

# Nükleer,saldırıları nedeni ile gelişen sağlık sorunları ve tıbbi müdahale

Dr Emine Canyılmaz  
KTU Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi AD

# NÜKLEER SALDIRI



## Nükleer Saldırı

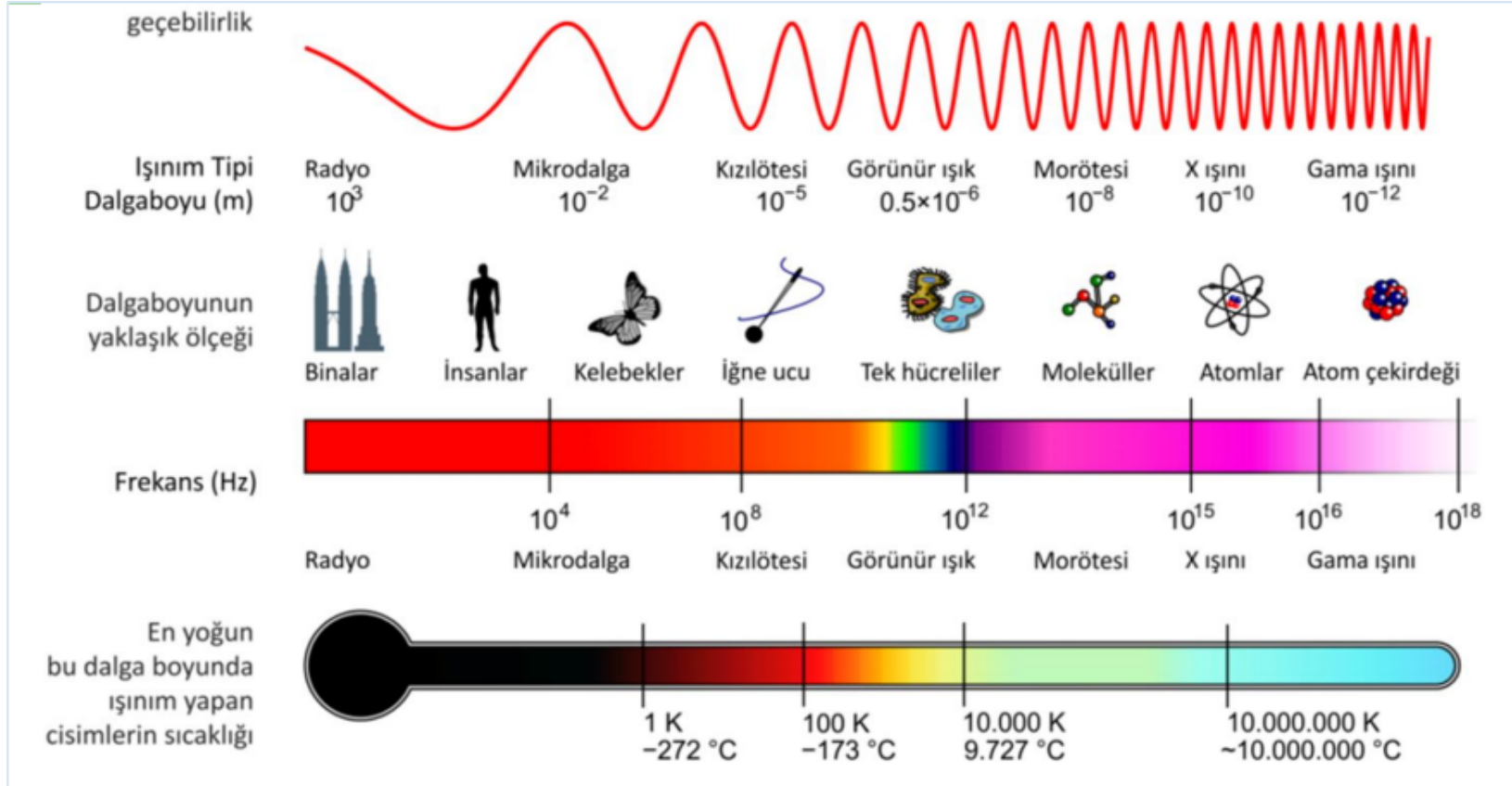
---

Nükleer saldırılar, düşmana zarar vermek amacıyla nükleer silahların kullanıldığı bir savaş çeşididir.

Geleneksel saldırılardan farklı olarak nükleer savaş, kısa zaman içinde çok daha geniş bir alana çok daha fazla zararın verildiği bir savaş türüdür.

Nükleer saldırıların fiziksel etkileri, geleneksel saldırıların etkilerinden farklı olarak on yıllar ya da yüz yıllar boyunca sürebilir.

Nükleer saldırılarda kullanılan atom ve hidrojen silahları, patladıktan sonra aynı etki özelliklerini gösterir.



## Ani etkiler

Nükleer silahların etkileri; ani ve kalıntı etkiler olmak üzere ikiye ayrılır.

**Ani etkiler:** Patlamadan sonra ilk 1 dakika içerisinde meydana gelen etkilerdir.

Nükleer patlamadan hemen sonra, nötronlar, gama ışınları, alfa ve beta parçacıkları neşredilir.

Fisyon süreci içinde nötronlar ve gama ışınları açığa çıkar.

Patlamayla birlikte açığa çıktıkları için bunlara "ani radyasyon" denir.

X ışınları, gama ışınları, alfa ve beta parçacıkları, yani radyasyon canlı organizmalarda büyük zararlara neden olurlar.

Bunlara maruz kalan hücrelerin normal işlevleri değişikliğe uğrar ya da hücreler yok olurlar.

Ayrıca, organizmada zehirli ürünler ortaya çıkar, kromozomlar parçalanır, hücreler şişer, vs.

Ani etkiler, ışık, ısı, ani radyasyon, basınç ve elektromagnetik etki olmak üzere bölümlere ayrılmaktadır.

## Ani etkiler

---

**Işık (nükleer şimşek):** Bu ışık, güneşten birkaç defa parlak olduğu için güneşli bir günde bile nükleer infilakı haber verebilecek niteliktedir.

Ancak, çıplak göze direkt ulaştığı takdirde 15-45 dakika süren geçici bir körlüğe sebep olur.

Bu ışıktan ince bir kâğıtla bile olsa korunmak gerekir.

Işığın öldürme gücü yoktur.

**Isı (termal radyasyon):** Patlama olunca ışık hızında ısı yayılır.

Isı, güneşteki ısıdan 2-3 kat daha fazla olduğundan çevre ısını anı olarak yükseltir.

