

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

İçerik

- Giriş
- Radyasyonun Biyolojik Etkilerini Etkileyen Faktörler
- Radyasyonun Biyolojik Ortam ile Etkileşmesi
- Radyasyona Duyarlı Organlar ve Organ Düzeyinde Etkileşme
- Deterministik ve Stokastik Etki

Giriş - İyonlaştırıcı Radyasyonun Etkilerinin Erken İzlenimleri

- 1895 Wilhelm Conrad Röntgen tarafından X-ışınları keşfedildi.
- 1896 İlk deri yanığı rapor edildi.
- 1896 X ışınları kanser tedavisinde kullanıldı.
- 1896 Becquerel tarafından radyoaktivite keşfedildi.
- 1897 İlk deri hasarı vakası rapor edildi.
- 1902 X ışınlarının sebep olduğu ilk kanser vakası rapor edildi.
- 1911 Mesleki ışınlama sebebiyle ilk lösemi ve akciğer kanseri vakası rapor edildi.
- 1911 Almanya'da 94 tümör vakası rapor edildi. (50 tanesi radyoloji uzmanı)

Radyasyonun Biyolojik Etkilerini Belirleyen Faktörler

Fiziksel faktörler;

- Maruz kalınan toplam doz
- Maruz kalınma süresi
- Maruz kalınma şekli (iç ve dış ışınlama)
- Dozun hangi aralıklarda alındığı (Fraksiyonasyon)
- Radyasyonun türü ve enerjisi (LET değeri)

Biyolojik Faktörler

- Hücre siklus fazlarının duyarlılık farklılıkları
- Biyolojik tamir
- Kişiler arası duyarlılık farkları
- Cinsiyet, yaş ve hormonal farklılıklar

Kimyasal faktörler

- Radyosensivite: Örneğin; Oksijen, halojenli pirimidinler
- Radyoprotektif maddeler: Sülfidril grupları

Radyasyonun Biyolojik Ortamlarla Etkileşmesi

- Radyasyon enerjisinin DNA veya enzim molekülleri gibi özel bir biyolojik yapıya transfer edilmesi direkt etkidir.
- Radyasyon, vücut içinde özellikle su molekülleri gibi ortamdaki molekülleri etkilemiş ise, dolaylı etkiden söz edilir.

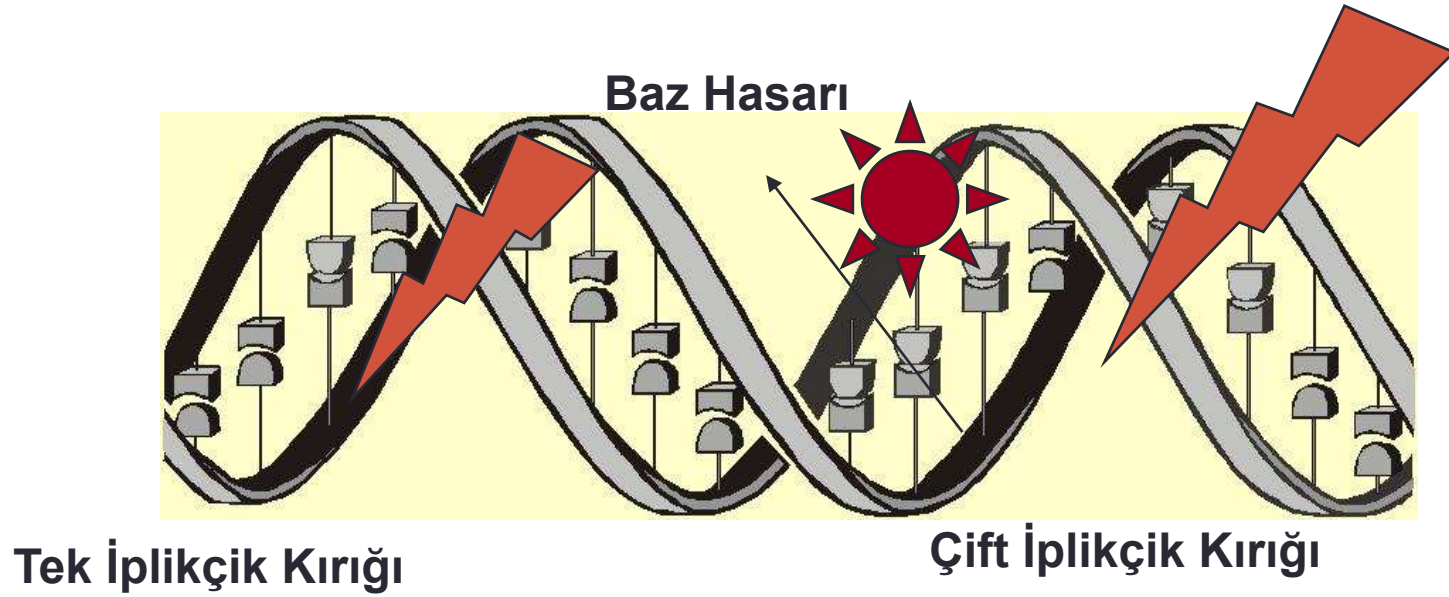
İyonlaştırıcı Radyasyonun Hücre Üzerindeki Doğrudan Etkisi

