

Radyoterapi çalışanlarının maruz kaldığı radyasyon miktarının dozimetrik değerlendirilmesi

Dosimetric evaluation of the amount of radiation exposure on radiotherapy workers

Fatih Göksel, Fatih Demircioğlu

Dr. Abdurrahman Yurtaslan Ankara Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Kliniği, Ankara, Türkiye

ÖZ

Amaç: Radyoterapi en sık kullanılan kanser tedavi yöntemlerinden birisidir ve tedavi etkisinin sağlanabilmesi için yüksek doz iyonize radyasyon kullanılmaktadır. Bu radyasyonlu ortamda çalışan radyoterapi personelleri için radyasyona maruz kalmak en büyük mesleki sorundur ve ciddi korunma önlemleri alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda radyasyon onkolojisi kliniğimizde çalışan tüm personelimizin son 3 yıllık kişisel dozimetre değerleri incelenmiş ve radyasyon maruziyet oranları değerlendirilmiştir.

Gereç ve Yöntem: 2015-2018 yılları arasında tüm personelin kişisel dozimetreleri TLD ölçümleri verileri kaydedilmiş, ölçüm periyotlarındaki maruz kaldıkları doz miktarları, meslek gruplarına göre ölçüm periyotlarındaki maruz kalınan ortalama dozlar, yıllık toplam doz maruziyeti ve gruplar arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir.

Bulgular: Toplam 18 periyottaki ölçümlerde, her bir personelin periyot başına ortalama maruz kaldığı doz miktarı 0,21 mSv'dir. Meslek gruplarına göre değerlendirildiğinde; kliniğimiz doktorlarında 0,20 mSv, medikal fizik uzmanlarında 0,20 mSv, teknikerlerimizde ise 0,21 mSv'dir. Gruplar arasında anlamlı istatistiksel fark saptanmamıştır. Periyotların ayrı ayrı değerlendirilmesinde genel olarak meslek gruplarının maruz kaldıkları dozlar birbirine benzerken sadece 2016 1. Periyot ve 2017 5. periyotta doktorlar ile diğer gruplarda, 2018 3. periyot vücut dozları ve 4. periyotta medikal fizik uzmanları ile diğer iki grup arasında anlamlı farkın olduğu görülmektedir.

Sonuç: Bir radyasyon onkolojisi merkezinde personel eğitimleri, dozimetrik ölçümler ve denetimler son derece önemlidir. Yaklaşık 30 yıldır radyoterapi tecrübemizin olduğu kliniğimizde yapılan tüm ölçüm değerlerimizin uluslararası standartlara uygun olarak saptanmıştır. Bu doğrultuda radyasyonla çalışan tüm merkezlerin mevcut değerlendirmeleri titizlikle yapmaları önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Radyoterapi, radyasyon çalışanları, kişisel dozimetre

ABSTRACT

Aim: Radiotherapy is one of the most commonly used cancer treatment methods and high dose ionizing radiation is used to provide therapeutic effect. Radiation exposure is the biggest occupational problem for radiotherapy personnel working in this radiation environment and serious protection measures must be taken. In this regard, the last 3 years of personal dosimeter values of all the staff working in our radiation oncology clinic were examined and radiation exposure rates were evaluated.

Material and Method: Between 2015 and 2018, the data of TLD measurements of personal dosimeters of all personnel were recorded, the amount of doses exposed in the measurement periods, the average doses exposed in the measurement periods according to occupational groups, the annual total dose exposure and the differences between the groups were evaluated.

Results: For measurements in a total of 18 periods, the average amount of dose each employee is 0.21 mSv per period. When evaluated according to profession groups they were; 0,20 mSv in physicians, 0,20 mSv in medical physicists and 0,21 mSv in technicians. There was no statistically significant difference between the groups. While evaluating the periods individually, the doses exposed by the occupational groups are similar, but there is a significant difference between the physicians and other workers in the 1st period of 2016 and the 5th period of 2017 and between the medical physicists and other workers in the 3rd period body doses of 2018 and the fourth period of 2018.

