

RADYASYON VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Uzm. Dr. Hakan YAREN, Prof. Dr. Ecz. Turan KARAYILANOĞLU

GATA NBC BD, Etlik, Ankara

ÖZET

Modern dünyada radyasyondan izole yaşamak artık mümkün olamamaktadır. Doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin kararlı yapıya geçebilmek için dışarı saldıkları hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklinde taşınan fazla enerjileri olarak tanımlanan radyasyon, temelde "iyonlaştırıcı" ve "iyonlaştırıcı olmayan" olarak iki kısımda incelenir. İyonlaştırıcı radyasyon; alfa, beta ve nötron partikülleri ile X ışını ve gama ışınından oluşur. İyon odaları, Geiger-Müller sayacı, sintilasyon sayacı floresan ekranlar gibi farklı dedektörlerle saptanabilen iyonizan radyasyonun moleküler, hücresel, doku ve sistem düzeyinde insan sağlığına olumsuz etkileri bulunmaktadır. Somatik ve genetik düzeyde oluşan bu etkilerden en dikkate değer olanlarından birisi; Hematopoetik, Gastrointestinal ve Nörovasküler tipte alt sendromları bulunan Akut Radyasyon hastalığıdır. Radyasyonun etkilerinden korunma; iç ve dış radyasyona karşı korunma şeklinde uygulanır. Dış radyasyona karşı korunmada uzaklık, maruziyet süresi ve zırhlama en önemli kriterler olarak dikkat çekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Radyasyon, Sağlık etkileri, Korunma

Sorumlu Yazar (Corresponding Author):
Hakan Yaren, GATA NBC BD, 06018, Etlik,
Ankara
Tel:312.3043552
E-posta: hyaren@gata.edu.tr

ABSTRACT

RADIATION AND EFFECTS ON HUMAN HEALTH

In modern world, living without radiation is impossible. Radiation is defined as "energy transmitted through space as waves or particles" and also determined as "particles or waves emitted from the nucleus of unstable radioactive atoms to become stable" Mainly two types of radiation are exist; ionising radiation and non-ionising radiation. Ionising radiation is consist of alpha, beta particules, neutrons, x rays and gamma rays. Ionising radiation which can be measured by ion chambers, geiger-Mueller detectors, Scintillation Counters, fluorescent counters etc. Has harmful effects on human health in levels of molecular, cellular, tissue, organs and organ systems. These harmful effects can also be named somatic and genetic. One of the most encountered problem is "Acute Radiation Syndrom" which has three sub syndroms called haematopoetic syndrom, gastrointestinal syndrom and neurovascular syndrom. Exposure time, distance and armorisation are the key elements of protection from radiation.

Key Words: Radiation, Health Effects, Protection

GİRİŞ

İnsanlar tüm yaşamları boyunca radyasyonla iç içe olmuşlardır. Radyasyon kaynakları var olduğu müddetçe radyasyon olacak ve bundan kaçınmak mümkün olmayacaktır. 19. yüzyılın sonlarına doğru X ışınları ve radyoaktivitenin keşfiyle birlikte tıbbi ve endüstriyel alanlardaki kullanımının günümüze kadar giderek artan bir hızla yaygınlaşması radyasyonu yasamızın ayrılmaz bir parçası haline getirmiştir (1). Radyasyon teknolojisi toplumsal yaşamı kolaylaştırmasının yanında maruziyete bağlı birçok sağlık sorununu da beraberinde getirmiştir.

Radyasyon Nedir?

Radyasyonu, en temel anlamda “ortamda yol alan enerji” olarak tanımlamak mümkündür ve bu kapsamda doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin kararlı yapıya geçebilmek için dışarı saldıkları hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklinde tasınan fazla enerjileri de “radyasyon” olarak adlandırılır. Radyasyon esas olarak iki kısımda incelenebilir; “parçacık” ve “dalga” tipi radyasyon. Parçacık radyasyonu; belli bir kütle ve enerjiye sahip çok hızlı hareket eden parçacıkları ifade eder. Dalga tipi radyasyon; belli bir

enerjiye sahip ancak kütsüz radyasyondur. Dalga tipi radyasyon, titreşim yaparak ilerleyen elektrik ve manyetik enerji dalgaları gibidir. Bütün dalga tipi radyasyonlar ışık hızıyla (3×10^8 m/saniye) hareket ederler (1,2,3).

