



Dünyada ve Ülkemizde Nükleer ve Radyolojik Kazaların Tarihçesi

History of Nuclear and Radiological Accidents in the World and Turkey

Bengül Günalp

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Öz

Nükleer ve radyasyon kazaları Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı tarafından "insanlar, çevre veya tesis üzerinde ciddi sonuçlara yol açmış bir olay" olarak tanımlanır. Kazanın ölümlere neden olması, çevreye büyük miktarlarda radyoaktivite salınımının olması veya reaktör çekirdeğinin erimesi bu ciddi sonuçlardan bazılarıdır. Majör nükleer kazalara en önde gelen örnek reaktör çekirdeğinin hasar görmesi ile çevreye büyük miktarlarda radyoaktivitenin salındığı, 1986 yılında olan Çernobil felaketidir. Nükleer ve radyasyon kazaları/olaylar nükleer tesislerdeki operasyonlar, radyoaktif maddelerin taşınması, radyasyon kaynaklarının endüstriyel ve tıbbi kullanımları sırasında ortaya çıkabilir. Kaza ve olayların önemi Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği'ne [International Nuclear and Radiological Event Scale (INES)] göre belirlenir. Skala bir üst seviyedeki kaza veya olay diğerinden önemi on kat daha fazla olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu skalaya göre 4, 5, 6 ve 7 dereceleri ile belirlenen kazalar oldukça nadirdir, ancak sonuçları önemlidir. INES skalasına göre seviye 1, 2 ve 3 ile derecelenen olaylar ise radyasyonun rutin kullanımı sırasında daha sık karşımıza çıkar ve sonuçları açısından daha az önemlidir. Bu derlemede dünya çapında günümüze kadar olan önemli nükleer ve radyolojik kazalara örnekler verilecek ve tekrarlamalarını önlemek için çıkarılan dersler üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Nükleer kazalar, radyolojik kazalar, radyasyon kazaları, radyasyon güvenliği

Abstract

Nuclear and radiation accidents are defined by International Atomic Energy Agency as "an event that has led to significant consequences to people, the environment or the facility". Death of people, release of large amount of radioactivity to the environment, and reactor core melt are some examples of such serious effects. The most prominent example of a "major nuclear accident" is the Chernobyl disaster in 1986, in which reactor core was damaged and significant amounts of radioactivity released. Nuclear and radiological accidents can occur during the operations in nuclear facilities, transportation of nuclear substances, industrial and medical use of radiation sources. The significance of events is determined by the International Nuclear and Radiological Event Scale (INES). The INES scale is designed as the severity of an event is about ten times greater for each increase in level on the scale. According to this scale, level 4, 5, 6, and 7 are described as "accident". They are rare, but their consequences are serious. INES scale 2 and 3 are described as "incidents" which more commonly occur during the routine use of radiation. In this review, we present examples of significant nuclear and radiological events worldwide and focus on learning from previous accidents to prevent future catastrophes.

Keywords: Nuclear accidents, radiologic accidents, radiation accidents, radiation safety

Giriş

Günümüzde radyasyon ve radyoaktif maddelerin nükleer tesislerde, endüstride ve tıp alanında giderek

yaygınlaşan kullanımı beraberinde kazaların, olayların ve normalden sapmaların da ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Aynı depremlerin şiddetinin Richter ölçeği olmadan anlaşılmasının mümkün olmaması gibi

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Dr. Bengül Günalp, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

E-posta: bgunalp@yahoo.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0003-2337-8295

