



# NÜKLEER BOMBALAR VE RADYASYON TEHLİKELERİ

**Nükleer reaktör kazaları ile karşılaştırıldığında nükleer bomba (atom ve hidrojen bombası) patlamalarından sonra meydana gelen radyoaktif bulutların, insan sağlığına kıyaslanamayacak kadar çok zarar verdiğini söyleyebiliriz.**

**Doç.Dr. Selçuk ALSAN\***

**A**lbert Einstein nükleer savaş konusunda şöyle diyor: "Eğer insanlık olarak hayatta kalmak istiyorsak, tamamen yeni düşünce esasları getirmeliyiz; bu esaslar ancak gerçek, cesaret ve dürüstlük olabilir. Doktorlar Hipokrat yeminlerine sadık kalarak, nükleer felâketin nasıl birşey olduğunu insanlardan saklamamalıdır". Erasmus yüzyıllar önce şöyle diyordu: "Ancak halkın acılarından çıkarları olan bir kaç kişidir ki, savaş ister"

Hiroşima Barış Anıtı'nda ise şunlar yazmaktadır: "Rahat uyu, çünkü bu yanlışlık bir daha tekrar etmeyecek". Acaba gerçekten öyle mi? Bugün Birleşmiş Milletler tahminlerine göre dünya'da 50.000 nükleer başlıklı füze bulunmaktadır. Bunların toplam tahrip gücü, Hiroşima'da patlayan atom bombasınının 1 milyon katıdır.

İnsanlığın 5000 yıllık tarihinde savaşız geçen yalnız 292 yıl vardır ve 5000 yıl boyunca 15.513 savaşta 4 milyar in-

*1 Mart 1954 günü Bikini Atalü üzerinde patlatılan hidrojen bombası ABD'nin en büyük nükleer demoesiydi. (Hiroşima'ya atılan atom bombasından 1000 kez daha güçlü) Resim 50 mil uzaktan çekilmiştir.*

san kurban verilmiştir. Yalnız 2. Dünya Savaşı'nda 50 milyon insan ölmüştür.

Bir hidrojen bombasının gücünü en iyi şu gerçek ortaya koyar: Bir tek hidrojen bombasının patlama gücü, insanlık tarihindeki bütün savaşlardaki tüm patlamaların gücünden daha fazladır. Nükleer bir savaşta 2.5 milyar insan ölecektir. Dünyada her yıl silahlanma için 800.000.000.000 (800 trilyon) lira harcanmaktadır. Buna karşı her yıl gelişmekte olan ülkelerde 40.000 çocuk hastalık ve açlıktan ölmekte, 500 milyon insan yetersiz beslenmekte, 800 milyon insan okuyup yazma bilmemekte ve 1.5 milyar insan yeterince doktor bulamamaktadır.

Her dakika 4 kişiyi öldüren enfarktüs araştırmalarına dakikada 4 dolar harcanırken silahlanmaya her dakika bunun 250.000 katı yani 1 milyon dolar harcanmaktadır. Oysa herkese içme suyu sağlamak için yalnızca 30.000 dolar, etkili bir malarya kontrolü için yalnızca 500 milyon dolar yeterlidir. Bu gidişle 2000 yılında silahlanma harcamaları 1.000.000.000.000.000 liraya (1000 trilyon) yükselecektir. 2. Dünya Savaşından bu yana silahlanmaya 7500 trilyon lira harcanmıştır. TNT eşdeğeri olarak dünyada insan başına 3 ton nükleer bomba düşmektedir.

Dünyamız dağların kabarması, denizlerin kuruması, kıtaların kayması ve Buzul Çağı gibi birçok felâket yaşamıştır. Bunların hepsi nükleer bir savaş yanında hiç kalacaktır. Niels Bohr, Albert Einstein, Bertrand Russel ve Frederic Joliot-Curie nükleer bir savaşa karşıydılar.

Bir nükleer savaşta 2.5 milyar insan ölecektir. Dünya'nın iklimi, sıcaklığı ve oksijeni değişeceğinden hayat mümkün olmayacak; dünyamız, üzerinde canlı olmayan bir gök-cismi haline gelecektir.

Bir ülke ne kadar çok nükleer silah deposu yapmışsa nü-

\* TÜBİTAK EGİM Müdürü

leer savaştan o kadar olumsuz etkilenecektir. Nükleer bir savaşta kazanan taraf olmayacak, iki taraf da kaybedecektir.

Nükleer bomba denemelerinin dünyaya etkisi sonucunda, uzun vadede 29.000-72.000 insan kanserden ölecek (tüm vücut ışınlanması) ve 168.000 kişide nesiller boyu kalıtsal bozukluklar meydana gelecektir. Hiroşima ve Nagasaki'den sağ kalan 100.000 kişi atom bombasından gelen ışınlamaya maruz kalmıştır. Bu insanlarda bombadan 6 yıl sonra lösemi çok artmıştır. Daha sonraki yıllarda çeşitli kanserlerde artış görülmüştür. Atom bombasından 27-32 yıl sonra bile, Japonya'da kanser ölümleri normalin 2.4 katıdır, en sık görülen kanserler şunlardır: Yemekborusu, mide, kalınbarsak, akciğer, meme, idrar sistemi kanseri, lenf bezleri kanseri (lenfoma) ve multipl miyelom.