Eşya ve insanları yakan bu sıcaklık, geniş çapta yangın ve deri yanıklarına neden olur.

Termal enerjinin emilmesi sonucunda oluşan deri yanıkları daha tehlikelidir

## Ani etkiler

---

**Ani nükleer radyasyon:** Alfa, beta ve gama ışınları ile parçalanmış nötronun etkisidir.

Gama ışınlarının yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar halinde yayılması ve engel tanımayan bir şekilde nüfuz etmesi tehlikeyi artırır.

Kısa bir süre için tesirlidir ve öldürücüdür.

Nükleer silahtaki fisyon ve füzyon olayı, nötronların etkinliği sonucu gerçekleşir.

Nötronlar, dokuları temasla zedeler. Çok fazla içe işler ve özel siper gerektirir.

Ani nükleer radyasyonla canlı organizmada kromozomlar parçalanır ve ödem oluşur.

## Ani etkiler

---

**Basınç (blast etki):** Patlamadan hemen sonra yayılan ısının genişleyerek havayı itmesi ile yüksek basınç dalgası oluşur.

Bu basınç dalgası, itme ve emme şeklinde iki yönlü görülür.

Birinci safha olan itme sırasında tamamen yıkılmayan bina ve köprüler, emme safhası denilen ikinci safhada yıkılır.

Basınç dalgaları yere çarptığı zaman yansıma olur ve basınç gücü artar.

Bundan sonra da hızları yüzlerce km'ye ulaşan rüzgârlar oluşur.

Bu rüzgârla nesnelere ve insanlar havaya uçar, yüksek ve ani basınç nedeniyle hemoraji, kulak zarı ve organ rüptürü görülür.



## Ani etkiler

---

**Elektromanyetik pals:** Elektronik devreler kullanan modern cihazları bozmak, istenmeyen sinyal çıkarmasına neden olmak suretiyle malzeme hasarına ve haberleşmenin durmasına neden olur.

## Kalıntı etkiler (radyoaktif serpinti)

---

Patlamadan 30-60 dakika sonra başlar.

İnfilaktan hemen sonra mantar biçimindeki bulutla yükselen radyoaktif maddelerin, birkaç dakika sonra yerçekiminin etkisi ile yere dökülmesi olayına radyoaktif serpinti denir.

Bu esnada serpinti, patlamanın olduğu yere olur.

Daha yukarılara çıkan ve rüzgârla savrulan radyoaktif maddeler ise bir taraftan sürüklenir, bir taraftan da dökülmeye devam ederek ölüm tehlikesi taşır.

Hatta bir kısmı, stratosfere girip yıllar sonra yeryüzüne iner ve patlama bölgesinin çok uzağındaki yerleri tehdit eder.

Su, yiyecek, hayvan ve bitkilerde büyük zarar görür.

## Kalıntı etkiler (radyoaktif serpinti)

---

### Radyoaktif serpentinin özellikleri:

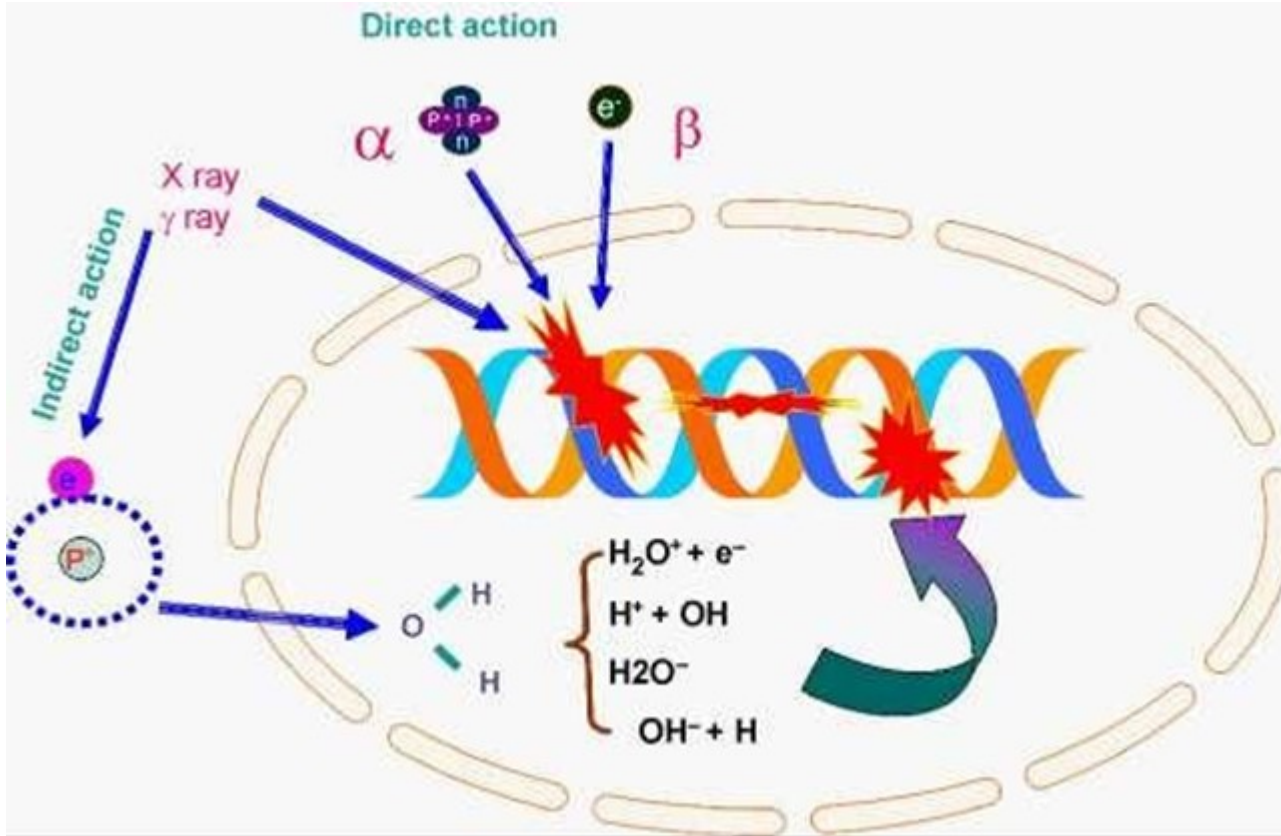
- ★ Kalıcıdır: Radyoaktif serpinti tozları, düştüğü yerden bazı şartlarda uzaklaştırılabilir; ancak yok edilmesi mümkün değildir.
- ★ Nereye gideceği önceden bilinmez.
- ★ Geniş sahaları kaplar.
- ★ Duyu organları ile varlığı anlaşılmaz: Radyoaktif partiküller, öyle küçüktür ki bunların gözle görülmesi, birçoğunun bir araya gelmesi halinde bile mümkün değildir.
- ★ Öldürücüdür.
- ★ Çürüme, ilk anlarda çok hızlı, zaman uzadıkça çürüme hızı azalır.
- ★ Kalıntı etki, serpintiden ibaret değildir. İnfilak yerinde meydana gelen çukur ve etrafında bulunan radyoaktif hale gelmiş her şey, o bölgeyi yaşanmaz duruma getirir.