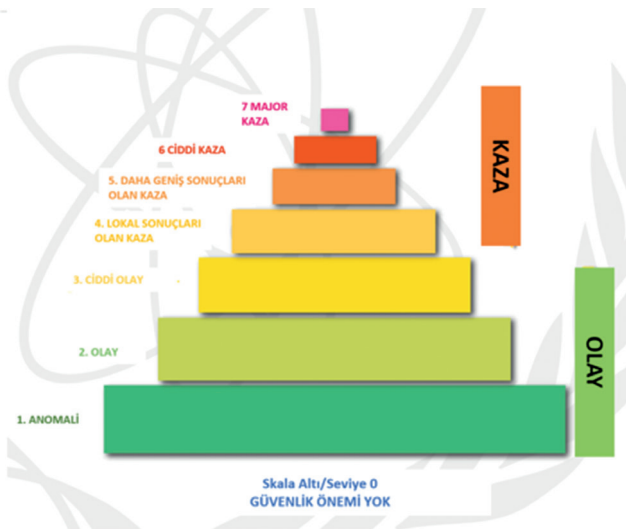
©Telif Hakkı 2017 Türkiye Nükleer Tıp Derneği / Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

nükleer/radyolojik kazaların önemini belirlemek için de benzer bir skala tanımlanmıştır (1). Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği'ne [International Nuclear and Radiological Event Scale (INES)] göre kaza ve olaylar önemlerine göre derecelendirilirler (Şekil 1). INES'de her bir seviye bir öncekinden 10 kat daha fazla öneme sahip olayları tanımlar. Bu ölçeğe göre her bir seviyede günümüze kadar ortaya çıkmış kazalardan örnekler aşağıda sıralanmaktadır.

Nükleer Enerji Santrali Kazalarına Örnekler

Three Mile Adası, Pensilvanya ABD, 28 Mart 1979, INES Seviye 5

Three Mile Adası kazası Pensilvanya'daki nükleer enerji santralinin 2 no'lu reaktöründe 28 Mart 1979'da meydana gelmiştir. Kaza önce reaktörün ikinci soğutma sisteminde meydana gelen bir arıza ile başlamış ve birincil su soğutma sistemindeki bir vananın sıkışarak açık kalması ile büyük miktarda soğutma suyu soğutma sisteminin dışına kaçarak reaktör çekirdeğinde ısının yükselmesinde ve neticede reaktör çekirdeğinin kısmi erimesine yol açmıştır. Kaza ABD tarihinde ticari nükleer santrallerde meydana gelmiş en ciddi kazadır. Kaza sonucu halkta nükleer güvenlik ile ilgili kaygılar oluşmuş, bu nükleer karşıtı aktivistlerin eylemleri ile artmıştır. Amerikan Nükleer Düzenleme Komisyonu kazanın oluşumunu araştıran bir komisyon kurmuş ve sonuçta nükleer santrallere yeni güvenlik önlemleri ve ciddi yaptırımlar getirilmiştir (2).



Şekil 1. Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği (International Nuclear and Radiological Event Scale)

Kazanın sonuçları: Kaza sonucu çevreye yayılan radyonüklidler çok düşük miktarda (Tablo 1) olup İyonize Radyasyonun Biyolojik Etkileri Komisyonu tarafından yayınlanan raporda kanser insidansında istatistiksel olarak anlamlı bir artış olmayacağı belirtilmiş (3) ve bu daha sonra yapılan pek çok çalışma ile desteklenmiştir (4,5).

Çernobil, Ukrayna (Eski Sovyetler Birliği), 26 Nisan 1986, INES Seviye 7 (Majör Kaza)

Çernobil günümüze kadar dünyada gerçekleşmiş en kötü nükleer felaket olarak düşünülür. 26 Nisan 1986'da bir reaktör sistem testi sırasında güçte ani artış reaktörün 4. ünitesini yıkan patlama ve yangına neden olmuştur. Çevreye masif miktarda radyasyon salınımı olmuş ve Sovyetler Birliği'nin batı kesimi ve Avrupa'ya yayılmıştır. Bu felaket sonucu yaklaşık 220,000 kişi evlerinden başka yerlere taşınmak zorunda kalmıştır.

Kaza Nasıl Oldu?