Okyanuslarda sualtında yapılan nükleer bomba denemeleri sonucu radyoaktivite yosunlara, oradan balıklara ve balıkları yiyen insanlara geçmektedir. Gemilerin gövdesini bu radyoaktif yosunlar kapladığında ışın dozu o kadar artmaktadır ki, gemi personelinin kamaralarının yerini değiştirmek gerekmektedir.

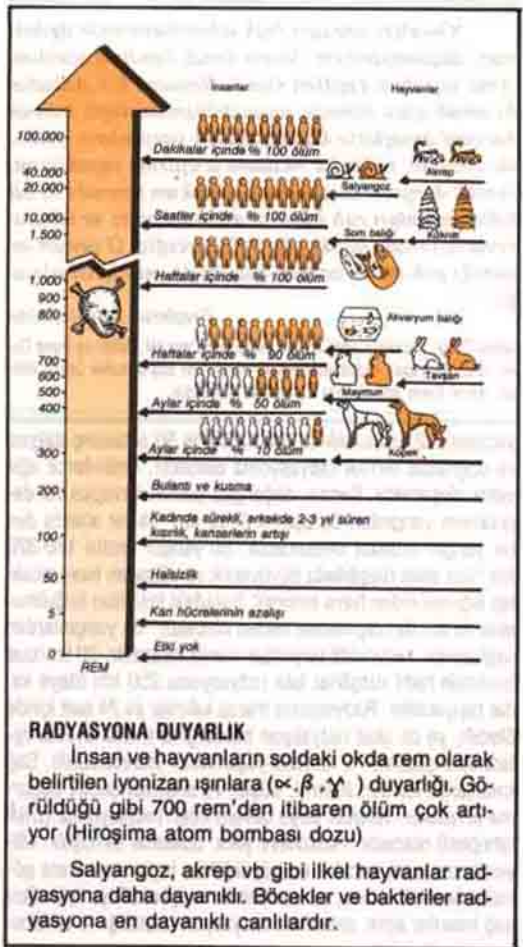
Orta büyüklükte bir şehre atılacak bir atom bombasının neden olacağı yanıktan tedavi için 170.000 tıp personeli, 8000 ton oksijen, plazma, ilaçlar, gazbezi vb. gerekecektir.

Hidrojen bombası denemeleri atmosfere stronsyum 90 vermektedir; bu, yarı ömrü 28 yıl olan, kalsiyum benzeri bir elementtir. Stronsyum 90 yağmurlarla toprağa erişmekte, insan besin zincirine girmekte ve özellikle çocuklarda kemik iliğinde yoğunlaşmaktadır. Mayıs 1959'da Science Dergisi'nde Columbia Üniversitesi araştırmacıları, ABD'de 4 yaş altı çocukların kemiklerindeki stronsyum'un normalin iki katına çıktığını bildirdiler. Aynı yıl ABD'de St Louis'de sütte stronsyum 90'un çok arttığı bulundu. Bu bulgulardan ABD'de nükleer bomba denemelerinin durdurulması için önemli bir kamuoyu oluştu. 1957'de 2000 bilim adamı Amerikalı Prof. Linus Pauling'in Uluslararası Nükleer Bomba Denemelerinin yasaklanması dilekçesini imzaladı. Indiana Üniversitesi'nden Nobel ödülü sahibi genetikçi Prof. Hermann J. Müller, -stronsyum 90'un insanlarda nesiller boyu devam edecek gen bozulmaları yapacağını bildirdi. İnsanlığın en önemli hazinesi olan gençler tehlikede idi.

1963'de ABD'de yayınlanan Çöken gök (Fallen Sky) adlı kitap, doktorları nükleer savaşa hazırlanmaya değil, nükleer savaşı önlemeye davet ediyordu; çünkü bir nükleer savaşta doktorların yapabileceği hemen hiçbir şey yoktu. "Hiç bir modern toplum, bir hidrojen bombası savaşından sağ çıkamaz"

*"Herhangi bir insanın ölümü  
Beni de yaralar ey insanlar,  
Çünkü parçasıyım ben insanlığın,  
Sorma kimin için çalıyor çanlar,  
Ola ki senin içindir,  
Sana da tehlike var".*

John DONNE



#### RADYASYONA DUYARLIK

İnsan ve hayvanların soldaki okta rem olarak belirtilen iyonizan ışınlar ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) duyarlığı. Görüldüğü gibi 700 rem'den itibaren ölüm çok artıyor (Hiroşima atom bombası dozu)

Salyangoz, akrep vb gibi ilkel hayvanlar radyasyona daha dayanıklı. Böcekler ve bakteriler radyasyona en dayanıklı canlılardır.

diyordu kitap. Bunun aksini savunanlar "İnsan hayatı ile, bilime dayanmayan büyük bir kumar" oynuyordu. Sınırlı bir nükleer saldırıda bile Boston'un merkezindeki 3 milyon insandan 1 milyonu derhal ölecek, 1 milyonu ise yaralananacak ve hastalanacaktır. Şehirdeki 6500 doktordan 4850'si hemen ölecekti; kalan 640 doktor günde 16 saatten her yaralıya 15 dakika harcarsa, tüm yaralıların muayene edilebilmesi 3 hafta alacaktı.