Hücre çekirdeğinde hayati önem taşıyan moleküller (DNA, RNA, enzimler, hormonlar) ile çekirdek dışındaki hayati moleküller (mitokondri, ribozom, lizozom) ve hücre zarının radyasyona doğrudan hedef olması sonucunda, hücrede;

- Ölüm
- Fonksiyon Değişikliği (Mutasyon) (tamir edilir) Gerçekleşebilir.

Radyasyonun Doğrudan Etkisi

Kromozom Hasarları

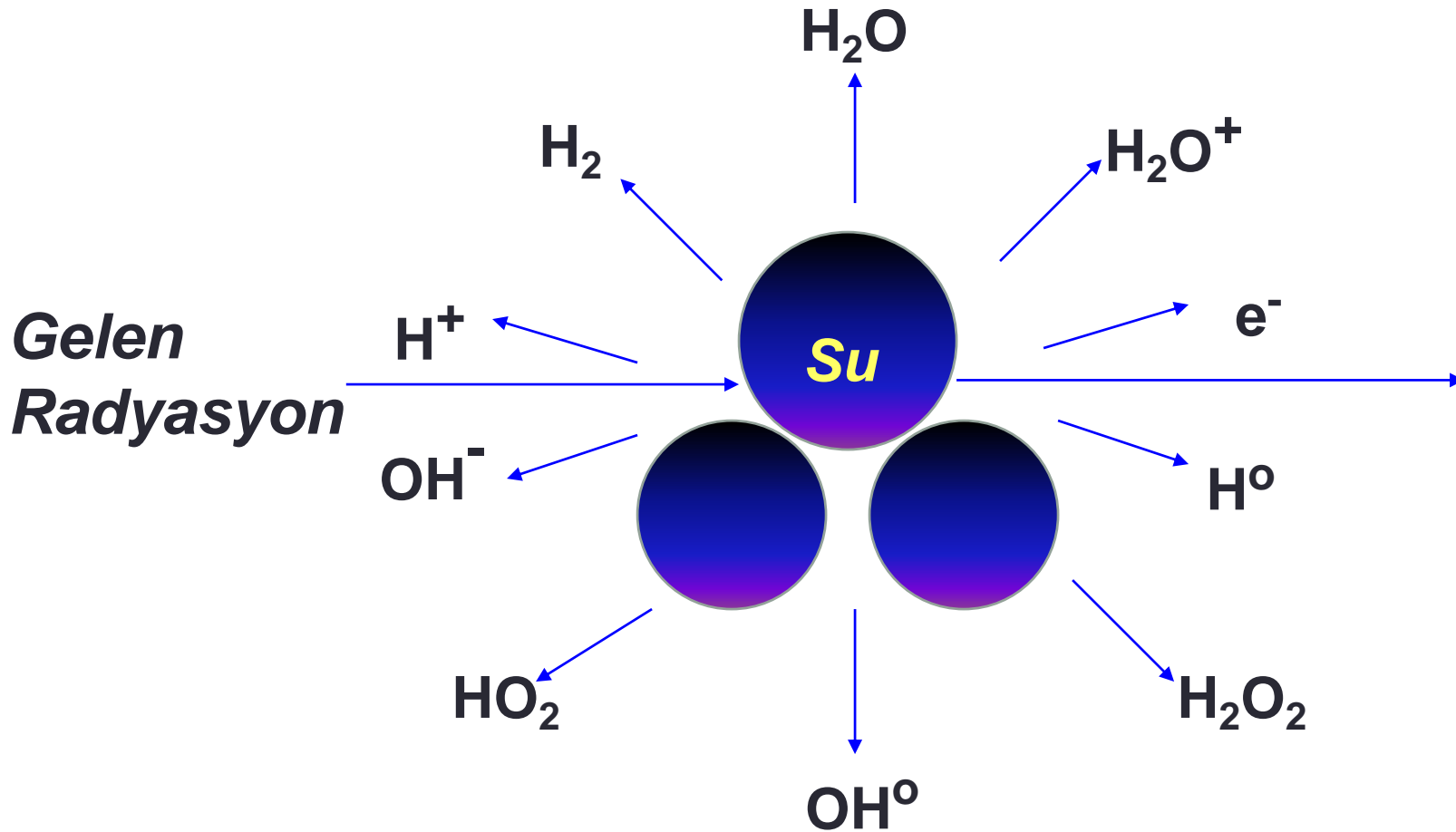


Radyasyonun Dolaylı Etkisi (Su Molekülü ile Etkileşimi)

- Canlılar yaklaşık olarak %70-90 oranında su içerdiği için radyasyon enerjisinin su molekülleri tarafından soğurulma olasılığı çok yüksektir.
- Suyun ışınlanması ile su molekülleri iyonlaşmakta ve bunların ürünleri olarak serbest radikaller (serbest kökçeler) oluşmaktadır.

Radyasyonun Dolaylı Etkisi

