing Radiation) VII Phase 2 Report. Health Risks From Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. National Research Council. Washington, DC: National Academy Press; 2006
18. Tubiana M, Aurengo A. Dose–effect relationship and estimation of the carcinogenic effects of low doses of ionising radiation: the Joint Report of the Academie des Sciences (Paris) and of the Academie Nationale de Medecine. *Int J Low Radiat*. 2006;2: 135-153.
19. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2016 Report to the General Assembly, With Scientific Annexes. New York, NY: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; 2017
20. Azzam EI, Colangelo NW, Domogauer JD et al. Is ionizing radiation harmful at any exposure? An echo that continues to vibrate. *Health Phys*. 2016;110(3):249-251
21. Calabrese EJ, Bachmann KA, Bailer AJ, et al. Biological stress response terminology: integrating the concepts of adaptive response and preconditioning stress within a hormetic dose– response framework. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2007;222(1):122-128.
22. Feinendegen LE, Pollycove M, Neumann RD. Whole-body responses to low-level radiation exposure: new concepts in mammalian radiobiology. *Exp Hematol*. 2007;35(4 suppl 1):37-46.
23. Kaushik N, Kim MJ, Kim RK, et al. Low-dose radiation decreases tumor progression via the inhibition of the JAK1/STAT3 signaling axis in breast cancer cell lines. *Sci Rep*. 2017;27;7(1):1-9.
24. Scott BR, Belinsky SA, Leng S et al. Radiation-stimulated epigenetic reprogramming of adaptive response genes in the lung: an evolutionary gift for mounting adaptive protection against lung cancer. *Dose Response*. 2009; 7(2):104-131
25. Merrifield M, Kovalchuk O. Epigenetics in radiation biology: a new research frontier. *Front Genet*. 2013;4:40.
26. Kadhim M, Salomaa S, Wright E, et al. Non-targeted effects of ionising radiation—implications for low dose risk. *Mutat Res*. 2013;752(2):84-98.
27. Sacks B, Meyerson G, Siegel JA. Epidemiology Without Biology: False Paradigms, Unfounded Assumptions, and Specious Statistics in Radiation Science (with Commentaries by Inge Schmitz-Feuerhake and Christopher Busby and a Reply by the Authors). *Biol Theory*. 2016;11: 69-101.
28. Calabrese EJ. Biphasic dose responses in biology, toxicology and medicine: accounting for their generalizability and quantitative features. *Environ Pollut*. 2013;182:452-460
29. Tang FR, Loke WK, Khoo BC. Low-dose or low-dose-rate ionizing radiation-induced bioeffects in animal models. *J Radiat Res*. 2017;58(2):165-182.
30. Matanoski GM, Sternberg A, Elliott EA. Does radiation exposure produce a protective effect among radiologists? *Health Phys*.1987;52(5):637-643.
31. Abuodeh Y, Venkat P, Kim S. Systematic review of case reports on the abscopal effect. *Curr Probl Cancer*. 2016;40(1):25-37.
32. Imaoka T, Nishimura M, Lizuka D et al. Radiation-induced mammary carcinogenesis in rodent models: what's different from chemical carcinogenesis? *J Radiat Res*. 2009; 50:281–93
33. Abbott A. Researchers pin down risks of low-dose radiation. *Nature*. 2015; 523:17–8.
34. Tubiana M, Aurengo A, Auerbeck D et al. Recent reports on the effect of low doses of ionizing radiation and its dose-effect relationship. *Radiat Environ Biophys*. 2006;44(4):245-51.
35. Dublin LI, Spigelman M. Mortality of medical specialists, 1938– 1942. *J Am Med Dir Assoc*. 1948;137(17):1519-1524.
36. Yoshinaga S, Mabuchi K, Sigurdson AJ. Cancer risks among radiologists and radiologic technologists: review of epidemiologic studies. *Radiology*. 2004;233(2):313-321.