G. G. Caldwell ve ark. 1983'de şu gerçeği bildirdi: ABD'de 1957'de Smoky nükleer denemelerine katılan askerî personelinde 1957 ile 1979 arasında lösemi sıklığı artmıştı. Bu denemelere katılan diğer 4 kişide tehlikeli akciğer artışı (polisitemia vera) görüldü.

Büyük bir şehirde 20 megatonluk bir hidrojen bombasının patlaması 2.5 km yarıçapında ve 15 milyon Celsius derecesinde sıcaklığında bir ateştopu (top biçimli ateş) oluşturacak, canlı ve cansız herşey derhal buharlaşarak bunların yerinde derin bir krater kalacaktır. Bombanın patladığı noktadan 3.5 km uzakta olan herkes, ışık hızında seyreden sessiz ve dev sıcak dalgaları tarafından derhal öldürülecektir. 16 km uzaklıkta saatte 300 km hızla giden basınç dalgası ve yangınlar halkın en az % 50'sini öldürecek, % 40'ini ise yarala-

"Önceleri yalnızca fizik laboratuvarımla ilgilenmeyi düşünüyordum. Sonra kendi kendime sordum: Ama yaptığım keşifleri kim kullanacak ki? Anladım ki ancak gözü dönmüş savaş dellilerinin değil, bilimin barışsal amaçlarla kullanılmasını isteyenlerin yanında olursam, temiz bir vicdanla araştırma yapabilirim. Ancak dünyaya sürekli barış geldikten sonra da biz bilim adamları ruh huzuruna kavuşacağız ve laboratuvarlarımızda bütün gün kalabileceğiz. O zaman insanlığı çok mutlu edecek haberlerin müjdecisi olacağız."

Frederic Joliot-Curie

Joliot Curie, Madam Curie'nin kızı Irene Curie'nin eşi. Joliot ve Irene Curie 1935'de yapay radyoaktiviteyi keşiflerinden ötürü Nobel Ödülü aldılar. Irene Curie annesi gibi lösemiden ölmüştür.

yaacaktır. 32 Km uzaklıkta bile halkın % 50'si basınç dalgası ve doğrudan termal radyasyonla ölecektir. Onbinlerce ağır yanık oluşacaktır. Benzin, doğal gaz, petrol, havagazı vb. depolarının yangınları birleşerek 3100 km<sup>2</sup> lik bir alanda dev bir yangın fırtınası oluşturacak, bu yangın saatte 160-320 km hızla esen rüzgârlarla büyüyecek ve yükselen hava sıcaklığı sığınaklardan hava emerek, buradaki insanları boğulmasına ve diri diri pişmesine neden olacaktır. Bu yangınlardan sağkalanlar, radyoaktif serpintiye maruz kalacaktır. 30 km/saat hızındaki hafif rüzgârlar bile radyasyonu 250 km öteye kadar taşıyacaktır. Radyasyona maruz kalanlar ya 24 saat içinde ölecek, ya da akut radyasyon hastalığına tutularak mikrop-lara dirençsizlikten 2 haftada yaşamlarını yitireceklerdir. Sağ kalanlarda kanser, lösemi, düşük ve anormal çocuk doğurma artacaktır. Nesiller boyu devam eden mutasyonlar (DNA tahripleri) olacaktır. Hastaneler yıkık, doktorlar ölmüştür. Milyonlarca ceset ancak dev büyüklükte toplu mezarlara gömülebilecektir. Hava, su ve besinler radyoaktifleşmiştir. Son sağ kalanlar açlık, susuzluk, radyasyon hastalığı ve enfeksiyonlarla ölecektir.

ABD 1 Mart 1954'de, Pasifik Okyanusunda Marshall Adalarından Bikini Mercan Adasına 15 megatonluk (15 milyon ton TNT, yani Hiroşima bombasının 1000 katı) bir hidrojen bombası denemesi yapmıştı (ABD BRAVO testi). Bu patlamanın yarattığı radyoaktif çöküntü 180 km uzaklıktaki Rongelap Adasına 6 saatte ve 440 km uzaklıktaki Utirik Adasına 22 saatte erişti. Öldürücü radyoaktif kül 50.000 mil kareye yayılmış ve 80 mil ötedeki "Talihli Ejderha" adlı Japon balıkçı gemisinde 1 kişi ölmüş ve kalanlar hastalanmıştı. Rongelap Adasında yaşayanların herbiri 175 rad, Utirik Adasındaki her biri 14 rad gama ışını aldılar. Bu adalarda yaşayan yerliler hidrojen bombası radyoaktivitesinden önce değil, sonra boşaltıldı. Nükleer reaktörde olan şey kazadır, ya bunun adı nedir?