Conclusion: Staff training, dosimetric measurements, and inspections are extremely important in a radiation oncology center. All of our measurement values performed in our clinic, where we have radiotherapy experience for nearly 30 years, were determined in accordance with international standards. In this direction, it is recommended that all centers working with radiation should make current evaluations meticulously.

Keywords: Radiotherapy, radiation workers, personal dosimeter

Sorumlu Yazar: Fatih Demircioğlu, Dr. Abdurrahman Yurtaslan Ankara Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Kliniği, Mehmet Akif Ersoy Mah. 13. Cad, No:56, 06200, Yenimahalle, Ankara, Türkiye

E-posta: fthdemircioglu@yahoo.com

Geliş Tarihi: 10.02.2020 **Kabul Tarihi:** 27.02.2020 **Doi:** 10.32323/jhsm.579624

Cite this article as: Göksel F, Demircioğlu F. Radyoterapi çalışanlarının maruz kaldığı radyasyon miktarının dozimetrik değerlendirilmesi. J Health Sci Med 2020; 3(2): 132-135.

GİRİŞ

Radyoterapi, iyonize radyasyon kullanılarak kanserli hücrelerin öldürüldüğü ya da çoğalmasının engellendiği, kanser tedavisinde en sık kullanılan tedavi yöntemlerinden birisidir (1). Normal hücrelere göre çok daha hızlı bölünüp çoğalabilen tümör hücreleri üzerine oldukça etkilidir. Bu etkinin sağlanabilmesi için tedavide yüksek doz iyonize radyasyon kullanılmaktadır (1,2). Modern cihazlar ve planlama sistemleri sayesinde uygulanan radyasyon miktarları hasta üzerinde dozimetrik olarak ayrıntılı bir biçimde gösterilebilmektedir. Fakat bütün mesai saatini bu radyasyonlu ortamda geçiren radyoterapi personelleri için radyasyona maruz kalmak en büyük mesleki sorundur ve ciddi korunma önlemleri alınması gerekmektedir.

Bu önlemlerin en önemli basamağı yeni cihaz kurumu sırasında olmalıdır. Herhangi bir kuruma yeni kurulacak ya da yenilenecek cihazlar, hasta tedavisine başlanmadan önce Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından yönetmeliklere uygun şekilde detaylı bir şekilde denetlenmekte ve gerekli tüm tedbirler alındığı takdirde cihaza çalışma onayı verilmektedir (3). Personel bazında değerlendirme ise periyodik eğitimler ve kişisel dozimetrik kontroller ile yapılmaktadır. Tüm radyasyon personeli, Sağlık Bakanlığı Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği gereğince çalışma esnasında kişisel dozimetre taşımak zorundadır (4). Bu dozimetreler belirli periyotlarda TAEK'e gönderilerek ölçümleri yapılır. Yönetmeliğe göre radyasyon personelinin aylık maksimum maruz kalabileceği radyasyon miktarı 0,2 mSv olarak belirtilmiştir. Bu değer normal toplum için 0,01 mSv'dir ve bu dozların üzerinde olması durumunda kayıt tutulması zorunludur. Yine aynı yönetmelikte radyasyon görevlileri için etkin doz ardışık beş yılın ortalaması 20 mSv'i, herhangi bir yılda ise 50 mSv'i geçemez şeklinde madde bulunmaktadır. Bu değerler toplum üyesi kişiler için sırası ile 1 mSv ve 5 mSv'dir (4). Kabul edilebilir bu maksimum değerler, uluslararası standartlarla uyumludur (5,6). Bu değerler üzerindeki maruziyet, radyasyon çalışanlarında oluşabilecek biyolojik etkilerde risk artışı olarak karşımıza çıkabilir.