*İnsanda en bol bulunan molekül: **Su***



Onarım

- 1000 lezyonun 999 onarılır.
- 1000 hasarlı hücreden 999 ölür (her gün milyonlarca hücrenin ölümü herhangi bir sağlık problemi yaratmadan gerçekleşir)
- Çoğu hasarlı hücre yaşamlarını değişmiş olarak sürdürebilir.

Hücre Duyarlılığı

Radyobiyojinin Temel Kanununa göre;
Işınlanan canlılarda hücrelerin duyarlılığı;

- ✓ Bölünme kapasiteleri ile doğru,
- ✓ Farklılaşma dereceleri ile ters orantılıdır.

Radyasyona Duyarlı Organlar

Yüksek Duyarlılık	Orta Duyarlılık	Düşük Duyarlılık
Kemik iliği Dalak Timüs Lenf nodları Üreme organları Gözler Lenfositler	Cilt Kalp, Karaciğer, Akciğer	Kas Kemik Sinir sistemi

Deterministik Etki:

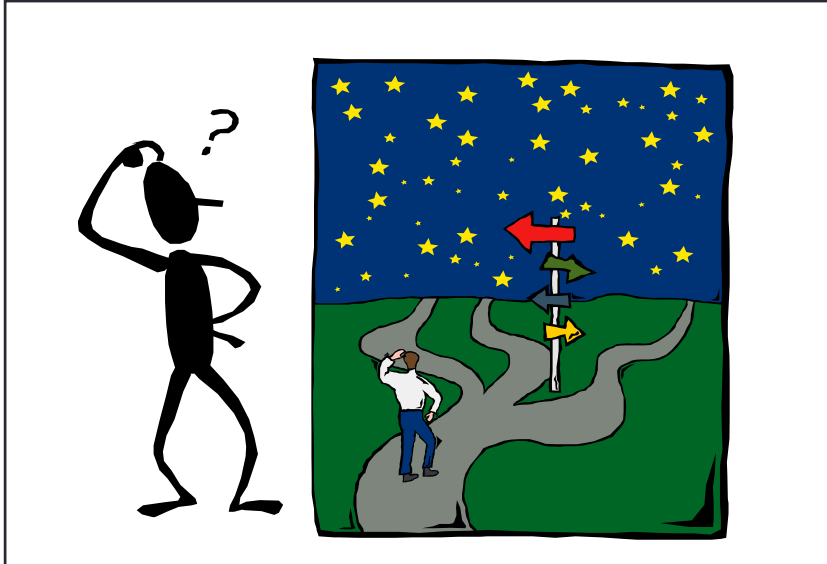
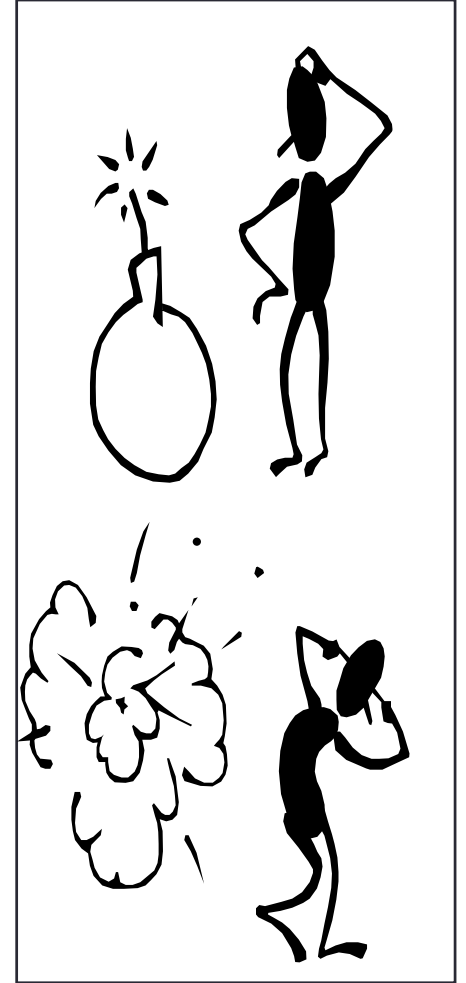
Eşik dozu vardır.