## Radyasyon Hastalıkları

---

- ★ Radyasyonun ses, ısı, ışık etkisi yoktur.
- ★ Gözle görülemez, duyulamaz ve hissedilemez.
- ★ Yüksek enerjisi ve nüfuz etme kapasitesinden dolayı kolaylıkla canlı organizmaya nüfuz eder.
- ★ Nükleer radyasyon vücuttaki hücrelerin yapısını iyonize ederek bozar.
- ★ Yani atomlarına elektron alarak veya vererek dengeli duruma gelirken organizmadaki hücrelerin yapısının bozulmasına, kontrolsüz çoğalmasına ya da ölümüne neden olur.
- ★ Hücre ölüm hızı, yapım hızının üzerinde olursa ölüm meydana gelir.
- ★ Aynı zamanda genleri olumsuz etkiler.

## Radyasyon Hastalıkları



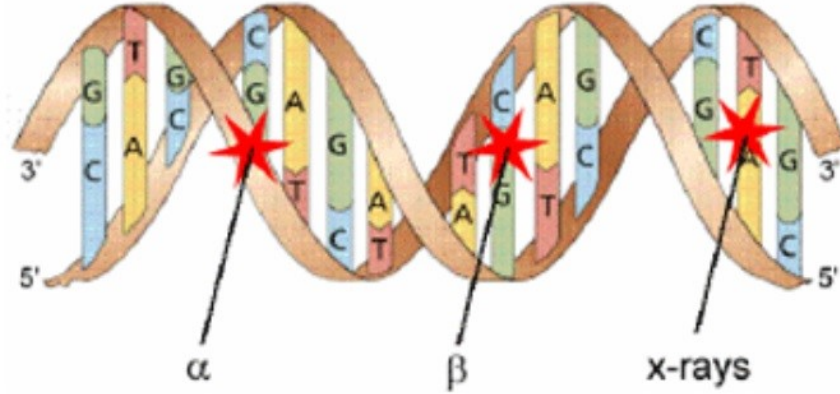
İyonize radyasyonun hücrede oluşturduğu DNA hasarı, DNA ile doğrudan etkileşmesi veya su moleküllerinin iyonizasyonu ile oluşan serbest radikallerin (reaktif oksijen türleri, ROS) hücredeki moleküller ile dolaylı etkileşmesi sonucunda olur

## Radyasyon Hastalıkları

Radyasyonun biyolojik etkileri temel olarak iki başlık altında toplanabilir.

Direkt etkiler: İyonize edici radyasyonun doğrudan hayati moleküller (DNA, RNA, enzimler, mitokondri ve ribozomlar) ile etkileşmesi sonucunda ortaya çıkar.

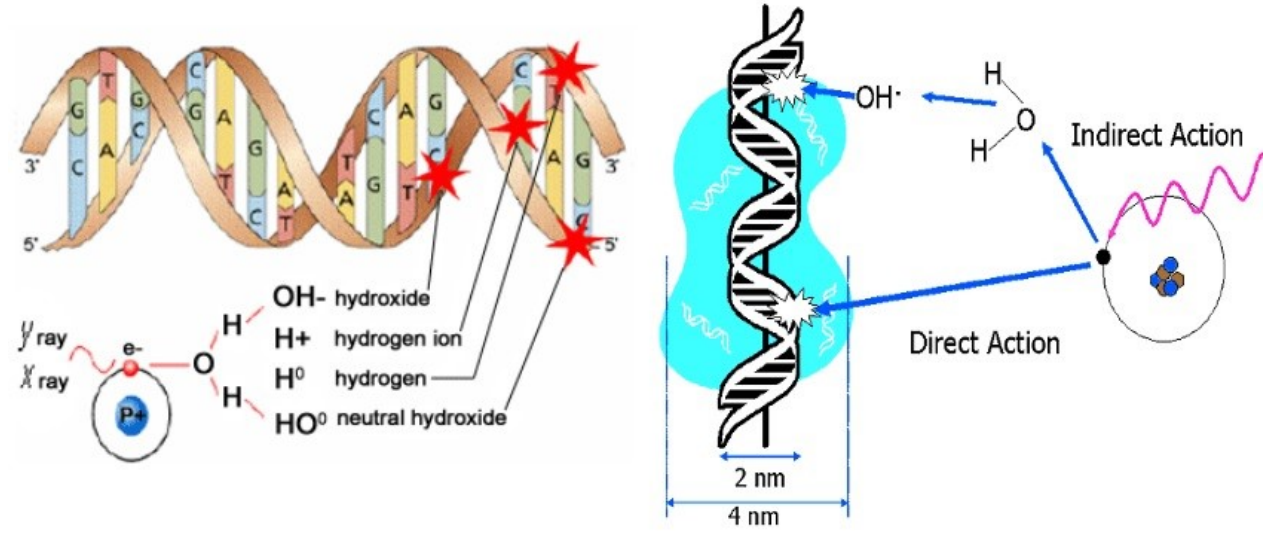
- Doğrudan (Direkt) Etki



## Radyasyon Hastalıkları

İndirekt etkiler: İyonize edici radyasyonun insan vücudunun önemli bir kısmını oluşturan su moleküllerini uyarması veya iyonize etmesi sonucunda ortaya çıkan toksik serbest radikallerin hayati molekülleri etkilemesi sonucunda ortaya çıkar.

- Dolaylı (İndirekt) Etki



## Radyasyon Hastalıkları

---

Bu etkileşim sonrasında 2 olasılık söz konusudur.