Parçacık ve dalga tipi radyasyonları da yine iki gruba ayırmak mümkündür. Bunlar, “iyonlaştırıcı” ve “iyonlaştırıcı olmayan” radyasyonlardır. İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturabilen radyasyon demektir. İyonlaşma, radyasyonla etkilenen herhangi bir maddede ve insanlar dahil tüm canlıların vücudunda da meydana gelebilir. Genel kabul gören radyasyon sınıflaması aşağıda olduğu gibidir (1).

1. Non-iyonize (İyonlaştırıcı olmayan)

Elektromanyetik Radyasyon

- Radyo dalgaları
- Mikrodalga
- Kızıl ötesi ışınları (ısı)
- Görünen ışık (Kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavimsi, mor)
- Mor ötesi ışınlar

2. İyonize (İyonlaştırıcı)

Elektromanyetik Radyasyon

- X ışınları
- Gama ışınları
- Kozmik ışınlar

*3.İyonize (İyonlastirici) Partiküller
Radyasyon*

- Beta parçacıkları
- Alfa parçacıkları
- Nötronlar

Alfa Parçacıkları: Radyoaktif çekirdeğin kararlı hale gelmek için çıkardığı iki proton ve iki nötrondan oluşmuş bir helyum (${}^4_2\text{He}$) çekirdeğidir ve pozitif yüklüdür. Çekirdeğin, alfa çıkararak parçalanması olayı atom numarası büyük izotoplarda görülür ve genellikle doğal radyoaktif atomlarda rastlanır. (1,2,3).

Beta Parçacıkları: Çekirdekteki enerji fazlalığı çekirdek civarında, $E=mc^2$ eşitliğiyle açıklanabilen bir kütle oluşturur. Bu kütle çekirdekteki fazla yükü alır ve dışarıya bir beta isini olarak çıkar. Bunlar pozitif veya negatif yüklü elektronlardır. Pozitif yüklü elektronlar "b+" ile, negatif yüklü elektronlar ise "b-" ile sembolize edilirler. Çekirdekteki enerji fazlalığı proton fazlalığından meydana geliyorsa b+, nötron fazlalığından meydana geliyorsa b- çıkar (1,2,3).

X Isinlari: X isinlari birkaç şekilde oluşabilir; Bir atoma dışarıdan gelen veya gönderilen yüksek enerjili elektronlar o atomun ilk halkalarından elektronlar koparılır.

Atomdan kopan bu elektronun yerine daha yüksek seviyelerden (üst halkalardan) elektronlar atlayarak kopan elektronun yerindeki boşluğu doldururlar. Bu sırada ortaya çıkan enerji fazlalığı X isini şeklinde dışarı salınır. Çekirdek içerisinde bulunan protonlardan bir tanesi hareketi esnasında atomun ilk halkalarındaki elektronu yakalar ve nötrlesir. Yakalanan bu elektronun halkasındaki boşalan yere diğer bir halkadan bir elektron atlamasıyla X isini meydana gelebilir. Bunların dışında da X isini yapay olarak, röntgen tüplerinde de elde edilir. Tüp içerisinde ısıtılmış katottan yayılan elektronlar, on binlerce voltluk gerilimle hızlandırılarak karşıdaki hedef anoda çarptırılır. Bu çarpışma sonucu elektronlar durdurulurken elektronların kaybettiği enerji X isinlari olarak yayınlanır. Bu olaya Bremsstrahlung (Frenleme isini) olayı, çıkan X isinlerinin oluşturduğu sürekli spektruma da Bremsstrahlung adı verilir (1, 2, 3).