Etkinin şiddeti doz ile artar. Katarakt, güneş yanığı

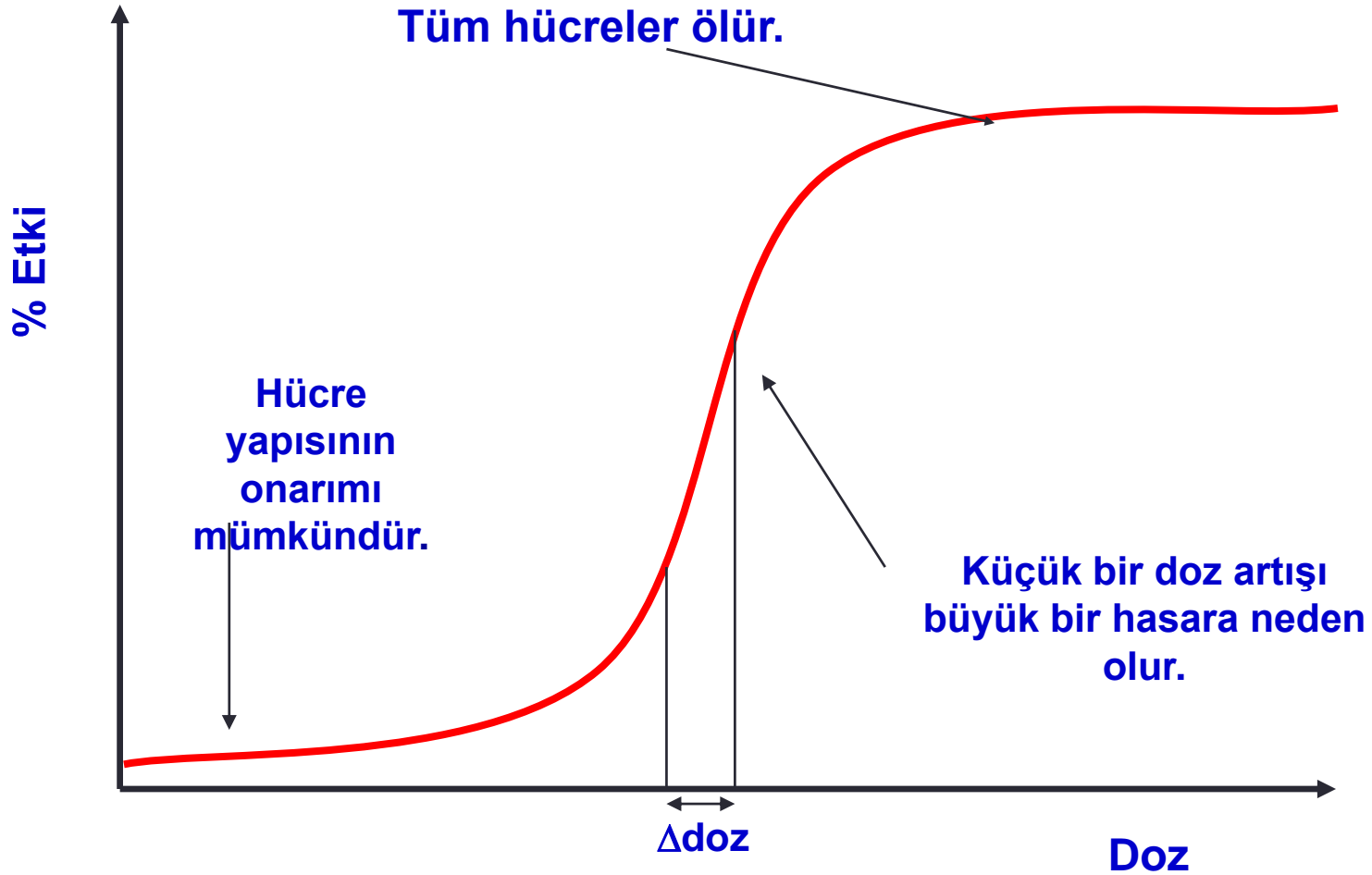
Stokastik Etki:

Eşik dozu yoktur. (Piyango Bileti)

Etkinin olasılığı doz ile artar. Kanser, kalıtsal etkiler.



Deterministik Etkinin Doz Cevap Eđrisi



Deterministik Etkiler İçin Eşik Dozlar

• Katarakt		2-10	Sv
• Kalıcı kısırlık	- Erkekler	3,5-6	Sv
	- Kadınlar	2,5-6	Sv
• Geçici kısırlık	- Erkekler	0,15	Sv
	- Kadınlar	0,6	Sv

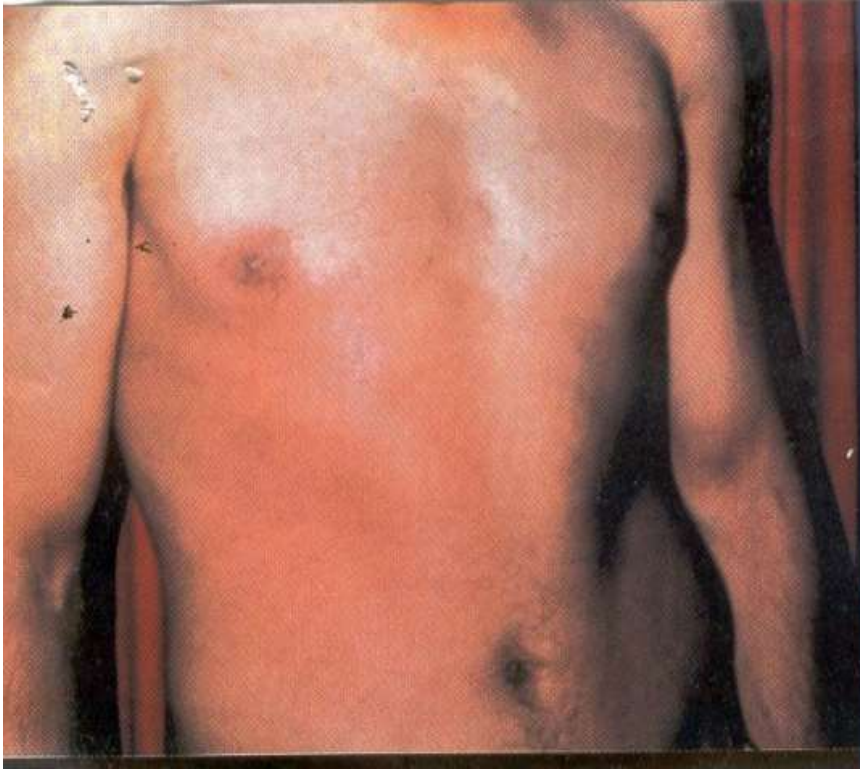
Cilt Hasarı

Hasar	Eşik doz (Sv)	Ortaya çıkma süresi (Hafta)
Erken geçici kızarıklık	2	<<1
Geçici kıl dökülmesi	3	3
Kalıcı kıl dökülmesi	7	3
Deride kırmızı lekeler	12	>52
Gecikmiş kızarıklık	15	6-10
Deride nekroz (kangren)	18	>10
İkincil ülserleşme	20	>6

Göz İçin Etkiler



	Tek Doz Işınlama (Sv)	Uzun Yıllar Işınlama (Sv/y)
Katarakt	5	>0,15
Gözlenebilir opasite	0,5-2	>0,1