37. Doll R, Berrington A, Darby SC. Low mortality of British radiologists. *Br J Radiol*. 2005;78(935):1057-1058.
38. Berrington A, Darby SC, Weiss HA et al. 100 years of observation on British radiologists: mortality from cancer and other causes, 1897–1997. *Br J Radiol*. 2001;74(882):507-519.
39. Cameron JR. Radiation increased the longevity of British radiologists. *Br J Radiol*. 2002;75(895):637-639.



40. Preston DL, Kitahara CM, Freedman DM, et al. Breast cancer risk and protracted low-to-moderate dose occupational radiation exposure in the US Radiologic Technologists Cohort, 1983–2008. *Br J Cancer*. 2016;115(9):1105-1112.
41. Hauptmann M, Mohan AK, Doody MM et al. Mortality from diseases of the circulatory system in radiologic technologists in the United States. *Am J Epidemiol*. 2003;157(3): 239-248.
42. Johnson KJ, Alexander BH, Doody MM, et al. Childhood cancer in the offspring born in 1921–1984 to US radiologic technologists. *Br J Cancer*. 2008;99(3):545-550.
43. Tubiana M. Computed tomography and radiation exposure. *N Engl J Med*. 2008;358(8):850-853
44. Liu SZ. Cancer control related to stimulation of immunity by low-dose radiation. *Dose Response*. 2006;5(1):39-47.
45. Pollycove M, Feinendegen LE. Low-dose radio-immuno-therapy of cancer. *Hum Exp Toxicol*. 2008;27(2):169-175
46. Ootsuyama A, Okazaki R, Norimura T. Effect of extended exposure to low-dose radiation on autoimmune diseases of immunologically suppressed MRL/Mp-Tn-gld/gld mice. *J Radiat Res*. 2003;44(3):243-247.
47. Doss M. Low dose radiation adaptive protection to control neurodegenerative diseases. *Dose Response*. 2013;12(2):277-287.
48. Ron E. Cancer risks from medical radiation. *Health Phys*. 2003;85(1):47-59.
49. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. 2000 Report, Volume 2: Annex G. Biological effects at low radiation doses. New York, NY: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; 2000.
50. Toma` P, Cannata` V, Genovese E et al. Radiation exposure in diagnostic imaging: wisdom and prudence, but still a lot to understand. *Radiol Med*. 2017;122(3):215-220
51. Siegel JA, Pennington CW, Sacks B. Subjecting radiologic imaging to the linear no-threshold hypothesis: a non sequitur of nontrivial proportion. *J Nucl Med*. 2017;58(1):1-6.
52. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet*. 2012;380(9840):499-505
53. Walsh L, Shore R, Auvinen A et al. Risks from CT scans—what do recent studies tell us? *J Radiol Prot*. 2014;34(1): E1-E5
54. Normile D. Epidemic of fear. *Science*. 2016;351(6277):1022-1023.
55. Miller AB, Howe GR, Sherman GJ. Mortality from breast cancer after irradiation during fluoroscopic examinations in patients being treated for tuberculosis. *N Engl J Med*. 1989;321(19): 1285-1289
56. Ronckers CM, Land CE, Miller JS et al. Cancer mortality among women frequently exposed to radiographic examinations for spinal disorders. *Radiat Res*. 2010;174(1):83-90.
57. Boice JD Jr, Preston D, Davis FG et al. Frequent chest X-ray fluoroscopy and breast cancer incidence among tuberculosis patients in Massachusetts. *Radiat Res*. 1991;125(2):214-222.
58. Gomes M, Matias A, Macedo F. Risks to the fetus from diagnostic imaging during pregnancy: review and proposal of a clinical protocol. *Pediatr Radiol*. 2015;45(13):1916-1929.
59. Rakıcı SY. Kanser Tedavisinde İmmunoterapi ve Radyoterapi. *Rize Tıp Dergisi*. 2021;1 (1):16-27.