Gama Isinlari: Gama isinlari atomun çekirdeğinde oluşur. Çekirdek bir alfa veya bir beta parçacığı çıkardıktan sonra genellikle kararlı bir durumda olmaz. Kararsızlığa neden olan çekirdek enerjisi bir elektromanyetik radyasyon halinde yayınlanır. Gama

TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2005: 4 (4)

isınları, beta isınlarından daha yüksek enerjili ve dolayısıyla daha girici (nüfuz edici) isınlardır ve g ile sembolize edilirler. (1,2,3).

Tablo 1. Radyasyon Birimleri ve Dönüşümleri

TERİM	BİRİMİ		DÖNÜŞÜM
	ESKİ	YENİ	
Aktivite	Curie (Ci) ; 3.7×10^{10} parçalanma / 1 saniye	Becquerel (Bq); 1 parçalanma/1 saniye	$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10}$ Bq $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$
Isınlanma Dozu	Röntgen (R) ; normal hava şartlarında (0°C ve 760 mm Hg basıncı) havanın 1kg'ında 2.58×10^{-4} Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya gama radyasyonu miktarıdır.	Coulomb/kilogram (C/kg); normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında 1 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya gama radyasyonu miktarıdır.	$1 \text{ C/kg} = 3876$ $R1R = 2.58 \times 10^{-4}$ C/kg
Sogurulmus Doz	Radiation absorbed Dose (Rad); ısınlanan maddenin 1 kg'ında 10^{-2} Joule'lük enerji sogurulması meydana getiren radyasyon miktarıdır.	Gray (Gy) ; ısınlanan maddenin 1 kg'ında 1 Joule'lük enerji sogurulması meydana getiren radyasyon miktarıdır.	$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$ $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy}$
Doz Esdegeri	Röntgen Equivalent Man (Rem); 1 Röntgenlik X veya gama isini ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarıdır. $\text{rem} = (\text{rad}) \times (W_R)^*$	Sievert (Sv) ; 1 Gy'lik X ve gama isini ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır. $\text{Sv} = (\text{Gy}) \times (W_R)^*$	$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ $1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv}$

* W_R , "Radyasyon ağırlık faktörü" olarak adlandırılır. Farklı radyasyonların biyolojik etkilerindeki farklılıkları hesaba katmak ve aynı zamanda radyasyondan korunma hesaplarını basitleştirmek için kullanılan bir faktördür.

Nötronlar: Nötronlar yüksüz parçacıklardır. Bu özelliklerinden dolayı herhangi bir madde içerisine kolaylıkla nüfuz edebilirler. Doğrudan bir iyonlaşmaya sebep olmazlar. Ancak atomlarla etkilemeleri, iyonlaşmaya neden olan alfa, beta, gama veya x ışınlarının ortaya çıkmasına neden olabilir (1 - 3).

Iyonize (Iyonlaştırıcı) Radyasyon Birimleri

Iyonize radyasyon aktivite, isinleme dozu, sogurulmuş doz ve doz esdegeri kriterlerine göre belirlenmektedir. Uzun yıllardır Curie, röntgen, rad, rem birimleri ile belirtilen radyasyonun ve etkilerinin saptanmasında, son yıllarda uygulamalarda standart sağlanması ve hesaplamalarda kolaylık getirmesi açısından SI (System International) sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Eski ve yeni sistemde kullanılan birimler ve bu birimlerin birbirlerine dönüşümleri Tablo 1'de olduğu gibidir (1, 4).

Radyasyonun Saptanması

Radyasyon bir enerji olduğu için saptanmasında madde ile etkileşimi temel alınır. Farklı ölçüm prensiplerine sahip detektörler

mevcut olup en sık kullanılanları aşağıda belirtildiği gibidir (1, 3 - 7).

1. Gaz İyonizasyonunu tespit eden detektörler: En sık kullanılan detektör tipidir. Radyasyonun detektörde bulunan havayı ya da özel gazı iyonlaştırması ve uygulanan voltaj ile bu iyonların bir elektrik akımı oluşturarak bu akımın bir sinyal olarak kaydedilmesi esasına dayanır. İyon odaları, Geiger-Muller (GM) cihazı ve orantili sayaçlar bu tip detektörlerdir, ancak gaz çarpım katsayıları farklıdır.