5 Ci'lik Ir-192 kaynağını iş önlüğünün cebinde 2 saat taşıyan bir işçinin göğsünün ön ve sağ tarafında 5 ve 10 gün sonraki oluşan kızarıklıklar



Aynı işçinin ışınlanmadan 21 gün sonraki pul pul dökülme ve doku ölümü



15 – 20 Gray aralığında toplam doza maruz kalan bir hastanın 21 hafta sonraki doku ölümü

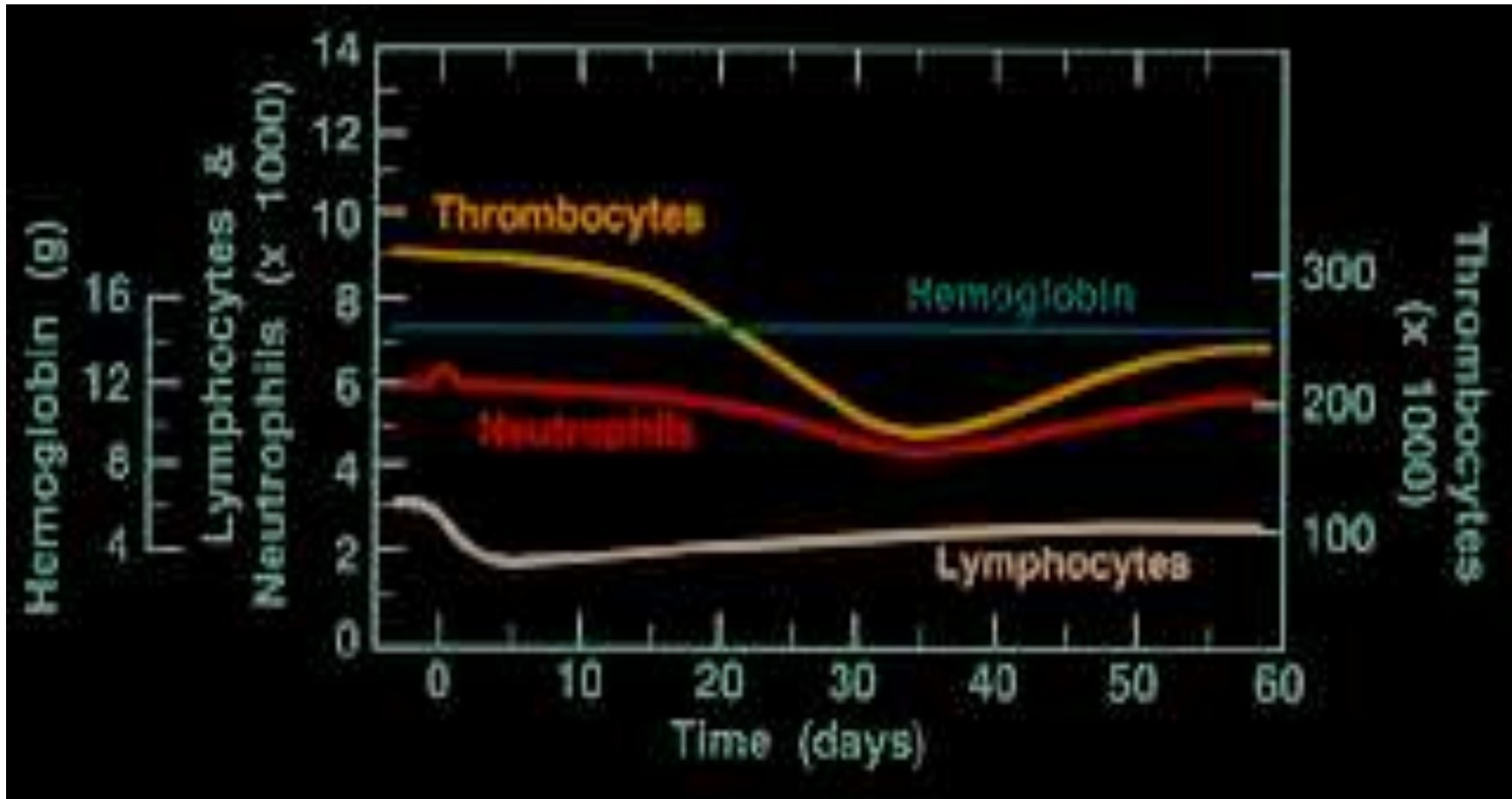
Tüm Vücut Işınlanması: Akut Radyasyon Sendromu