Reaktörün 4. ünitesi rutin bakım nedeniyle kapatılmıştı. Ana istasyon elektrik güç desteği kalktığında acil güç kaynağı devreye girinceye kadar olan geçiş süresinde, reaktörün kendi donanımının çekirdeğini soğutmaya ve acil cihazlarını ça lıştırmaya yeterli elektrik gücünü sağlama kabiliyetini sinamak için bir test gerçekleştirildi. Çalışanlar yeterli güvenlik önlemlerini almadan veya elektrik testinin riskleri konusunda operatörü uyaracak sistemleri çalıştırmadan testi başlattılar. Bu farkındalığın olmaması operatörlerin güvenlik prosedürlerinden uzaklaşan eylemler yapmalarına neden oldu. Sonuç olarak, ani güç dalgası patlama ve reaktörün hemen tümünün yıkımı ile sonuçlandı. Yıkılan reaktör binasında çıkan yangın aşırı ölçüde radyoaktif salınımına katkıda bulundu.

Kazanın sonuçları: Akut dönem sonuçları (deterministik etkiler, akut radyasyon sendromu): Çernobil kazasında iki kişi patlamadan dolayı öldü ve çoğu tehlikenin farkında olmayan itfaiye erleri olmak üzere

Tablo 1. Nükleer ve radyolojik kazalardan çevreye yayılan önemli radyonüklidlerin miktar karşılaştırılması ($\times 10^{15}$ Bq)

	I-131	Cs-137	Sr-90	Diğer
Reaktörler				
Three Mile Adası (1979)	0,001	-	-	Xe-133
Çernobil (1986)	1800	85	10	Cs-134, vb.
Fukushima (2011)	160	15	0,14	Cs-134, vb.
Radyolojik kazalar				
Goiania (1987)	-	0,05	-	-

100'den fazla kişi akut radyasyon sendromuna (ARS) neden olacak düzeyde yüksek radyasyon aldı. Bunlardan 29'u birkaç ay içerisinde öldü ve bunu takibeden yıllarda 18 kişi daha hayatını kaybetti (6,7).

Geç dönem sonuçları (Stokastik etkiler, tiroid kanserleri): Çernobil kazası sonrasında 40'ı insan sağlığına potansiyel zararlı olmak üzere 400'ün üzerinde radyonüklid biyosfere salındı. Bir milyon kilometre kare alan 1 Ci ve üzeri radyoizotop ile kontamine oldu. Yakın zonda (<100 km) öncelikle ağır partiküllerin (Sr, Pu, vb.), uzak zonda ise volatil elementler (I, Cs) deposiyonu oldu. Kazada 17-45 MCi I-131'in atmosfere salındığı hesaplanmaktadır (Tablo 1). Çernobil felaketinin majör sağlık sonuçlarından birisi özellikle çocukluk çağında olmak üzere tiroid kanserlerindeki anlamlı artıştır. Kazayı takiben 10 milyon nüfuslu Belarus'ta total 5449 tiroid kanseri tanısı konulmuştur. Bu kazadan 12 yıl öncesi ile karşılaştırıldığında tiroid kanserlerinde 3,9 kat artış ile uyumludur. Tiroid kanserlerindeki artıştan özellikle I-131 olmak üzere iyot izotoplarının salınımı ve erken dönemde stabil iyot dağıtımının yapılmamış olması sorumlu tutulmuştur (8,9).

Fukushima Daiichi, Japonya, 11 Mart 2011, INES Seviye 7 (Majör Kaza)

11 Mart 2011'de Japonya'nın doğu kıyısında 9 şiddetinde tsunami yaratan bir deprem oldu. Deprem ve tsunami sonucu 15891 kişi öldü ve 2579 kişi kayboldu. Deprem ve tsunami Japonya'nın Kuzeydoğu kıyısında olan Fukushima Daiichi Nükleer Enerji Santrali'nde ciddi hasara yol açtı.

Kaza Nasıl Oldu?