2. Kati Detektörler: Silikon ve germanyum gibi maddeler kullanılır. Bu maddelerle etkileşen radyasyon belirli dalga boyunda ışık saçılmasına neden olur. Işığın yoğunluğu ile orantili elektriksel akım oluşur ve sinyal olarak kaydedilir.

3. Sivi Sintilasyon Sayaçları: Burada radyasyon detektördeki sintilasyon sıvısındaki molekülleri uyarır. Uyarılmış moleküller eski hallerine dönerken foton yayarlar. Oluşan foton miktarının radyasyon miktarı ile orantili olmasından ölçümde yararlanılır.

4. Floresan Ekranları: radyasyonun bu tip detektörlerde kullanılan floresan maddelerle etkileşiminden sonra floresan

moleküllerin başlangıç hallerine dönerken görünen ışık yayması ve yayılan ışığın radyasyon miktarı ile orantılı olması prensibinden yararlanılır.

Iyonizan (Iyonlaştırıcı) Radyasyonun Tıbbi Etkileri

Iyonizan radyasyonun olumsuz sağlık etkileri bilinmekle birlikte modern yaşamda radyasyonun izolasyonu olanaksızdır. Bu nedenle radyasyon ve uygulama alanları konusunda otorite olan uluslararası kuruluşlarca halk için ve radyasyonla uğraşan profesyoneller için azami izin verilen doz sınırları tespit edilmiştir. Buna göre; radyasyon görevlileri için azami doz ardisik bes yıl için 20 mSv/yıl, tek yıl için 50 mSv/yıl iken halk için ardisik bes yıl için 10 mSv/yıl, tek yıl için 5 mSv/yıl olarak belirlenmiştir. Öte yandan, iyonizan radyasyonun her dozda zararlı etkileri olabileceği unutulmamalıdır. Iyonizan radyasyonun tıbbi etkileri çeşitli safhalarda incelenebilir (1, 3 - 11).

1. Moleküler/Hücresel Düzeyde Etki: Iyonizan radyasyon ya direkt olarak DNA zincirinde kırılmalar oluşturur ya da hücre içindeki moleküllerle etkileserek oksijen radikalleri oluşumunu sağlar ve bu

oksijen radikalleri DNA bileşenleri ile etkileserek zincirde kırılmalar (bazı hasarı, tek ve çift zincir kırılmaları) ve diğer tip bozulmalara yol açarlar. Her hücre tipinin radyasyona duyarlılığı farklıdır. Sık bölünen ve andiferansiyasyon olan hücrelerin (over ve testisin germinal hücreleri, hematopoetik sistem hücreleri, gastrointestinal sistem epitel hücreleri) duyarlılığı fazla iken, bölünmeyen ve üst diferansiyasyon gösteren hücrelerin (Karaciğer, böbrek, Kartilaj, Kas, Sinir hücreleri) duyarlılığı daha azdır.

2. Doku/Sistem Düzeyinde Etki: Doku sistem etkileri somatik ve genetik (kalıtsal) olarak incelenebilir. **Somatik etkiler;**

a. Non Sitokastik-deterministik etkiler: Geniş ölçekte vücut alanının maruziyeti ile oluşur ve oluşum için bir eşik değeri mevcuttur. Doz arttıkça hasar miktarı artar. Erken (radyasyon hastalığı, eritem, pulmoner pnömoni, epilasyon vb.) ve geç (katarakt, akciğer fibrozisi, keratozis, infertilite, fibroartropati vb.) dönem etkileri olarak iki ana alt gruba ayrılır.

b. Sitokastik-Non Deterministik etkiler: Sadece birkaç hücrenin bile etkilenmesi ile gelişebilir. Eşik değeri yoktur, doz arttıkça hasar

orani artmaz ancak etkilenen birey sayısı artar (lösemiler, kanserler, genetik mutasyonlar). Olusan mutasyonların veya kanserlerin dogal yollarla olusnlardan bir farki yoktur.