1. Hücre oluşan hasarı onarır.

2. Hücre oluşan hasarı onaramaz. Bu durumda da 4 olasılık vardır.

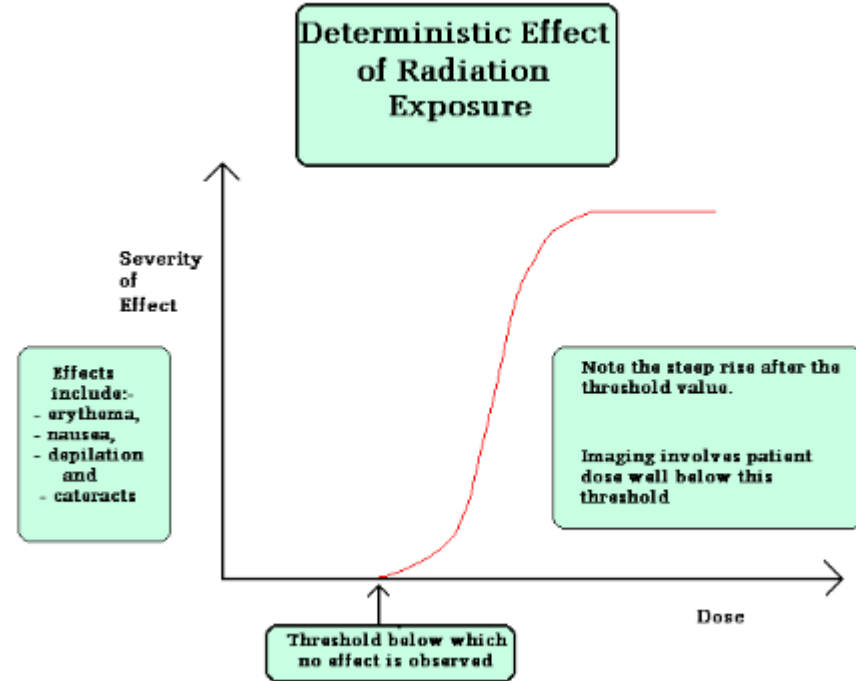
- Hücre ölür,
- Hücre bazı fonksiyonlarını kaybeder,
- Radyasyona maruz kalan hücre germinal hücre ise bazı genetik etkiler ortaya çıkabilir,
- Kanser indüklenebilir.



## Radyasyonun biyolojik etkileri

### Deterministik Etkiler:

- Hücre ölümüne bağlıdır.
- Eşik doz vardır.
- Dokular için spesifiktir.
- Zararın şiddeti doz bağımlıdır.



## Deterministik Etkiler:

Tüm beyin ışınlanması  
yanlış doz hesabı ile  
yüksek doz

58 Gy / 20 fraksiyon

9 ay sonra hasta  
yürüme / konuşma  
fonksiyonlarını  
tamamen yitirmiş  
Tekerlekli sandalyeye  
mahkum



## Radyasyonun biyolojik etkileri

### Stokastik (rastgele) etkiler:

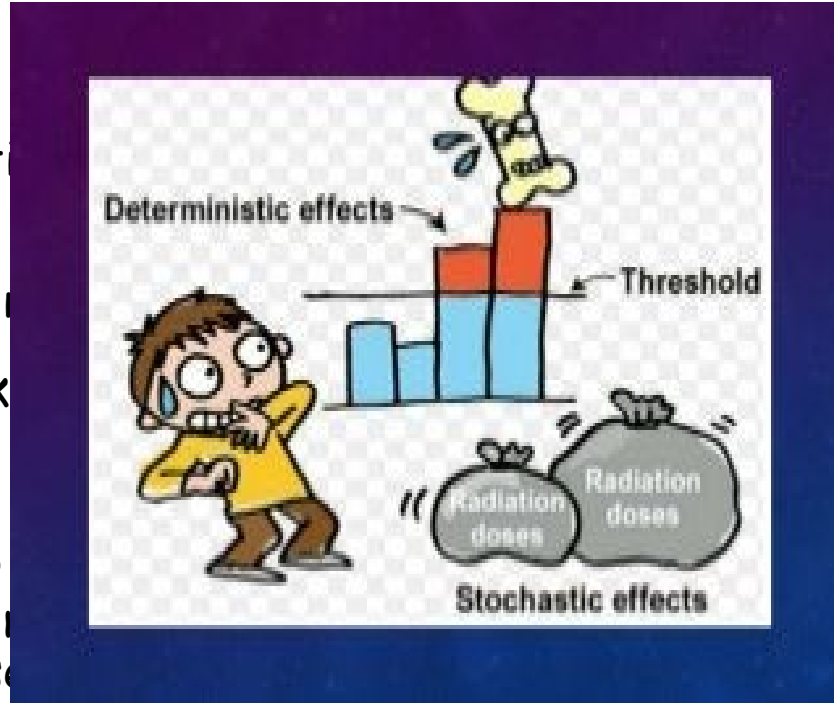
DNA hasarına bağlı Genetik karsinogenez.

Şiddeti dozdan bağımsızdır.

Eşik doz yoktur çok düşük dozda da olabilir.

Olma olasılığı dozla artar.

Hücrenin hangi moleküller üzerinden etkilendiğini bilmediğimiz için etkilerin ne zaman ve ne şekilde ortaya çıkacağını öngöremeyiz.



## Radyasyon Hastalıkları

---

### Radyasyonun etkisi:

Radyasyona maruz kalma süresi,

Vücutta biriken toplam doz,

Kişinin, dozun alındığı andaki sağlık durumu, cinsiyeti ve yaşı,

Radyasyondan etkilenme şekli (ani, süreli),

Vücutta açık bir yaranın varlığı veya yokluğudur.

## Radyasyon Hastalıkları

---

Bölünen hücreler radyasyona karşı daha hassastır.

Kas, kemik, kıkırdak ve bağ dokuları farklılaşmış ve bölünmediği için radyasyona karşı dirençlidir.

Kemik iliği, üreme organları gibi bölünen hücreler, mide, bağırsak ve derideki epitel hücreleri ise duyarlıdır.

### *Hücrelerin radyasyona karşı duyarlılık sırası*

- Beyaz kan hücreleri (Lenfositler)
- Kırmızı kan hücreleri (Eritrositler)
- Sindirim sistemi hücreleri
- Üreme organı hücreleri
- Cilt hücreleri
- Kan damarları
- Doku hücreleri (Kemik ve Sinir Sistemi)

## Radyasyonun biyolojik etkileri

---

### Radyasyonun Biyolojik Sistemler Üzerine Etkileri

- *Prekürsör Hücreler:* Mitotik olarak aktif olup, radyasyona çok duyarlıdırlar.
- *Farklılaşmakta Olan Hücreler:* Bunlarda da bölünme olur ve radyasyona duyarlıdırlar.
- *Olgun Hücreler:* Mitotik aktiviteleri çok azdır ve görece olarak radyasyona dirençlidirler

## Radyasyonun biyolojik etkileri

---

### Yüksek Doz Radyasyonun Biyolojik Etkileri

#### □ Akut Somatik Etkiler

Birkaç dakika ile birkaç saatlik bir sürede, bir defada tüm vücut olarak büyük miktarlarda radyasyona maruz kalma sonucu oluşan klinik belirtiler ve laboratuvar bulgularının tümüne ***akut radyasyon sendromu*** denilmektedir.