- İnsanda ani ve şiddetli olarak yüksek dozlara maruz kalma sonucunda ARS (Akut Radyasyon Sendromu) hastalık belirtileri ortaya çıkmaktadır.
- ARS düzeyi maruz kalınan doz seviyesine, doz hızına, ışınlanan dokuların radyasyona olan duyarlılığına, ışınlanan vücut bölgesi ve ışınlanmadan etkilenen organ sisteminin genişliğine bağlıdır.
- Tüm vücut ışınlandığında hasarın şiddeti daha fazladır.

Akut Tüm Vücut Işınlanmalarının Klinik Belirtileri

Doz (Sv)	Gözlenen Klinik Belirtiler
0-0,25	Gözlenebilen klinik belirti yok
0,25-1,0	Kan tablosunda küçük değişiklikler. Kusma, iştahsızlık (%15-50'sinde)
1,0-2,0	Yorgunluk, iştahsızlık, mide bulantısı ve 3 saat içinde kusmalar, kan tablosunda orta derecede değişiklikler. Işınlamadan 12-24 saat sonra deride kızarıklık.
2,0-6,0	2 saat veya daha fazla sürede kusmalar, iç kanamalar ve enfeksiyon, kan tablosunda büyük değişiklikler. 2 hafta içinde saçlarda dökülmeler, alınan doza göre 1 ay ile 1 yıl arasında %20 ile %100 arasında iyileşme.
6,0-10,0	1 saat veya daha kısa süre içinde kusmalar, kan tablosunda değişiklikler, iç kanama ve enfeksiyonlar, 2 ay içinde %80-100 arasında ölüm, sağ kalanların iyileşmesi çok uzun sürede mümkün olmaktadır.

1 Gy ışınlama ile kan tablosundaki değişiklikler



Lokal Radyasyon Hasarları (LRH)

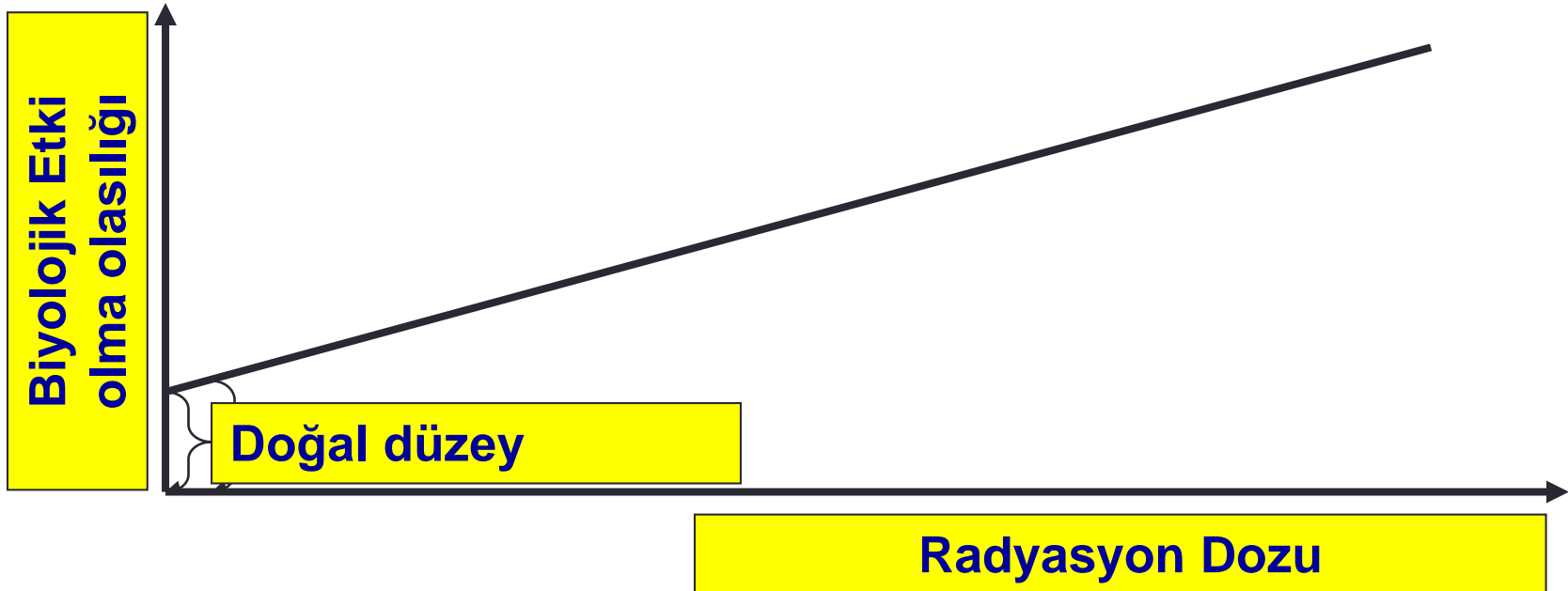
- Yüksek radyasyon dozlarının ($> 8-10$ Gy) neden olduğu LRH, tüm vücut ışınlanmasından çok daha sık meydana gelmektedir.
- LRH, sadece radyasyon tipine ve şiddetine değil aynı zamanda ışınlanan bölgenin büyüklüğüne ve yerleşimine de bağlıdır .