Yüksek doz gama ışını alan Rongelap Adası yerlilerinin % 90'nin derisinde radyasyon yanıkları ve tüm saçların dökülmesi görüldü. Bu adadakilere herbirinin tiroid bezi, ortalamada 4500 rad radyoaktif iyod almış bulunuyordu. 1964'den itibaren bu adalarda yaşayanlarda tiroid yetmezliği ve tiroid nodülleri (urları) görülmeye başlandı. Patlama sırasında bu iki adada 10 yaşın altında olan çocukların % 77'si tiroid kan-



Bikini adasına atılan H bombaları sonucu radyoaktifleşmiş bir balığın fotoğraf filmini karartması.

## RADYASYONUN İNSANA ETKİLERİ

### I. AKUT RADYASYON HASTALIĞI

Vücudun bütününün dıştan gelen yüksek dozda iyonizan ışınlarla maruz kalışı veya yüksek dozda radyoaktif izotoplar alışı sonucu görülür. Sırasıyla hafiften ağıra 3 şekil vardır.

#### KAN BELİRTİLERİ:

300 rad kadar radyasyon alınması sonucudur. İlk 48 saatte kanda lenfosit sayısı azalır < 1000/mm<sup>3</sup> ve alyuvar öncesi hücreler (retikülosit) kaybolur. İlk 2 haftada bazı akyuvarların (granülosit) sayısı giderek azalır, 30 gün sonra akyuvarsayısı çok düşer. Kanın pıhtı yapıcı hücreleri de (trombositler) akyuvarlara benzer şekilde azalır. Her çeşit mikrop-lu hastalık, ateş absesler, ağzı-boğaz iltihapları, herhangi bir yerden kanama, deride çürükler (ekimoz) ve 1 mm büyüklüğünde kanamalar (peteşi) görülür. 3. hafta saçlı deride ağrı ve saç dökülmesi başlar. Bulantı, kusma, zayıflama, yorgunluk vardır. iyileşme halthalar ve aylar alabilir. Hasta kanama ve enfeksiyonlar sonucu ölebilir.

#### MİDE-BARSAK BELİRTİLERİ:

Radyasyondan birkaç saat sonra iştahsızlık, bulantı, kusma ve ishal olur. Birkaç gün süren bir iyileşmeden sonra bu belirtiler ateş ve kanamalarla birlikte tekrarlar. Bu hastalar, kanlı bir ishalle (kolit) ölürlü.

### II. DERİ BELİRTİLERİ

Deride kızarma, yanma, kaşınma, yanık yaraları ve küll dökülmesi olur.

### III. GEÇ BELİRTİLER

Çocuklarda beden ve zekâ gelişmesinin yavaşlaması.

Radyasyondan 50 gün sonra erkeklerde spermatozoidlerin azalışı ve kadında yumurtaların (ovum) ölüşü sonucu kısırlık, aylar ve yıllar sonra gözde perde (katarakt), kemikliliği yetmezliği (aplastik anemi), tiroid yetmezliği, deride inceltme, kuzuluk, nasırlar ve deri kanserleri, gebe kadınlarda düşük veya anormal çocuk doğması. Lösemi artışı (radyasyondan 4-7 yıl sonra maximum - Radyumu bulan madam Curie ve kızı lösemiden ölmüştür), her çeşit kanserde artış. Yaşlanmanın hızlanması ve ömrün kısalması.

seri veya selim tiroid tümörü teşhisi ile ameliyat edildi. Hipofiz tümörlerinde de artma görüldü.

Bu çocuklar "Bikini karı"na maruz kalmış (radyoaktif kül ve mercan karışımı), bu bilimsel karın üstünde oynamış, hatta bu karı yemişti. Ne gariptir ki dünya Bikini adını duyunca hidrojen bombalarını değil de daha çok bu isimli mayoyu giyen seks bombalarını hatırlıyor.

Bombalardan sonra ortadan yokolan yalnız Bokbata Adası ve Bokonejen Adasının bir bölümü değildi. İnsanlar da yokolmuştu ve yokoluyordu. Pasifik'deki Enewetak Adasına atılan 43 hidrojen bombasından kalan radyoaktif toprak vb. yakındaki Runit Adasında 120 milyon dolar harçayarak açılan 90 m derinlik ve 1 km genişliğindeki bir çukura gömüldü, çukur betonla kapandı. Runit Adasında hala 160 gr plutonyum serbesttir ve bu yüksek dolusu plutonyum, ölüm saçmak için beklemektedir.