## Radyasyonun biyolojik etkileri

---

### *Akut Radyasyon Sendromu*

- *Başlangıç evresi:*0-48 saat arasında olur. İştahsızlık, bulantı, terleme, yorgunluk gibi belirtiler ortaya çıkar.
- *Latent evre:*48 saat ile 2-3 hafta arasında görülür. Birinci evredeki bulgularda düzelme ile seyreder.
- *Ağır hastalık evresi:*2-3. hafta ile 6-8. hafta arasında görülür. Ateş, iltihap, cilt hassasiyeti, saç dökülmesi, hemoraji, hiyare, letarji, şuur ve algılamada bozukluklar ortaya çıkabilir.
- *İyileşme evresi:*6-8 haftadan birkaç aya kadar sürebilir.



## Radyasyonun biyolojik etkileri

---

### Kronik Somatik Etkiler

- Uzunca bir süre içinde aralıklı olarak düşük dozlara maruz kalma yani kronik olarak ışınlanma sonucu meydana gelebilecek etkiler yıllar sonra ortaya çıkabilir.
- Bunun sebebi ise, doz düşük dahi olsa tekrarlanan ışınlamalarda organizmanın bir sonraki ışınlamaya kadar hasarı onaramaması ve hasarın gittikçe artmasıdır

## Radyasyonun biyolojik etkileri

---

- Kronik olarak ışınlanan kişilerde, yıllar sonra, katarakt ve kanser vakaları görülebileceği gibi doğal ömür sürelerinde de bir kısalma söz konusu olabilir.
- Ayrıca, bu kişilerin kendilerinden sonraki nesillerinde kalıtsal bozukluklara rastlanabilir.
- Hayvanlar üzerinde yapılan deneyler, radyasyonun yaşlanmayı hızlandırdığını ve buna bağlı olarak da doğal yaşam süresinde belli bir kısalmanın söz konusu olabileceğini ortaya koymaktadır.

## Radyasyon Hastalıkları

---

Radyasyonun etkileri, değişik zamanlarda ve farklı tiplerde ortaya çıkabilir. Bir anda alınan çok yüksek doz, bir gün içinde ölüme neden olabilir.

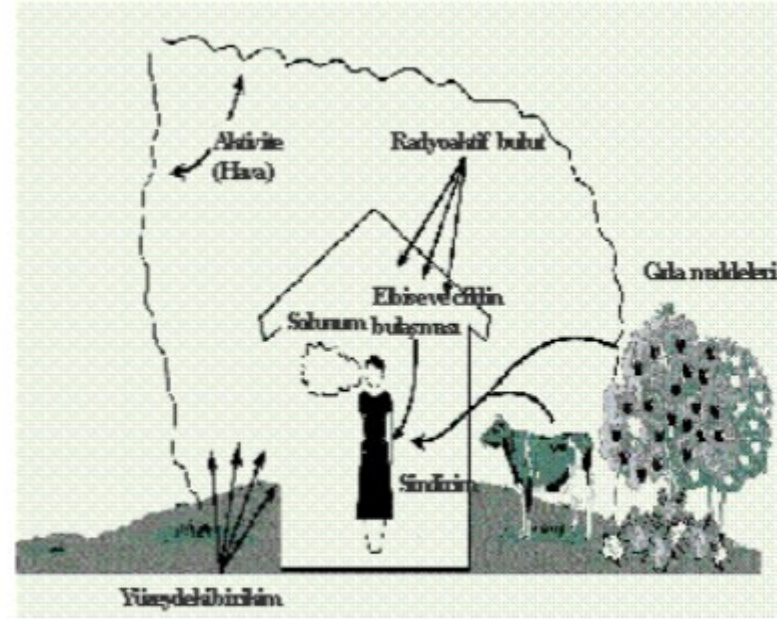
Vücudun belirli bir bölgesinin çok yüksek doz alması, ölüm olmasa da ışınlanan bölgede erken etkiler görülmesine neden olur.

Işınlanmadan uzun bir süre sonra ortaya çıkan etkileri de vardır. Öldürücü değildir; ancak vücudun belirli parçalarının fonksiyon kaybına neden olabilir.

Radyasyon, düşük dozlarda bile yıllarca sonra ortaya çıkabilecek kanser veya genetik etkilere neden olabilir.

## Radyasyonun vücuda giriş yolları

- Solunum yoluyla iç ışınlanma
- Buluttan dış ışınlanma
- Giysiler ve cildin bulaşması yoluyla dış ışınlanma
- Kuru serpinti veya yağış nedeni ile dış yüzeylerde oluşan birikime bağlı olarak dış ışınlanma
- Bulaşmış gıda maddeleri ve sular yoluyla vücuda girmiş olan radyoaktif maddelerden iç ışınlanma



## Bölgesel Radyasyon Hasarı

Alınan doza bağlı olarak;

- Kızarıklık,
- Yanma, kaşınma,
- Su kabarcıkları,
- Radyasyon yanığı,
- Kıl dökülmesi görülür.



## Radyoaktif Zehirlenme

Nükleer radyasyon kaynakları,

- Nefes alırken solunum yolları ve organlarına,
- Bulaşmış yiyecek ve içeceklerle sindirim organlarına,
- Deri ve mukozadaki açık yaralardan kana, yani dolaşım sistemine girebilir.
- Bu durumda radyoaktif zehirlenme oluşur.

Akut radyasyona maruz kalan kişide:

- ★ Halsizlik, isteksizlik, bitkinlik,
- ★ Şiddetli baş ağrısı, baş dönmesi,
- ★ Mide bulantısı, kusma,
- ★ Ateş yükselmesi,
- ★ Kanlı ishal görülür.