Bu veriler doğrultusunda çalışmamızda, cihaz parkı ve deneyimli personeli ile Türkiye'nin en köklü ve önde gelen onkoloji merkezlerinden biri olmanın yanı sıra Avrupa'nın da sayılı tedavi merkezleri arasında yer alan radyasyon onkolojisi kliniğimizde çalışan personellerimizin son 3 yıllık kişisel dozimetre değerleri incelenmiş ve radyasyon maruziyet oranları değerlendirilmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Kliniğimiz 1989 yılında hizmete açılmış ve şu anda 3 adet modern LINAC, 1 adet Tomoterapi, 1 adet cyber-knife, 1 adet HDR brakiterapi ve 1 adet intraoperatif radyoterapi cihazları ve 93 personeli ile yıllık yaklaşık 3000 hasta tedavi eden bir radyasyon onkolojisi merkezidir. Personelimizin tamamına işe başlangıçta ve çalışma süresince yılda iki kez radyasyon etkileri ve radyasyondan korunma yöntemleri ile ilgili eğitim verilmektedir. Tüm personelin klinik içeri-

sinde kişiye özel Termoluminesans Dozimetre (TLD) kullanılması zorunludur ve bu dozimetreler senede 6 kez ikişer aylık periyotlar şeklinde TAEK'e gönderilerek ölçümleri yapılmaktadır. Her ölçümde personelin cilt ve vücut olmak üzere iki ölçüm değeri belirlenmektedir. Veriler kayıt altına alınarak her personelin ayrı ayrı ölçüm değerleri yönetmeliğe uygunluk yönünden incelenmektedir.

Çalışmamızda kliniğimizde çalışan 93 personelin 2016-2018 yıllarında TLD ölçümlerinden elde edilen verileri kaydedilerek değerlendirilmiştir. 3 yılda toplam 18 periyot şeklinde yapılan bu ölçümlerde tüm personelin ölçüm periyotlarındaki maruz kaldıkları doz miktarları, meslek gruplarına göre ölçüm periyotlarındaki maruz kalınan ortalama dozlar, yıllık toplam doz maruziyeti ve gruplar arasındaki farklılıklar çalışmada değerlendirilmiştir.

Ortalama değerler, her ölçüm periyodu için SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versiyon 17 kullanılarak Descriptive analiz yapılarak saptanmıştır. Meslek grupları arasındaki fark karşılaştırması ise One-Way ANOVA yöntemi ile yapılmıştır. Ayrıca yıllara göre ortalama dozlar ve tüm çalışma periyodundaki 3 yıllık ortalama dozlar personelin tamamında ve gruplarda değerlendirilmiştir. $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Etik Durum

Çalışmamız için hastanemiz 04.02.2020 tarih, 86 sayılı TUEK (Tıpta Uzmanlık Eğitim Kurulu) onayı alınmıştır.

BULGULAR

Çalışmamızın yapıldığı 2016-2018 yıllarında toplam 18 periyottaki ölçümlerde, her bir personelin periyot başına ortalama maruz kaldığı doz miktarı 0,21 mSv'dir. Meslek gruplarına göre ortalama periyot dozları değerlendirildiğinde; kliniğimiz doktorlarında 0,20 mSv, medikal fizik uzmanlarında 0,20 mSv, teknikerlerimizde ise 0,21 mSv'dir. Gruplar arasında anlamlı istatistiksel fark saptanmamıştır.

Yıllık değerlendirmede 2016 yılında ortalama maruz kalınan bir periyotluk doz miktarı 0,20 mSv'dir. Meslek gruplarına göre 2016 yılındaki ortalama periyot dozları; doktorlarda 0,21 mSv, medikal fizik uzmanlarında 0,20 mSv, teknikerlerimizde ise 0,21 mSv'dir. Bu değerler 2017 yılında tüm personelde 0,19 mSv, doktorlarda 0,19 mSv, medikal fizik uzmanlarında 0,19 mSv, teknikerlerde 0,21 mSv; 2018 yılında ise tüm personelde 0,21 mSv, doktorlarda 0,20 mSv, medikal fizik uzmanlarında 0,21 mSv, teknikerlerde 0,22 mSv'dir. Hiçbir personelin kişisel dozimetre verileri yıllık 20 mSv üzerinde bulunmamıştır.

Her ölçüm periyodunda tüm personelin ve farklı meslek gruplarının ortalama değerleri de ayrıca incelenmiştir. Bu değerler yıllara göre **Tablo 1**'de verilmiştir.