Genetik (kalitimsal) Etkiler: Bu tip etki, organizmanın üreme hücrelerinde bulunan kromozomların radyasyon maruziyeti sonucu hasarlanması ile olur. Bu durumda önemli olan hasarlanan hücrenin yaşamı ve döllenme işlevini yerine getirmesidir. Böylece hasar bireyde değil çocuklarında ortaya çıkar ve sonraki kuşaklara da aktarılabilir. Bu etkiler sitokastik tipte etkilerdir.

Akut Radyasyon Sendromu: İnsan vücudunun yüksek doz radyasyona tüm vücut isinlaması şeklinde maruz kalması sonucu Akut Radyasyon Sendromu adı verilen klinik tablonun ortaya çıkmasına neden olur. Olusan klinik tablo doz ile doğru orantılıdır. Sendromlar dozun şiddetine bağlı olarak prodromal faz, latent faz ve manifest faz olarak 3 fazda kendini gösterir. Başlıca 3 sendrom tanımlanmıştır; Hematopoetik Sendrom (HPS), Gastrointestinal Sendrom (GIS) ve Nörovasküler Sendrom (NVS).

Hematopoetik Sendrom (HPS): 1-4 Gy'lik bir isinlamayı tabii olarak yaklaşık 2 hafta içinde ortaya çıkar. Temel problem radyasyon maruziyetine bağlı kemik iliği depresyonu oluşumudur. Kemik iliği depresyonuna bağlı trombositopeni, granülositopeni, anemi ve lenfopeni gelişir. Lenfosit sayısı, radyasyona maruziyette en hassas belirteç durumundadır. Sayısı ilk düşen hücreler lenfositlerdir ve 1-2 GY dozda ilk 48 saat içinde sayıları yaklaşık % 50 azalır. İnsan kemik iliğinde, 5 Gy sonrası 3-4. günlerde, 2-4 Gy sonrası 5-7. günlerde total çekirdekli hücre sayısı minimuma iner. Klinik tabloda kemik iliği hasarına bağlı immün sistemin baskılanması, artan enfeksiyon riski, kanama eğilimi, anemi, yara iyileşmesinde gecikme ve bunlara bağlı komplikasyonlar ön plana çıkar. Tedavide; enfeksiyon profilaksisi, enfeksiyon ve nötropeni tedavisi, immünglobülin tedavisi, hematopoetik growth faktör (cytokin) tedavisi, trombositopeni ve anemi tedavisi (tam kan ve trombosit transfüzyonu), kemik iliği ve kök hücre transplantasyonu klinik duruma bağlı olarak uygulanır.

Gastrointestinal Sendrom (GIS): 6-8 GY'lik bir isinlamadan sonra 1-2 hafta içinde belirtiler görülür.

Intestinal epitel kriptalarının hasara uğraması, mukozal atrofi ve ülserasyon görülür. Patolojik değişikliklere bağlı olarak Intestinal bakterilerin (flora) vücuda serbest giriş olanagi bulmaları ile enfeksiyon, epitel dokusunu kaybeden alanlardan kanama ve sıvi-elektrolit kaybı, gastrointestinal absorpsiyon kapasitesinin azalması ile malnutrisyon ve intestinal motilitede azalma gözlenir. HPS’de bu tabloya eşlik eder. Ölüm, sepsis ve/veya hemorajiye bağlı gelişebilir. Tedavide; HPS için yapılan girişimlere ek olarak barsak dekontaminasyonu, bulantı, kusma ve dairesinin kontrolü, sıvi elektrolit replasmanı, sitokin tedavisi, enterik besleme gibi yaklaşımlar uygulanır.

Nörovasküler Sendrom (NVS): 30-50 GY’lik bir ısınlamayı takiben 2 gün içinde ölüm görülür. Yaralıda, maruziyetten birkaç saat sonra bulantı-kusma, konfüzyon, oryantasyon bozukluğu, hipotansiyon, intrakraniyal basınç artışı, ödem, hipertermi izlenir. Klinik tablo ölümcül seyreder, Yoğun tıbbi tedavi geçici bir iyilik hali sağlamaya yardımcı olur. Narkotik analjezikler ve trankeilizan ajanlar tedavide kullanılır. Yaralı sıvi kaybı, ödem, intra-kranial basınç

artışı ve serebral anoksi nedeniyle 1-2 gün içerisinde kaybedilir.