Deprem reaktörlerin dış güç kaynaklarını kesmişti. Deprem sonrası ortaya çıkan tsunami dalgası da santralin dayanmak üzere planlandığından daha yüksekti. Yedek jeneratörler çalışmadı ve reaktörün soğutma sistemi felce uğradı. Reaktör çekirdeğinde aşırı ısınan yakıt 12, 14 ve 15 Mart'ta reaktör binalarının üçünde ciddi hasara yol açan hidrojen patlamalarına neden oldu. Reaktör çekirdeklerinden üçünde bulunan yakıt eridi ve hasar görmüş reaktörlerden salınan radyonüklidler santral çevresindeki geniş bir alanı kontamine etti. Bunun sonucunda çevrede oturan yarım milyona yakın kişi evlerinden boşaltıldı.

Kazanın sonuçları: Fukushima kazası Çernobil kazasından sonra en ciddi sonuçları olan nükleer kazadır. Bununla birlikte radyasyon nedeni ile ölen olmamıştır. Kazada salınan önemli radyonüklidler yarı ömrü 8 gün olan I-131 ve 30 yıl olan Cs-137'dir. Birleşmiş Milletler

Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından Fukushima çevresinde yaşayanlarda yaşam boyu alınacak efektif doz erişkinlerde 10 mSv olarak hesaplanmıştır. Tokyo Elektrik Enerjisi Şirketi kayıtlarına göre ortalama çalışanların kazadan sonraki ilk 19 ayda aldığı doz 12 mSv'dir. Bu süreç içerisinde işgücünün yaklaşık %35'i 10 mSv, %0,7'si ise 100 mSv'den daha yüksek doz almıştır. Bu işçilerde artmış kanser riski beklenebilir. Ancak genel sağlık perspektifinde Fukushima kazasına bağlı radyasyona maruz kalmadan doğan risk Japonya'da düşük ve diğer komşu ülkelerde ise çok düşük olarak hesaplanmaktadır (10,11,12).

Goiânia, Brezilya, 13 Eylül 1987, INES Seviye 5: Geniş Sonuçları Olan Kaza

Goiânia Radyoterapi Enstitüsü Co-60 teleterapi ünitesini alarak, fakat eski Cs-137 teleterapi cihazını eski binalarında bırakarak yeni binalarına kalmıştır. Terk edilen binada değerli cihazın olduğu bilgisini alan iki hurdacı 13 Eylül 1987'de binaya girerek teleterapi ünitesinin başını sökmeye çalışır ve sonunda kapalı sezyum kaynağının olduğu dönen üniteyi çıkarırlar. Bunu el arabası ile eve getirip tokmak ve muşta ile koruyucu dış zırhını açarlar ve kolimatör orifisinin kapağını kırarak radyasyona maruz kalırlar. Kırarak açma işinin başlangıcından yaklaşık 3 saat sonra her iki hurdacıda bulantı ve kusma gelişir. Bu gastrointestinal yakınmalar 4-5 gün sürmüştür. 18 Eylül'de kaynağın olduğu radyoterapi başı bir hurda metal toplayıcısına satılır. Gece hurda metal toplayıcı satın aldığı objeden karanlıkta değerli bir taş gibi mavi bir ışığın çıktığını fark eder ve bunun mistik bir özellik olduğunu düşünürler. Bu bilgi akrabaları ve arkadaşları arasında yayılır ve bu fenomeni izlemek üzere hurda toplayıcısının evine pek çok kişi gelir. Kaynak kapsülü yırtılarak sezyum yayılımı başlar. Cs-137 kaynağı sezyum klorid tuzu şeklinde bulunup çözünürlüğü çok yüksektir. Misafirler Cs-137 ile kontamine olarak gittikleri her yerde sezyum kontaminasyonuna neden olurlar. Goiânia'dan 100 km uzaklıktaki evlerde bile Cs-137 kontaminasyonu saptanır. 28 Eylül'de hurda metal toplayıcısının eşi giderek artan sayıda kişide gastrointestinal semptomların olduğunu fark ederek bu gelen obje ile ilişkili olabileceğini düşünür ve kaynaktan kalanları otobüs ile Sanity Surveillance Division'a götürür ve doktorun önüne bırakarak "bu benim ailemi öldürüyor" der. Doktor materyalin toksik gaz içerebileceğini düşünerek maddeyi bahçeye çıkarır ve madde bir gün orada kalır. Sonuçta radyoaktivite içeriğinden şüphelenilerek nükleer fizikçi çağırılır. Fizikçi