Ortalama ölçüm değerlerinin meslek gruplarına göre farklılıklarının araştırılmasında sadece 2016 1. periyotta (vücut $p=0,000$, cilt $p=0,000$), 2017 5. periyotta (vücut $p=0,021$, cilt $p=0,037$), 2018 3. periyot vücut dozlarında ($p=0,02$) ve 4. periyotta (vücut $p=0,000$, cilt $p=0,000$) istatistiksel an-

Tablo 1. Yıllara ve meslek gruplarına göre ortalama dozimetre ölçüm değerleri

		N	Mean (2016)	Mean (2017)	Mean (2018)
1. periyot vücut	Doktor	33	,1870	,1952	,1915
	Teknisyen	48	,2100	,2019	,1973
	Med. Fiz.	12	,2092	,1825	,1883
	Total	93	,2017	,1970	,1941
1. periyot cilt	Doktor	33	,1836	,1900	,1924
	Teknisyen	48	,2092	,2000	,1925
	Med. Fiz.	12	,2083	,1800	,1850
	Total	93	,2000	,1939	,1915
2. periyot vücut	Doktor	33	,1942	,1985	,1942
	Teknisyen	48	,1996	,2127	,1963
	Med. Fiz.	12	,1975	,1992	,1892
	Total	93	,1974	,2059	,1946
2. periyot cilt	Doktor	33	,1915	,1955	,1927
	Teknisyen	48	,1990	,2100	,1925
	Med. Fiz.	12	,1942	,1975	,1883
	Total	93	,1957	,2032	,1920
3. periyot vücut	Doktor	33	,2209	,2112	,1897
	Teknisyen	48	,2169	,2346	,2119
	Med. Fiz.	12	,1967	,2125	,1817
	Total	93	,2157	,2234	,2001
3. periyot cilt	Doktor	33	,2218	,2088	,1903
	Teknisyen	48	,2123	,2323	,2067
	Med. Fiz.	12	,1992	,2133	,1800
	Total	93	,2140	,2215	,1974
4. periyot vücut	Doktor	33	,2088	,2194	,2473
	Teknisyen	48	,2217	,2331	,2856
	Med. Fiz.	12	,2058	,2108	,2917
	Total	93	,2151	,2254	,2728
4. periyot cilt	Doktor	33	,2039	,2136	,2479
	Teknisyen	48	,2177	,2283	,2850
	Med. Fiz.	12	,2025	,2092	,2858
	Total	93	,2109	,2206	,2719
5. periyot vücut	Doktor	33	,2261	,1833	,1970
	Teknisyen	48	,2146	,2033	,2052
	Med. Fiz.	12	,2100	,1725	,2083
	Total	93	,2181	,1923	,2027
5. periyot cilt	Doktor	33	,2197	,1809	,2000
	Teknisyen	48	,2117	,1996	,2033
	Med. Fiz.	12	,2050	,1708	,2058
	Total	93	,2137	,1892	,2025
6. periyot vücut	Doktor	33	,2145	,1712	,1882
	Teknisyen	48	,1829	,1852	,1977
	Med. Fiz.	12	,2258	,1800	,1892
	Total	93	,1997	,1796	,1932
6. periyot cilt	Doktor	33	,2106	,1679	,1918
	Teknisyen	48	,1798	,1823	,1992
	Med. Fiz.	12	,2225	,1767	,1917
	Total	93	,1962	,1765	,1956

Tablo 2. Meslek grupları ortalama değerlerinin karşılaştırılması

	2016		2017		2018	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
1. periyot vücut	10,443	,000	2,088	,130	1,156	,319
1. periyot cilt	12,458	,000	2,871	,062	,607	,547
2. periyot vücut	,228	,797	2,740	,070	,495	,611
2. periyot cilt	,443	,644	2,694	,073	,184	,832
3. periyot vücut	,373	,690	1,812	,169	4,095	,020
3. periyot cilt	,354	,703	1,630	,202	2,752	,069
4. periyot vücut	1,375	,258	2,784	,067	11,709	,000
4. periyot cilt	1,488	,231	2,450	,092	9,487	,000
5. periyot vücut	,260	,772	4,046	,021	2,559	,083
5. periyot cilt	,220	,803	3,430	,037	,452	,638
6. periyot vücut	2,544	,084	1,601	,207	1,758	,178
6. periyot cilt	2,969	,056	1,586	,210	1,022	,364

lamli fark saptanmıştır. One-Way ANOVA değerlendirmesinde; 2016 1. Periyot ve 2017 5. periyotta doktorlar ile diğer gruplarda, 2018 3. periyot vücut dozları ve 4. periyotta medikal fizik uzmanları ile diğer iki grup arasında anlamlı farkın olduğu görülmektedir. Yıllara göre grup karşılaştırma verileri **Tablo 2'** de verilmiştir.