Bikini denemeleri 1958'e kadar devam etti. Bikini toprakları yan ömrü 30 yıl olan radyoaktif sezyum 137 ile kaplanmıştı. Burada yetişen her bitki (hindistan cevizi, ekmek ağacı vb) ölüm getirmekte idi. 1968'de ABD Başkanı L.B. Johnson, Bikini'nin tehlikesiz hale geldiğini ilan etti. Bazı yerliler adaya döndü, 1978'de bunların çok fazla cesium 137 almış oldukları anlaşıldı, ada tekrar boşaltıldı. Adanın temizlenmesi için ya K'lu gübreler kullanılacak veya toprağın üst 25 cm'li 25.000 ağaçla birlikte kazınip atılacaktır. (Bu radyoaktif toprağın ne yapılacağı da bir sorundur). O zaman Kili ve diğer Marshall Adalarında yaşayan yerliler 40 yıllık yarı aç bir göçebelikten sonra Bikini'ye dönebilecektir. 1985'de Bikini Adası hâlâ oturulamayacak kadar radyoaktifti. Mart 1985'de Reagan idaresi, açılan davayı kaybederek bu adanın radyoaktiviteden temizlenmesi için 42 Milyon dolar ödemeyi kabul etti. Bikini trajedisinin romanını, bu denemelere görevi gereği katılmış olan Amerikalı Dr. David Bradley yazdı: "Saklanacak yer yok" (No Place to Hide). Pasifik Okyanusu'nun (ne gariptir ki Pasifik Barışçı demektir) romantik mercan adaları. Bombadan sonra, mercanların kırmızı olmasına katkıda bulunan yosunlar öldüğünden, mercan resifleri solup beyazlaşıyor. Fotoğraf plağı üzerine konan radyoaktif balıklar kendi kendinin resmini oluşturuyor. Deniz Kuvvetleri personeli, gemilerini fırçalarla oğa oğa yıkayarak ve kazıyarak radyoaktiviteden temizlemeye çalışıyor. Tabii boşuna. Fırçalar izotopları döşemenin daha da derinliklerine itiyor. Bütün mürettebat bu radyoaktif gemilerde yiyip içiyor.

Nevada Test Bölgesi'nde 1951-1962 arası 600 atom bombası patlatıldı, bu patlamaların 183'ü atmosferde idi. Patlamalar sonucu Utah ve Kuzey Nevada'da 250.000 km<sup>2</sup>'lik bir alan plutonyum ve uranyum'la kirlendi. 100 rad/saat radyoaktivite saçan "sıcak merkezler" (hot spots) oluştu. Yarı-ömrü 24.390 yıl olan radyoaktif plutonyum-239 izotopunun verdiği maksimum radyasyon 9.6 picocurie/cm<sup>2</sup> idi. Aynı bölgede 40 yeraltı atom bombası patlatılmasından sonra toprak yarıklarından yükselen radyoaktif dumanlar bulutlar oluşturup uzaklara gitti. 19 Mayıs 1953'de Nevada'da patlatılan bir atom bombasından sonra Utah'daki St George Şehrinde radyoaktivite 300 millirontgen/saat'e yükseldi. Bu şehirde 5 yaş altı çocukların tiroidi 500-2500 rad radyoaktif iyod aldı. Sonuç: Utah'da 1967-1975 arası genel kanser sıklığı % 60

Yıl 1954. Pasifik'deki rongelap Mercan Adasının- dayız. ABD Deniz Kuvvetleri civardaki Bikini Mercan Adasına bir hidrojen bombası atıyor (Bravo testi). Çocuklar radyoaktif kül ve mercan tozundan oluşan "Bikini karı"nı oyun olsun diye yiyor. Meraklı yerliler "Bikini karı" ile oynuyor. Bu sırada İroji Ke-benli'nin derisinde yanıklar oluşuyor. (alt resimde tabutun başındaki adam.) İroji iyileşiyor. Fakat o sırada 10yaşın altında olan 4 çocuğundan 3'ünde tiroid tümörleri oluşuyor. Bunlardan Lekoş Anjain tiroid kanseri oluyor (üst resim) ve 1972'de radyasyona bağlı lösemiden ölüyor (alt resim).

arttı. Aynı eyalette 1958-1966 arası lösemi % 500 artma gösterdi, meme kanseri % 92, melanoma (benlerden çıkan kanser) % 166, kemik kanseri % 1042, tiroid kanseri % 723, beyin tümörleri % 130 arttı. Lenf bezi kanserleri (lenfoma) ve mide barsak kanserleri sıklıştı.

Bu bölgedeki hayvanlar daha da yüksek radyasyon aldı. 1953'de radyoaktif bulut geçerken 4000 koyun öldü. Kuzuların tiroid bezi 20.000-40.000 rad radyoaktif iyod aldı. Koyunların barsakları 1500-6000 rad ışımaya maruz kaldı.