ortamda çok yüksek radyasyon olduğunu tespit ederek binayı boşaltır ve etrafını kordon ile çevirir.

Kazaya neden olan Cs-137 kaynağının aktivitesi 1375 Ci olup çok geniş bir alanda kontaminasyona neden olmuştur. Radyolojik triyaj bir statyumda yapılmış. Yüz on iki bin kişi monitörize edilmiş ve 249'unda kontaminasyon bulunmuştur. Yüz yirmi kişide kontaminasyon sadece giysilerinde iken 129 kişide internal kontaminasyon saptanmış. Elli kişi tıbbi takibe alınmış. Seksen beş evde ciddi kontaminasyon bulunarak 41'i boşaltılmış, dördü yıkılmış. 2000 m² alanda kontaminasyon bulunarak 3000 m³ kontamine materyal toplanmış ve 15 km uzaklıktaki bir kalıcı depoda saklanmıştır.

Kazanın sonuçları: Goiânia kazasında Cs-137 internal kontaminasyonu olan hastalar Prusya mavisi (erişkin 3-10 gr/gün, çocuklar 1-3 gr/gün) ile tedavi edilmiştir. Sekiz hastada ciddi kemik iliği sendromu gelişmiş ve bu hastalardan dördü hemoraji ve sepsis nedeni ile hayatlarını kaybetmişler, 28 hastada da radyasyon yanıkları meydana gelmiş ve cerrahi ile tedavi edilmişlerdir (13,14,15,16).

Kosta Rika Radyoterapi Kazası, Ağustos-Eylül 1996

Kosta Rika radyoterapi kazası San Jose'deki San Juan de Dios Hastanesi'nde radyoterapi biriminde olmuştur. 22 Ağustos 1996'da Co-60 kaynağı değiştirilmiş ve kalibrasyonda doz hızları yanlış olarak hesaplanmıştır. Bu hata hastaların yüksek dozlarda ışınlanması ile sonuçlanmıştır. Kalibrasyon hatası 27 Aralık 1997'de saptanmış ve kaza sırasında 114 hasta yüksek dozlarda ışınlanmıştır. On üç hasta radyasyon ile ilgili yaralanmalardan hayatını kaybetmiştir (17).

İstanbul İkitelli Kazası, Aralık 1998, INES Seviye 3, Ciddi Olay

Goiânia kazasının bir benzeri 1998 Aralık ayında İstanbul'da yaşandı. Bir depoda tutulan radyoterapi kaynakları deponun el değiştirmesi ile hurdacılara satıldı. Hurdacılar içerisinde Co-60 bulunan radyoterapi ünitesinin başını sökmeye çalışırken yüksek doz radyasyona maruz kaldılar. Goiânia kazasından farklı olarak kaynak kendi zırhından açılmadı ve kontaminasyona neden olmadı. Hastalardaki gastrointestinal semptomlar besin zehirlenmesi olarak düşünüldü. Kazadan bir ay sonra hastalarda pansitopeni gelişmesi üzerine özel bir klinikte radyasyon kazasından şüphelenilerek Çekmece Nükleer Araştırma Eğitim Merkezi kaynağı bularak güvenli ortamda depoladı.