Tespit edilen radyasyon miktarı az ise veya hastalanan kişi çok dirençli ve radyasyon alması önlenmiş ise istirahat ve iyi bir bakım ile iyileşir

### Radyasyon birimleri

**Aktivite Birimleri, Becquerel (Bq):** 1 Becquerel, saniyede bir parçalanma yapan aktivite miktarıdır.

**Işınlama Birimleri, Coulomb/kg (C/kg):** Normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında 1 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyon oluşturan X veya gama ışını miktarıdır. (1 C/kg = 3.876 x 10<sup>3</sup> R)

**Absorblanmış Doz Birimleri, Gray (Gy):** Işınlanan maddenin 1 kg'ına 1 joule'lük enerji veren radyasyon miktarıdır.

**Doz Eşdeğeri Birimi (Biyolojik Doz), Sievert (Sv):** 1 Gy'lik X veya gama ışınının meydana getirdiği aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır

Birkaç dakika ile  
maruz kalması s

dyasyona  
denir.

Akut radyasyon sendromu, maruz kalınan doza göre üç şekilde görülür.

**Hematopoetik sendrom (kemik iliği depresyonu)(2-4 Sv,1-4 Gy):** Maruziyetten yaklaşık 2 hafta sonra ortaya çıkar (1-2 ay).

Kemik iliği depresyonuna bağlı trombositopeni, granülositopeni, anemi ve lenfopeni görülür.

Lenfosit sayısı, radyasyona maruziyette en hassas belirtidir.

Sayısı ilk düşen hücreler lenfositlerdir.

Klinik tabloda kemik iliği hasarına bağlı immun sistemin baskılanması, artan enfeksiyon riski, kanama eğilimi, anemi, yara iyileşmesinde gecikme ve bunlara bağlı komplikasyonlar ortaya çıkar.

## Doz sınırlamaları

- **3- Doz Sınırları:** Kişilerin radyasyon dozları normal uygulamalarda yıllık doz sınırlarını aşmamalıdır.
- Birincil Sınırlar :
- *Radyasyon Görevlileri İçin:*
  - Etkin doz : 20mSv/yıl (5 yılın ortalaması), 50 mSv/yıl ( tek yıl için)
  - Eşdeğer Doz :150mSv/yıl (göz için)
  - Eşdeğer Doz :500mSv/yıl (Cilt, el, ayak için)
- *Halk İçin:*
  - Etkin doz :1mSv/yıl (5 yılın ortalaması), 5 mSv/yıl (tek yıl için)
  - Eşdeğer Doz :15mSv/yıl (göz için)
  - Eşdeğer Doz :50mSv/yıl (Cilt, el, ayak için)



İyonize Eden Radyasyon Dozu – Millisievert ( mSv)	
10 000	Akut radyasyon zehirlenmesi, birkaç haftada ölümcül olan doz
3 000	%50 Hayatta kalma ihtimali
1 000 (1Sv)	Dünya Sağlık Organizasyonu verilerine göre ölümcül radyasyon zehirlenmesine yol açabilecek eşik değer
700	Kusma, saç kaybı
250	2011 Fukushima reaktörü kazasına müdahale eden personel için izin verilen maksimum değer
100	Yüksek kanser riski olan minimum değer
20	Nükleer santral çalışanları için izin verilen maksimum değer
2.4	Bir insanın bir yıl boyunca aldığı ortalama değer
0.1	Göğüs röntgeni çektirmek
0.005	Diş röntgeni çektirmek
0.0001	Bir muz yemek

Görüntüleme Yöntemleri	Ortalama etkin doz (mSv)
Tüm vücut BT	12
Ön-arka akciğer grafisi	0,02
Ön-arka ve yan akciğer grafisi	0,1
Akciğer BT	8
Pelvik BT	6
Abdomen BT	14

## Akut Radyasyon Sendromu (ARS)

---

**Gastrointestinal sendrom (4-6 Sv,6-8 Gy):** Maruziyetten 1-2 hafta içinde GIS epitel dokusunun hasara uğraması, mukoza atrofisi ve ülser görülür (7-10 gün).

Buna bağlı olarak sıvı elektrolit kaybı, enfeksiyon, barsak duvarında nekroz, GIS absorpsiyon kapasitesinin azalması ile malnutrisyon, kanama ve diyare görülür.

Sepsis ya da kanamaya bağlı ölüm gelişebilir.

**Nörovasküler sendrom (10 Sv,20-40 Gy):** Maruziyetten birkaç saat (24-72 saat) sonra bulantı, kusma, konfüzyon, oryantasyon bozukluğu, hipotansiyon, intrakraniyal basınç artışı, ödem, hipertermi izlenir.

Yaralı; sıvı kaybı, ödem, intrakranial basınç artışı ve serebral anoksi nedeniyle 2 gün içerisinde kaybedilir.

Akut radyasyon sendromunun tedavisi semptomatiktir; belirti, bulgu ve laboratuvar testlerinin sonuçlarına göre yapılır.

Tedavide temel prensip, kemik iliği depresyonunun ortaya çıkaracağı komplikasyonları önlemektir.

## Radyasyonun uzun dönemde ortaya çıkan etkileri:

Saç dökülmesi, katarakt, bozuklukları, kalıtsal bozukluklar.

Özellikle bölünme halindeki kromozomlardaki değişikliklere yol açabilir. Bu durum kalıtsal olabilir.

Mutasyon somatik hücrelerde de görülebilir. Bu durumda fonksiyon kaybı görülür.

Bu durum, bir sonraki kuşağa (genetik olarak) geçebilir.

Üreme hücrelerinde oluşan mutasyonlar da etkiler



şlaması, embriyo gelişim hızının kısılmasıdır.

arlıdır ve üzerinde kalıcı

okuda ya da organlarda

nları da etkiler

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

Ani nükleer radyasyon maruziyetinde çok sayıda kişi kontamine olur.

Bu kişilerin çoğu yaralı değil, sadece kontaminedir.

Kontamine kişilerin, hastaneye aynı anda müracaat edip sistemi kilitlemelerine izin verilmemelidir.

Yapılması gereken; radyasyona maruz kalan kişilerin hızla bölgeden uzaklaştırılması, arındırma, oluşan paniğin tıbbi yönetimi ve kamuoyunun bilgilendirilmesidir.

Radyasyon ortamında çalışan sağlık personelinin korunması, olay yerinde hastaların nakli sırasında ve hastanede kontaminasyonun yayılmaması için;

- Çalışmalara katılan tüm personel;

- ★ Maske, koruyucu giysi, başlık ve eldiven kullanılmalıdır.
- ★ Maske ve eldiven kenarları bantlanmalıdır.
- ★ C düzeyinde koruma sağlanmalıdır.
- ★ Tüm personel, nöbetleşe çalışmalıdır.
- ★ Personel, direkt okunan personel dozimetresi (radyasyon ölçüm cihazı) kullanılmalıdır.