## RADYASYON HASTALIĞININ TEDAVİSİ

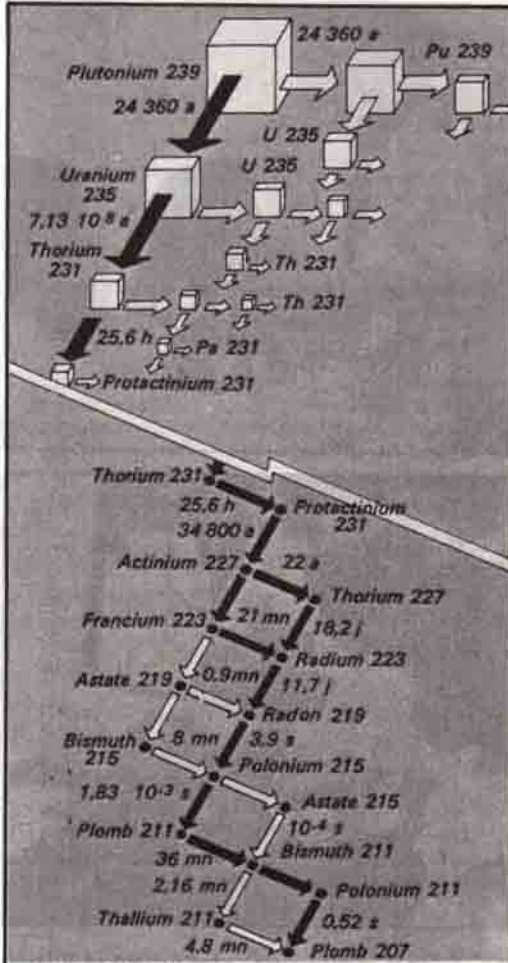
Mikroplara karşı direnci azalmış olan hasta, özel odalarda (hayat odası = life-island) izole edilir. Hastanın başucundan ayak ucuna doğru laminalar hava akımı verilir, böylece mikropların hastaya doğru gelmek yerine, hastadan uzaklaşması sağlanır. Odaya gelen yemekler, yemek kapları ve çatal, kaşık mikropsuz hale getirilmiştir. Ziyaretçi yasaklanır. Tıbbi personel mikropsuz gömlek ve ayakkabı ile odaya girer. Ağzından antibiyotikler verilerek, hastanın kendi barsaklarından vb. mikropları alınır. Eksik olan kan hücreleri (alyuvarlar, akyuvarlar, pıhtı hücreleri) damardan verilir. Ağır olgularda kemik iliği nakli yapılır. Derideki radyasyon yanıkları, yüksek sıcaklık ile oluşmuş yanıklar gibi tedavi edilir.

Hastanın idran ve dışkı radyoaktif olabileceğinden, uygun şekilde toplanır ve yok edilir. Radyoaktif izotoplardan temizlemek üzere gözler ve ağız bol su ve sabunla yıkanır. Radyoizotoplardan vücudtan atılmak için damardan PTPA yapılır. Radyoizotoplardan akciğerden girmesini önlemek için bronşlar yıkanır (lava), balgam söktürücüler ve DTPA sısi kullanılır. Radyoizotoplardan barsak yolu ile alınmasını önlemek için mushil, Sr-90 için Na alginate ve Al (OH)<sub>3</sub>, Cs-137 için Prusya mavisi, Sr-90'ın karniğe geçmesini önlemek için fazla kalsiyumlu diyet verilir ve kanı asitlendirici ilaçlar kullanılır. Radyoaktif iyod'un tiroid tarafından alınmasını önlemek için de Na iyodür veya Na iyodat tabletleri alınmalıdır.

Aktinidler grubuna giren metallere (aktinyum, toryum, uranyum ve plütonyum) çalışan işçilerde melanom'ların, kemik ve beyin kanserlerinin arttığı bilinmektedir. Atom bombası denemelerinde de çevreye çok miktarda radyoaktif aktinidler (özellikle plütonyum 239) saçılmaktadır. Kanserlerin artışı buna bağlıdır.

Atom parçalanması (fisyon) sırasında başlıca 170 farklı izotop oluşur. Bunların %5 kadarı Sr-90'dır (yan ömrü 28 yıl), önemli olan diğer izotoplar Cs-137, Zn-65 ve I-131'dir. 1950'lerde atmosferde patlatılarak denenen hidrojen bombaları sonucu bütün dünyada süte (ana sütü dahil) Sr-90 arttı. Bunun üzerine atmosferde nükleer denemeler yasaklandı; bu yasağı yalnız Fransızların Güney Pasifik'de yaptığı nükleer denemeler bozdu; Hindistan ve Kızıl Çin de havada sınırlı nükleer denemeler yapıyordu. 1959'da süteki Sr-90 azalmıştı, 1960'da Fransa'nın atmosferde yaptığı nükleer denemelerden sonra sütlerdeki Sr-90 geçici olarak çok arttı. Kalsiyum gibi kemiklere giren Sr-90 orada ömür boyu kalır ve kemik habis tümörlerine ve lösemi'lere neden olur. Sr-90 toprakta uzun süre kalır ve bitkilerce yavaş yavaş alınır. Bitkiler yıllarca Sr-90'a kontamine halde olabilir. İçme suyu ve su hayvanları da (balık, karides vb) Sr-90 ile kirlenebilir.