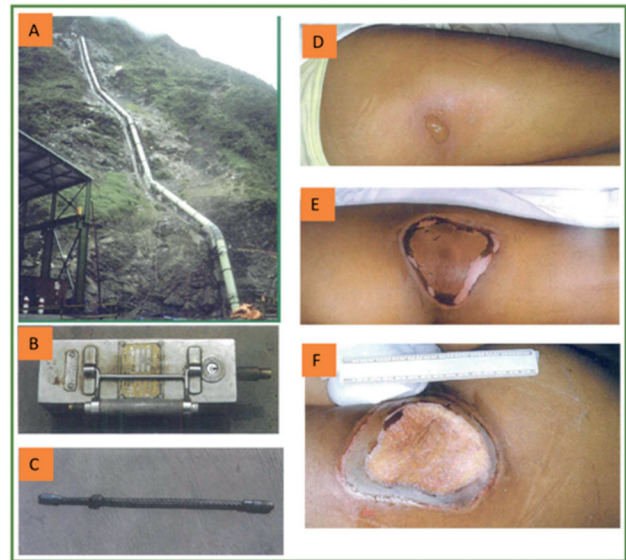
Kazanın sonuçları: On kişide orta ve ciddi derecede ARS gelişti, bunlardan bir tanesinde ayrıca lokal radyasyon yaralanması mevcuttu. Beş kişide orta derecede ARS gelişti. Bu hastalar G-CSF, yeterli antibakteriyel, antiviral ve antifungal profilaksi ve trombosit transfüzyonları ile tedavi edildi (18).

Yanango Radyolojik Kazası, Peru, 20 Şubat 1999

Şubat 1999'da Peru'da bir hidroelektrik santraline döşenen boru hatlarına yapılan kaynakların bütünlüğünü Ir-192 radyografi kaynağını kullanılarak çekilen radyografiler ile gösterilirken kaynağın zırhlı kutusuna geri çekilmesinde oluşan problem sonucu kaynak zemine düşer. Yerde parlak bir obje bulan bir kaynak ustası değerli bir şey olduğunu düşünerek kaynağı cebine atar ve birkaç saat süresince taşır. Lokal olarak pelvise çok yüksek radyasyon dozu alır ve ciddi bir radyasyon kazasına neden olur. Kaynağının aldığı yüksek doz bacağının amputasyonu ile sonuçlanmıştır. Karısı ve çocukları da daha az oranlarda radyasyona maruz kalmışlardır (Şekil 2) (19).

Sonuç

Günümüze kadar yaşanan nükleer kazalarda gördüğümüz gibi kazanın sadece olduğu yeri değil çevre ülkeleri hatta bütün bir kıtayı etkilemesi söz konusudur. Çernobil kazasından sonra operatör



Şekil 2. Yanango radyolojik kazası. A) Hidroelektrik santralinde kaynak yapılan boru hattı. B) Zırhlı radyografi cihazı. C) Kaynağı taşıyan kablo. D) Sağ kalça üst kesimindeki lezyonda bilister formasyonu ve etrafında enflamasyon alanı (22 Şubat 1999). E) Santral lezyonda soyulma ve etrafında hiperpigmentasyon alanı (5 Mart 1999). F) Sağ kalçada yüzeysel ülser gelişimi (19 Mart 1999) (19).

hatalarını ortadan kaldıracak otomatik kontrol sistemleri geliştirilmiş, santrallerin bir kaza durumunda çevreye radyonüklid salınımını minimuma indirecek yapı güçlendirmesi yapılmıştır. Ancak Fukushima’da o güne kadar karşılaşmamış şiddette bir deprem ve tsunami alınan tüm önlemleri yetersiz bırakmıştır. Bu kazalar hiç bir zaman nükleer enerjiden vaz geçilmesi anlamına gelmeyip her kazadan sonra eksikler, aksayan teknikler gözden geçirilip daha güvenli sistemler kurulmaktadır. Günümüze kadar örneklerini verdiğimiz radyolojik kazaların önlenmesinde de en önemli faktörlerin radyasyon kaynaklarının kullanımının ve kullanılmış kaynakların lisanslı üreticisine tesliminin ulusal otorite (Türkiye’de Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) tarafından sıkı denetim altında tutulması ve tüm radyasyon çalışanlarının radyasyon güvenliği konusunda eğitimlerinin zorunlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Finansal Destek: Yazar tarafından finansal destek alınmadığı bildirilmiştir