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

---

Kurtarıcılar ve sağlık personeli işlemler bittikten sonra taramadan geçirilmelidir.

Hastanede radyasyon izolasyon odası olmalı,

Hava sirkülasyonu engellenmeli,

Drenaj sistemi olan bir küvet veya hasta masası, atık su ve kontamine olmuş her türlü malzeme için kap ve plastik torba bulundurulmalıdır.

Radyasyona maruziyette arındırma, yanık tedavisi ve iyot kullanımı önemlidir.

Yanık tedavisi: Radyasyon yanığı için yanık tedavisi uygulanır

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

---

**İyot tableti:** Radyasyona ilişkin bir yayılım öncesinde, anında veya sonrasında alınan tablet halindeki Potasyum İyodin, zararlı radyoaktif iyodinin tiroit bezlerinde birikmesini ve vücuda zarar vermesini önler.

Sadece tiroidi korur,

Bu tabletlerin vücudun diğer radyoaktif maddelere maruz kalmasını engelleyici özelliği yoktur.

Potasyum iyodin tablet kullanımına uzman radyoloji hekimi karar verir.

Radyasyon ortamında zarar görmesi muhtemel, çalışanlara ve yaşayanlara dağıtılır

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

İyonize edici radyasyona maruz kalan ve yaşamını sürdürmeyi başaran bireylerde iyonize edici radyasyona ait klinik bulgular günler hatta haftalar içerisinde ortaya çıkacağından bu bireylere de radyasyona maruz kalıp kalmadığına bakılmaksızın acil tedavi ve hayat kurtarıcı cerrahi uygulanır.

Ancak daha sonra alınan iyonize edici radyasyon dozuna bağlı olarak uygulanacak prosedürler modifiye edilir.

Bu amaçla DIME Klasifikasyonu kullanılır.

Acil Tedavi gerektiren Grup (I): Acil tedavi ve hayat kurtarıcı cerrahi gerektiren yaralı grubudur.

Örnek olarak solunum yolu obstrüksiyonu, internal kanamalar verilebilir.

Geciktirilebilir Tedavi Grubu (D): Tedavisi acil olmakla birlikte kısa süreli de olsa geciktirilebilecek yaralı grubudur.

Örnek olarak ekstremitelerde kırıklar, spinal yaralanmalar, komplikasyonsuz yanıklar verilebilir.



## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

İyonize edici radyasyona maruz kalan ve yaşamını sürdürmeyi başaran bireylerde iyonize edici radyasyona ait klinik bulgular günler hatta haftalar içerisinde ortaya çıkacağından bu bireylere de radyasyona maruz kalıp kalmadığına bakılmaksızın acil tedavi ve hayat kurtarıcı cerrahi uygulanır.

Ancak daha sonra alınan iyonize edici radyasyon dozuna bağlı olarak uygulanacak prosedürler modifiye edilir.

Bu amaçla DIME Klasifikasyonu kullanılır.

Acil Tedavi gerektiren Grup (I): Acil tedavi ve hayat kurtarıcı cerrahi gerektiren yaralı grubudur.

Örnek olarak solunum yolu obstrüksiyonu, internal kanamalar verilebilir.

Geciktirilebilir Tedavi Grubu (D): Tedavisi acil olmakla birlikte kısa süreli de olsa geciktirilebilecek yaralı grubudur.

Örnek olarak ekstremitte kırıkları, spinal yaralanmalar, komplikasyonsuz yanıklar verilebilir.

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

Minimal Tedavi Grubu (M): Tedavisi acil olmayan, yüzeysel yaralanmalara maruz kalmış yaralı grubudur.

Örnek olarak küçük kırıklar, laserasyonlar verilebilir.

Ekspektan Tedavi Grubu (E): Ciddi ve çok sayıda yaralanmaya maruz kalmış, sağlık durumu yoğun bakım gerektiren, yaşamını sürdürme şansı düşük yaralı grubudur.

Tablo 1. DIME sınıflandırması

Başlangıç Triyajı	Son Triyaj		Belirgin Nörolojik Semptomlar
	< 150 cGy	> 150 cGy	
Sadece Radyasyon Bağlı Olarak	Göreve İade, D veya M	D	E
I	I	I	E
D	I	I	E
M	D	D	E
E	E	E	E

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

Tablo 2. Radyasyon dozu ve semptomlar

Doz (cGy)	Semptom	Başlangıç	Süresi
0-35	Yok	-	-
35-75	Hafif Bulantı, Baş Ağrısı	6 saat	12 saat
75-125	Bulantı-Kusma (%30)	3-5 saat	24 saat
125-300	Bulantı-Kusma (%70)	2-3 saat	3-4 gün
300-530	Bulantı-Kusma (%90)	2 saat	3-4 gün
	Diyare (%10)	2-6 saat	2-3 hafta
530-830	Belirgin Bulantı-Kusma (%90)	1 saat	Direkt olarak
	Diyare (%10)	1-8 saat	GI Sendroma geçiş
830-3000	Belirgin Bulantı-Kusma (%90)	3-10 dk.	Ölene kadar
	Oryantasyon Bozukluğu (%100)	3-10 dk.	30 dk.-10 saat

Tablo 3. Radyasyon dozu lenfosit ilişkisi

Lenfosit Sayısı (mm <sup>3</sup> )	Alınan Radyasyon Dozu
> 1500	Minimal
1000-1500	Orta
500-1000	Şiddetli
< 500	Ölümcül

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

Tablo 4. Kazazedelerin gözlem ve işlemleri

Klinik Semptom	Alınan Radyasyon Dozu	Hospitalizasyon
Kusma yok	< 1 Gy	5 hafta ayaktan takip
Işınlandıktan 2-3 saat sonra kusma	1-2 Gy	Hastanede gözlem veya 3 hafta ayaktan takip sonrası hastanede gözlem
Işınlandıktan 1-2 saat sonra kusma	2-4 Gy	Hastanede Hematoloji Departmanında gözlem
Işınlandıktan sonra ilk 1 saat içerisinde kusma ve hipotansiyon, ödem, hipertermi, diyare, eritem gibi semptomlar	> 4 Gy	Tam teşekküllü bir hastanenin Hematoloji veya Cerrahi Departmanında radyopatoloji uzmanı kontrolünde gözlem

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

---

### Prodromal faz

Bulantı, kusma, ateş, baş ağrısı ve yorgunluk ile karakterize

Granisetron (Kytril®), ondansetron (Zofran®, Zofer®) ve tropisetron (Navoban®)

### Latent faz

Semptomsuzluk ile karakterize

Süresi maruz kalınan doz ve sistem ile ilişkili

Nörovasküler sendromda birkaç saat iken, GIS 1-7 gün ve hematopoietik sendromda 2-6 hafta

### Açık hastalık fazı

Hospitalizasyon ve tıbbi bakım gerekiyor

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

---

### Hematopetik sendrom

0.7-4 Gy radyasyona maruz kalan personelde kemik iliği fonksiyonları bozulur ve pansitopeni gözlemlenir

Radyasyon sonrası 24 saat içinde periferik kan profilinde değişiklikler gözlenir

En fazla etkilenen hücre lenfosittir.