Bitkiler de radyasyon sonucu ölebilir. Çam ormanları 4 günde 2000 R, yaprak döken ormanlar ve diğer bitkiler 10.000 R ile hayatını yitirir.



### RADYOAKTİF BOZUNMA (decay)

Plütonyum-239'un kurşun-207 haline gelişini, Plütonyum-239'un yarısının uranyum-235 oluşu 24.360 yıl, uranyum-235'in yarısının toryum-231 oluşu 713 milyon yıl alacaktır. Daha sonra radyum, radon ve aktinyum oluşuyor, bunların yarıömrüleri sırası ile 11.7 gün, 3.9 saniye ve 1/10.000 saniyedir. Yarı ömrü iyil anlayalım, 24.360 yıl sonra plütonyum 239'un radyoaktivitesi yan yarıya azalır, fakat aslında yeni oluşan uranyum 235 de radyoaktif olduğundan metalin radyoaktivitesi % 50'den daha az azalır. Artık radyoaktif olarak bozunmayan kurşun veya bizmut gibi kararlı bir çekirdek oluşana kadar radyoaktif bozunma devam eder.

İnsan ve hayvanlar, uranyum ve plütonyum parçalanmasından doğan 240 kadar uzun ömürlü radyoaktif izotopu hava ve besinler yolu ile vücutlarına alıp depo ettiler. Bu tehlikeli izotoplar arasında insan beslenmesinde büyük önemi olan bütün eser ve diğer elementler vardı. Bunların çoğu vücutta birikicidir ve besin zincirinde konsantre olur. Bu bölgedeki insanlar tehlikeli izotoplarla bulaşmış et ve sebzeleri yediler, sütleri içtiler, havayı soludular.

## DOĞAL RADYOAKTİVİTE

Birkaç yıl önce Kaliforniya'da, Mount St. Helens volkanının püskürmesi, Three Mile Adası reaktör kazasında görülmüş olanlardan çok daha fazla bir radyoaktivitenin yayılmasına yol açmıştır. Doğal radyoaktivite dünyamızı bombardıman etmektedir. Şöyle ki; Güneş ve yıldızlarda, sürekli olarak atom ve hidrojen bombalarınıninkini andıran patlamalar olur. Bu patlamalardan doğan sıcaklık iyonizan ışınlar, uzaya aşarak dünyamıza gelir. Bunlara kozmik ışınlar denir, kozmik ışınlarda proton, nötron, elektron vb. gibi parçacıklar bulunur. Bunlardan doğan doğal radyoaktivite, yılda 30 rem kadardır. Kozmik ışınların radyoaktivitesi enlemle ve yükseklikle değişir, dağlarda ve yükseldikçe, kozmik radyoaktivite artar (3000 m'de deniz seviyesindekinin 3 katı)

Toprak da doğal radyoaktivite verir. Toprakdaki elementlerin herbiri bir izotopu karışımıdır. Bu izotopların büyük bölümü kararlı, çok azı ise radyoaktiftir. Örneğin uranyum içinde % 99.7 kararlı ve % 0.3 radyoaktif izotop vardır. Doğada en yaygın radyoizotop, potasyum 40'dir, potasyum içinde % 0.012 potasyum vardır. K-40, toryum, uranyum vb. yılda 45 mrem kadar doğal radyoaktivite verir, granitli topraklarda bu sayı daha yüksek olabilir. Tuğla ve beton yapılarında yıllık radyasyon 80 mrem, granitli binalarda ise 100 mrem'dir. Topraktaki çatlıklardan sızan radon gazı, yılda 5 mrem radyasyon verir. Havada  $10^{-13}$  mikro Ci/L, musluk suyunda  $10^{-10}$  mikro Ci/cm<sup>3</sup>, deniz suyunda  $10^{-9}$  mikro Ci/cm<sup>3</sup> radyum vardır. İçme suyu ve besinlerde mevcut K-40, C-14 vb. den yılda 25 mrem radyasyon alınır.

Bir erişkinin vücudu 2.2 gr/kg K içerir. 1 gr. K'da 1000 picocurie'lik K-40 vardır. Böylece 80 kg'lık bir adam, en az

176.000 picocurie'lik bir radyoaktivite alır. K-40'da saniye de 4000 atom bozduğundan bu yolla yılda 20 mrem radyoaktivite alınır.

Hindistan'da Kerala eyaletinde doğal radyoaktivite yıldı 1500-3000 milirem'dir. (Dünyadaki en yüksek doğal radyoaktivitelerden biri). Bu bölgede mongolizm ve gerizekârlık, normalden daha sık görülür. Brezilya'da da böyle yerler vardır.