TARTIŞMA

Çalışmamız, Türkiye'de bir radyasyon onkolojisi merkezi çalışanlarının kişisel dozimetre verilerinin incelendiği ilk çalışmadır. Radyasyonun insan vücudu üzerine olan zararlı etkileri hem deneysel çalışmalar, hem de klinik araştırmalar ile gösterilmektedir (7-9). Bu etkiler düşük dozlarda halsizlik, yorgunluk, hemogram ve biyokimyasal değerlerde değişme şeklinde görülebilirken doz miktarında artışla birlikte kilo kaybı, gen mutasyonları, kromozom kırıkları, anti-kanser immünitesinde değişiklikler ve kanser oluşumları, kısalmış yaşam süresi olarak karşımıza çıkabilir (7-9). Bunun yanında düşük doz radyasyonun, normal hücre fonksiyonları için gerekli olduğunu savunan yayınlar da bulunmaktadır (10). Bu nedenle ülkemizde ve tüm dünyada radyasyon çalışanları için maruz kalınabilecek maksimum dozlar belirlenmiş ve gerekli ölçümler ile denetimleri yapılmaktadır (3-6). Ülkemizin en köklü radyasyon onkolojisi merkezlerinden birisi olan kliniğimiz çalışanlarında hem tek ölçüm verilerinde hem de ortalama ölçüm değerlerinde bu doz limitlerinin aşılmadığı saptanmıştır.

Uluslararası yayınlar incelendiğinde yaklaşık 300 çalışanı olan iki büyük merkezde radyasyon çalışanlarının maruz kaldıkları dozlar incelenmiş ve yıllık ortalama 30 mSv'in altında olduğu gösterilmiştir (11,12). Doz maruziyeti sağlık merkezleri dışında da değerlendirilmektedir. Ritz ve arkadaşları (13)'nin nükleer santral çalışanları üzerinde yaptıkları çalışmada, çalışanların %87,3'ünün 0-20 mSv, %10,8'inin 21-100 mSv ve %1,9'unun ise 100 mSv üzerinde doz aldıklarını saptamışlardır. Çalışmamızda da yıllık

ortalama maruz kalınan doz 0,21 mSv olarak saptanmış ve mevcut literatür verileri ile uyumluluk göstermektedir.

Meslek gruplarına göre farklılıkların incelenmesi sonucunda da genel olarak anlamlı farklılıklar bulunamamıştır. 36 inceleme periyodunun sadece dördünde personeller arası istatistiksel fark elde edilmiştir. Bu farkların da işgücü yoğunluğu, cihaz ölçüm periyotları ve radyasyon izin dönemlerinin farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Radyasyon çalışanlarının maruz kaldıkları bu dozlar ülkemiz ve uluslararası belirlenen limitler ile uyumludur. Fakat nükleer kazalar sonrası yapılan bazı çalışmalarda (14-16) ve Lee ve ark. (9)'nın radyasyon çalışanlarında topluma göre daha yüksek oranda tiroid kanseri saptadıkları çalışmalarında 200 mSv altındaki düşük doz iyonize radyasyon maruziyetinin insan sağlığı üzerine olan etkileri hala belirsizliğini korumaktadır. Bu nedenle tüm radyasyon çalışanları üzerinde ayrıntılı klinik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Kliniğimiz, ülkemizde 30 yılın üzerinde aktif hizmet veren nadir radyasyon onkolojisi kliniklerinden birisidir. Personelimiz tamamına görev başlangıcında bilgilendirme eğitimleri ve görev sırasında hizmet içi eğitimleri verilmektedir. Tüm personelin kişisel dozimetre taşıdıkları düzenli olarak değerlendirilmekte ve ölçüm verileri titizlikle incelenerek kayıt edilmektedir. Cihaz ölçümleri düzenli periyotlarda ayrıntılı bir şekilde yapılmaktadır. Personellerin radyasyon izni ve mesai süreleri takipleri yapılmaktadır. Bu eğitimler, ölçümler ve denetimler sonucunda yapılan tüm ölçüm değerlerimizin uluslararası standartlara uygun olduğu düşünülmekte ve radyasyonla çalışan tüm merkezlerin mevcut değerlendirmeleri titizlikle yapmaları önerilmektedir.