Kaynaklar

1. International Atomic Energy Agency. International Nuclear and Radiological Events Scale Users’ Manual, Edition. Vienna, Austria 2008.
2. Nuclear Regulatory Commission. Investigation into the march 28 1979 Three Mile Island Accident by Office of Inspection and Enforcement. Washington DC: 1979.
3. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation. “Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation (BEIR V)”. Washington DC: National Academy Press, 1990.
4. Wing S, Richardson D, Armstrong D, Crawford-Brown D. A reevaluation of cancer incidence near the Three Mile Island nuclear plant: the collision of evidence and assumptions. Environ Health Perspect 1997;105:52-57.
5. Hatch MC, Wallenstein S, Beyea J, Nieves JW, Susser M. Cancer rates after the Three Mile Island nuclear accident and proximity of residence to the plant. Am J Public Health 1991;81:719-724.
6. Bebashko VG, Kovalenko AN, Belyi DA, Bazyka DA, Chumak AA, Sushko VA, Gayiday VM. Medical monitoring results of survivors with acute radiation syndrome after Chernobyl disaster. International Congress Series 2003;1258:115-122.
7. Berry RJ. Early radiation casualties-what Chernobyl has taught us. Journal of the Society of Radiological Protection 1987;7:55-59.
8. Ivanov VK, Gorsky AI, Tsyb AF, Maksyutov MA, Rastopchin EM. Dynamics of thyroid cancer incidence in Russia following the Chernobyl accident. J Radiol Prot 1999;19:305-318.
9. Peter J, Bogdanova TI, Buglova EE, Kenigsberg JE, Tronko ND. Comparison of thyroid cancer incidence after the Chernobyl accident in Belarus and in Ukraine. International Congress Series 2002;1234:215-219.
10. WHO publication 2013. Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami, based on a preliminary dose estimation. WHO publication 2013.
11. UNSCEAR 2013 REPORT Sources, effects and risks of ionizing radiation UNSCEAR 2013 REPORT Vol I.
12. UNSCEAR Developments since the 2013 UNSCEAR Report on the levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident following the great east-Japan earthquake and tsunami. UNSCEAR Fukushima 2015.
13. International Atomic Energy Agency. The Radiological accident in Goiânia . Vienna: International Atomic Energy Agency. 1988. ISBN 92-0-129088-8. on line at IAEA [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub815_web.pdf].
14. Brandao-Mello CER, Farina A Rodrigues de Oliveira MP, Curado JF, Filho QCB. Santos, May 2000, “Medical follow-up of the radiation accident with 137-Cs in Goiania--an update (1990-1994), Restoration of Environments Affected by Residues from Radiological Accidents: Approaches to Decision Making. IAEA (Vienna, Austria), pp. 240-243, on line at IAEA [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1131_prn.pdf].
15. IAEA, June 1998, Dosimetric and Medical Aspects of the Radiological Accident in Goiania in 1987, IAEA (Vienna, Austria), on line at IAEA [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1009_prn.pdf].
16. Valverde NJ, Oliveria AR. The early medical response to the Goiania accident, in Restoration of Environments Affected by Residues from Radiological Accidents: Approaches to Decision Making, IAEA (Vienna, Austria), pp. 138+, on line at IAEA [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1131_prn.pdf].
17. IAEA. Accidental overexposure of radiotherapy patients in San Jose, Costa Rica. International Atomic Energy Agency 1998.
18. IAEA. The radiological accident in Istanbul. IAEA 2000.
19. IAEA. The radiological accident in Yanango. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2000.STI/PUB/1101, ISBN 92-0-101500-3.