RADYASYONDAN KORUNMA

Radyasyondan korunma yöntemleri iki bölümde incelenebilir (1,3,5).

1. İç Radyasyona karşı korunma:

İç radyasyonla kirlenme (internal kontaminasyon), radyoaktif maddelerin solunum, sindirim, mukozalar ya da cilt bütünlüğünün bozulması yoluyla vücuda girmesi ile oluşmaktadır. Vücuda giren bir radyoaktif madde, vücutta bulunduğu süre boyunca ısınlama yapar. Bu nedenle, iç radyasyon tehlikesinden korunmak için, ortamın, giysilerin ve cildin radyoaktif madde ile bulmasını, radyoaktif maddenin yiyecek ve solunum yoluyla vücuda girmesini önleyici önlemler alınması gereklidir. Bu önlemler arasında özel solunum cihazlarının kullanılması, tam yüz maske ve filtrelerinin kullanılması koruyucu elbiseler giyilmesi, imkan olmaması durumunda mendil, havlu vb. ile solunum yollarının kapatılması, kirlenen bölgedeki gıda ve suların tüketilmemesi sayılabilir.

2. Dis Radyasyona Karşı Korunma: Dis radyasyonlara karşı

korunmak için baslica üç yöntem bulunmaktadır (1,3,4,5) :

a) Uzaklık: Noktasal kaynaklardan yayınlanan radyasyon siddetleri kaynaktan olan uzaklığın karesiyle azaldığından, uzaklık iyi bir korunma aracı olmaktadır. Örneğin; doz hızı 1 m de 100 mR/s ise, 10 m deki doz hızı 1 mR/s dir.

b) Zaman: Radyasyon dozu miktarı radyasyon kaynağının yanında geçirilecek süre ile orantili olarak arttığından kaynak yakınında mümkün olduğunca kısa süre kalmalıdır. Örneğin, doz hızı 100 mR/s ise bu alanda 1 s kalırsa 100 mR, 10 s kalırsa 1000 mR doz alınır.

c) Zirhlama: Dis radyasyon tehlikelerinden korunmanın en etkin yöntemi zirhlama olup radyasyonun siddetini azaltmak için radyasyon kaynağı ile kişi arasına uygun özelliklerde koruyucu engel konulmalıdır. Zirhlama toprak, beton, çelik, kurşun gibi koruyuculuğu yüksek materyal kullanılarak yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. www.taek.gov.tr (Erisim tarihi 10Mart 2005)

2. Glossary Of Terms For Nuclear, Biological, And Chemical Agents And Defense Equipment U.S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine Aberdeen Proving Ground, MD 21010-5304 December 2001.
3. NATO Handbook On The Medical Aspects Of NBC Defensive Operations AMedP-6 (B) Part I Nuclear, February 1996.
4. Medical Management Of Radiological Casualties Military Medical Operations Armed Forces Radiobiology Research Institute Bethesda, Maryland 20889-5603 April 2003.
5. www.orau.gov/reacts (Erisim tarihi 20 Temmuz 2005)
6. Afet Tibbi Eryılmaz-Dizer Cilt 2 Sayfa 1148-1151 Ünsal Yayınları Ankara 2005,
7. Radiation Health Protection Manual. Bureau of Medicine and Surgery Washington, D.C. 20372-5300 NAVMED P-5055 Washington August 2001 Page 20-25, 36-41.
8. Department of Homeland Security, Working Group on Radiological, Dispersal Device (RDD), Preparedness, Medical Preparedness and Response Sub-Group, 5/1/03 Version.
9. Textbook of Military Medicine Medical Consequences Of Nuclear Warfare, Office of the

TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2005: 4 (4)

- Surgeon General Department of the Army, United States of America Virginia 1989, Page 10-16
10. The Medical NBC Battle Book, Center for Health Promotion and Preventive Medicine (USACHPPM), USA 2000 Page 45-90,
11. Acute Radiation Syndrome: A Fact Sheet for Physicians www.cdc.gov (erisim tarihi 21 Temmuz 2005)