Çalışmamız, ülkemizde radyasyon çalışanlarının değerlendirildiği ilk çalışma olduğundan hem ulusal hem de uluslararası literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Fakat sadece radyasyon onkolojisi değil bütün radyasyon çalışanlarının değerlendirildiği, daha uzun ölçüm periyotlarını

kapsayan ve çalışanların klinik gözlem verilerinin de dahil edildiği çalışmalar ile mevcut çalışmamız desteklenebilir.

MADDİ DESTEK VE ÇIKAR İLİŞKİSİ

Çalışmamızın hiçbir aşamasında finansal destek alınmamıştır. Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Perez & Brady's Principles and Practice of Radiation Oncology. 7. edition. Philadelphia: Edward C. Halperin; 2018.
2. Clinical Radiation Oncology. 4th edition. Philadelphia: Joel Tepper; 2015.
3. Radyasyon güvenliği yönetmeliği, Görev Gereği İşinlanmalar İçin Radyoizotopların Vücuda Yılda Alınma Sınırları (ALI), TAEK.
4. T.C. Sağlık Bakanlığı Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği. Resmi Gazete; Sayı: 23999.
5. ICRP-60, International Commission on Radiological Protection. (1990) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP, (1991), 21, Publication 60. Oxford: Pergamon Press.
6. United Nations Scientific CommiCee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and effects of Ionizing Radiation (2006) UNSCEAR. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations, New York, 2008.
7. Qian QZ, Cao XK, Liu HY, et al. Analysis of hemogram of radiation workers in Tangshan, China. J Clin Lab Anal 2016 Sep; 30: 682-8.
8. Braga-Tanaka I 3rd, Tanaka S, Kohda A, et al. Experimental studies on the biological effects of chronic low dose-rate radiation exposure in mice: overview of the studies at the Institute for Environmental Sciences. Int J Radiat Biol 2018 May; 94: 423-33.
9. Lee WJ, Preston DL, Cha ES, Ko S, Lim H. Thyroid cancer risks among medical radiation workers in South Korea, 1996-2015. Environ Health 2019 Mar 11; 18: 19.
10. Smith GB, BaCle G, Yair G, NavarreCe, GuilmeCee A, Raymond RA. Exploring biological effects of low level radiation from the other side of background. Health Phys 2011; 100: 263-5.
11. Zhu XJ, Du QQ, Lu ZH, Yuan KK, Yang HZ. [Analysis of individual dose monitoring results among radiation workers in a first-class hospital at Grade 3 from 2010 to 2017]. Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi. 2018 Nov 20; 36: 827-9.
12. Wang C, Mo SF, Zhang JB, Li JR, Huang RL, Tan HY. [Personal dose monitoring of radiation workers in medical institutions at the municipal level and below in a city from 2011 to 2014]. Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi. 2017 Aug 20; 35: 594-7.
13. Ritz B, Morgenstern H, Froines J, Young BB. Effects of exposure to external ionizing radiation on cancer mortality in nuclear workers monitored for radiation at Rocketdyne/ Atomics International. Amer J Ind Med 1999; 35: 21-31.
14. Pierce DA and Preston DL. Radiation-related cancer risks at low doses among atomic bomb survivors. Radiat Res 2000; 154: 178-86.
15. Preston D, Ron E, Tokuokas, et al. Solid cancer incidence in atom bomb survivors 1958-1998. Radiat Res 2007; 168: 1-64.
16. Pierce DA, Shimizu Y, Preston DL, Vaeth M, Mabuchi K. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950-1990. Radiat Res 1996; 146: 1-27.