Tipik röntgen uygulamaları sırasında alınan başlıca radyoaktivite düzeyleri şöyledir: Akciğer fluoroskopisi 5.5 rem, Akciğer filmi 0.024 rem, mide filmi 4-6 rem, belkemiği 0.015-0.94 rem, Ba'lu kalınbarsak filmi 0.02-2.2 rem bôbrek filmi (IVP) 4.5 rem.

Yılda yalnızca 1 rem alan 1000 kişiden 7'si kanser olacaktır. 1 milyon felüs bu dozda ışınlansa, 300-3000 lösemi oluşur. Anne karnında iken röntgen ışınları vb almış 4 yaş altı bir çocukta lösemiden ölüm olasılığı % 40-50 artmaktadır.

Uranyum, hemalit, flor vb. madenlerdeki işçiler radyasyonun parçalanmasından oluşan radon gazı solur. Bu gaz, akciğerlerde polonium'a dönüşür. Radon ve polonyum alfa ışınları verirler, bu ışınlar akciğer keseciklerindeki hücreleri öldürür veya onları kanserleştirir. İnsanların doğal radyoaktivite ile aldıkları ışınlama, potasyum 40'dan gelmektedir, böylece bu konuda bir fikir vermek için bazı doğal radyoaktiviteleri vereyim (yenilen maddenin kilosuna başına): Üzüm 38.5 Bq, domates 66.5 Bq, beyaz un 40.7 Bq ve ıspanak 220 Bq. Çernobil nükleer reaktör kazasından sonra Türkiye'de ölçülmüş radyasyonlar doğal olarak besinlerden aldığımız bu radyoaktivite sınırlarını aşmamıştır, Türkiye'de havada, suda, sütte, etlerde ve sebzelerde tehlikeli seviyede radyoaktivite yoktur.

Yılda ortalama 100 mrem doğal radyoaktivite alınır. Bazı kaplıca sularında doğal radyoaktivite çok yüksek olabilir.

J.Shell 1982'de N.Y. da yayınlanan "Dünyanın Kaderi" (The Fate of the Earth) kitabında nükleer bir savaşın sonra dünyada yalnız böceklerin, otların ve sıçanların kalmacağını yazmıştı. Bu bilimsel olarak da böyledir.

Görülen odur ki, nükleer reaktörler herşeye rağmen insanlığa hizmet etmeye devam edecektir. Unutmayalım ki kağıt ile otobüsü kıyaslırsak kağıtın hiç kaza yapmadığını bilmemize ve kaza riskine rağmen otobüsü seçiyoruz. Çünkü yararlı bunu gerektiriyor ve tüm önlemler alındıktan sonra hesaplı bir riski göze almamız gerekiyorsa, bunu yararlılığın faturası olarak kabul etmemiz gerekiyor. Milyonda bir civarında olan reaktör kazası ihtimali, reaktörün yararlarını bize unutturamaz.

Gerçek odur ki, reaktör kazaları güvenlik sisteminin eksikliğinden değil, güvenlik sistemine rağmen oluşabilmektedir.

Asıl korkulması gereken, nükleer reaktörler değil insanlığın sonu olacak nükleer savaş; nükleer reaktörleri değil, nükleer bomba denemelerini durdurmamız. □

*Kötü rüyaları engellemenin tek yolu iyi rüyalar görmektir.*

*Jonas SALK*

## RADYASYONUN DOKULARI TAHRİP MEKANİZMASI

Hücreye giren foton veya parçacık derhal iyon çiftleri oluşturur. Bu iyon çiftleri hücre suyu ile birleşerek, OH ve ya H gibi serbest kökler veya H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HO<sub>2</sub> oluşturur. Bu moleküller hücrede yalnızca  $10^{-9}$  saniye kalır, fakat bu kök veya moleküller, protoplazmada önemli molekülleri (enzimleri vb.) tahrip eder. Bunlar sonucu hücre ölür veya bölünemez olur. Bölünemeyen hücreler giderek büyüyerek dev hücreler oluşturur, bu dev hücreler yeterince beslenemediklerinden ölümler (doku ölümü = nekroz). Tek bir foton bile mütasyon yapabilir. Hücre çekirdeğinde kromozomlar "yapışkan" hal alır ve kırılır. Kromozomun bir bölümü yok olabilir. Hatta biçimi veya çift merkezli anormal kromozomlar görülür. Radyasyon küçük damarları tıkayarak, organların kan almasını ve bu nedenle küçülmesine (atrofi) ve bağ doku artışı ile sertleşmesine (fibroz) neden olur.

### RADYASYONDAN SONRA YAŞAMA OLASILIĞI:

Tedavi edilmeyen insanların % 50'sinin 60 gün içinde ölmesine yol açan doza LD50/60 denir, bu 300 rad kadardır. Bir diğer deyişle, 300 rad radyasyon alanların yarısı 2 ay içinde ölür. Ölüm oranı, uygun vericiden alınan kemikliliğinin nakli ile azaltılır.