En faydalı tetkik tam kan sayımıdır.

### Nötropeni ve enfeksiyonda tedavi

Antibiyotik proflaksisi nötrofil sayısının  $<100$  olduğunda uygulanmalıdır

Nötropeni süreci uzadıkça enfeksiyon riski artar

Sitokin kullanımı enfeksiyon öncesinde gereklidir

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

### Enfeksiyondan korunma

Orta derecede radyasyon maruziyeti üzerinde patojenler ile yaralıyı mümkün olduğunca uzak tutmaktır

Yaralının mikrobik çevre ile teması kesilmelidir

Aerobların baskılandığı anaerobları etkilemeyen barsak dekontaminasyonu yapılmalıdır

Sukralfat ve prostaglandin analogları mide aktivitesini etkilemeksizin kanamayı önleyebilir

Febril nötropenik hastadan farkı yoktur

Muhtemel bakteriler ve hastane enfeksiyonları düşünülerek ampirik antibiyoterapi uygulanır

Kombine tedaviler tek ajana göre daha etkilidir

Tedavi 24 saat ateşsiz bir periyot ve nötrofil sayısı  $>500$  a kadar devam etmelidir

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

---

### Enfeksiyondan korunma

G-CSF, filgrastim, (Neupogen®), 2.5-5 µg/kg/gün

GM-CSF, sargramostim, (\*\*\*\*\*®), 5-10 µg/kg/gün

Hematopoiesisi stimüle ediyorlar

Nötrofilin fonksiyonel kapasitesini arttırıyorlar

Antibiyoterapi, taze trombosit ve diğer kan ürünleri ile birlikte yapılan tedavide enfeksiyonların komplikasyonlarını azaltıyorlar

Maruziyetten sonraki 24-72 saat içinde uygulanmalı



## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

---

### Blast yaralanma

Standart travma tedavi prensipleri geçerli

İmmün sistem baskılandığı için enfeksiyon ve yara iyileşmesi problem

Hipotansiyon varsa büyük olasılıkla hipovolemiye bağlı

Cerrahi tedavi gerektiren durumlar öncelik taşıyor

Timpanik membranın yırtılmasının tedavisi geciktirilebilir

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

---

### Yaralar ve radyasyon

Radyasyona maruz kalanlarda açık bırakılan yaralar potansiyel enfeksiyon odağıdır

Radyasyon yaralanmasından saatler sonra yara iyileşmesi gecikir.

Yaralar mümkün olduğunca erken kapatılmalıdır (36-48 saat)

İlk müdahale yerinde cerrahi tedavi yapılamıyorsa orta derecede yaralanmış olanlar üst merkeze nakledilmelidirler

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

---

### Yanıklar ve radyasyon

% 50 mortaliteye sahip bir yanık radyasyon (1.5 Gy) ile eşzamanlı ortaya çıktığında % 90 + mortaliteye dönüşüyor

Enfeksiyon primer ölüm sebebi

Cildin tüm katlarında oluşan yanık besi yeri olmak için ideal, eksizyon ve yaranın kapatılması gerekli

Topikal antimikrobiyal ajanların kullanılması komplikasyonlara neden olabilir

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

---

### Göz yaralanmaları

Yüksek yoğunlukta ışık ve infrared radyasyona maruz kalmak korioretinal bölgede yaralanmaya yol açıyor

Gözlükler ve gece görüş sistemleri bu yaralanmayı azaltırlar

Patlama sonrasında geçici körlük oluşabilir

Bu körlük gündüz bir kaç dakika gece ise 30 dakika sürebilir

## Nükleer Radyasyona Maruziyette Acil Yardım

---

### Göz yaralanmaları

Yüksek yoğunlukta ışık ve infrared radyasyona maruz kalmak korioretinal bölgede yaralanmaya yol açıyor

Gözlükler ve gece görüş sistemleri bu yaralanmayı azaltırlar

Patlama sonrasında geçici körlük oluşabilir

Bu körlük gündüz bir kaç dakika gece ise 30 dakika sürebilir

## Kronik Radyasyon Sendromu

En az üç yıl süresince 1 Gy üzerinde radyasyona maruz kalan kişilerde ortaya çıkar

- Uyku, iştah bozuklukları
- Yorgunluk ve tükenmişlik hali
- Konsantrasyon kaybı
- Hafızada zayıflama
- Mizaç değişiklikleri
- Vertigo
- Parestezi
- Baş ağrısı
- Epistaksi
- Baygınlık episodları
- Kemik ağrısı
- Sıcak basması
- Lokalize kemik ve kas hassasiyeti
- Orta derecede hipotansiyon
- Taşikardi
- Tremor
- Ataksi
- Asteni
- Hiperrefleksi
- Gecikmiş menarş
- İkincil cinsiyet karakterlerinde gelişme bozukluğu

## Kronik Radyasyon Sendromu

### Labarotuar bulguları

Hafif veya belirgin pansitopeni

Kemik displazisi

### Klinik bulgular

- Karsinogenezis
- Katarakt oluşumu
- Fertilite bozuklukları ve infertilite

### Fetal maruziyet

Büyüme geriliği

Ciddi konjenital malformasyonlar

Embriyonik, fetal veya neonatal ölüm

Karsinogenesis

### Psikolojik etki

Patlama sonrası suçluluk hissi, ölme olasılığını kafasından atamama,

Yüksek sayıda yaralı varlığı ve gecikmiş kurtarma faaliyetleri akut strese katkıda bulunurlar

Fobi, genel depresyon ve yorgunluk, ve post travmatik stress bozuklukları görülebilir

Uzun süreli etkileri engellemek için yakınlık, çabukluk ve beklenti prensipleri ile tedavi edilmelidir