20-30 Sv'lik doza maruz kalmış bir işçinin ellerinde oluşan yanıklar ve veziküller

Stokastik Etkiler

Eşik değer olmaksızın radyasyon dozunun fonksiyonu olarak ortaya çıkması olası etkilerdir.



Stokastik Etkiler

- Bedensel Etkiler, kişinin kendisinde ortaya çıkması olası etkiler örneğin kanser oluşumu,
- Kalıtsal Etkiler, gelecek kuşaklarda ortaya çıkması olası etkilerdir.
- Yaşam kısaltıcı etkiler

Stokastik Etkiler

Stokastik Etkiler nedeniyle etkin doz birimi başına ölümcül ve ölümcül olmayan kanser olasılığının riski için olasılık katsayıları belirlenmiştir.

	Ölümcül kanser riski (Sv ⁻¹)	Ölümcül olmayan kanser riski (Sv ⁻¹)
Toplum bireyi	% 5	% 1
Radyasyon çalışanı	% 4	% 0,8

Stokastik Etkilerin Olasılığı

1 Sv doz

Ölümcül kanser % 5.0

Yaşam süresi kısalması % 0.6

Kalıtsal hasar % 0.1

Toplam % 5.7

Ölümlle Sonuçlanan Kansere Olasılığındaki Artış

1 mSv	20 000 de 1
5 mSv	4 000 de 1
10 mSv	2 000 de 1
20 mSv	1 000 de 1

Risk

Milyonda bir Ölüm Riski olan Aktiviteler (1/1000000)

Bir Günde 20 Sigara İçmek	6 yıl
Fazla kilo (%15 kadar)	2 yıl
Tarım Sektöründeki Kazalar	320 gün
İnşaat Kazaları	227 gün
Trafik Kazaları	207 gün
Ev Kazaları	74 gün
Mesleki Radyasyon Dozu (10 m Sv/yıl, 18 ile 65 yaş arası)	51 gün
Bütün Doğal Hasarlar (deprem, yıldırım çarpması, sel)	7 gün
Tıbbi ışınlanmalar	6 gün

Gelecek Kuşaklar İçin Stokastik Etkiler

İyonlaştırıcı radyasyonun etkilerini araştırmak üzere yapılan hayvan deneylerinden elde edilen sonuçlar önemli malformasyonlar, fonksiyon kayıpları, erken ölüm gibi etkilerin genetik etkiler sebebiyle olabileceğini göstermektedir.

Ancak;

Atom bombasından etkilenenlerin çocuklarından oluşan 70.000 kişi üzerinde yapılan araştırmalar kanser, kromozom aberasyonu, konjenital anomaliler gibi bulgularda herhangi bir artış olmadığını ortaya koymuştur.

Fetüs

Fetüs yüksek çoğalma kapasitesi ve farklılaşmamış hücreler nedeniyle radyasyona karşı duyarlıdır.

- Konsepsiyon (2 Hafta): İmplantasyon önlenir veya normal gebelik devam eder.
- Organogenez (2-6 Hafta): Gelişme geriliği, mikrosefali, organ anormallikleri görülür.
- 6-40 hafta: Merkezi sinir sistemi etkilenmesi sonucu IQ düşüklüğü gibi etkiler söz konusu olabilir.

Radyasyona maruz kalma / şüphe durumunda yapılması gerekenler

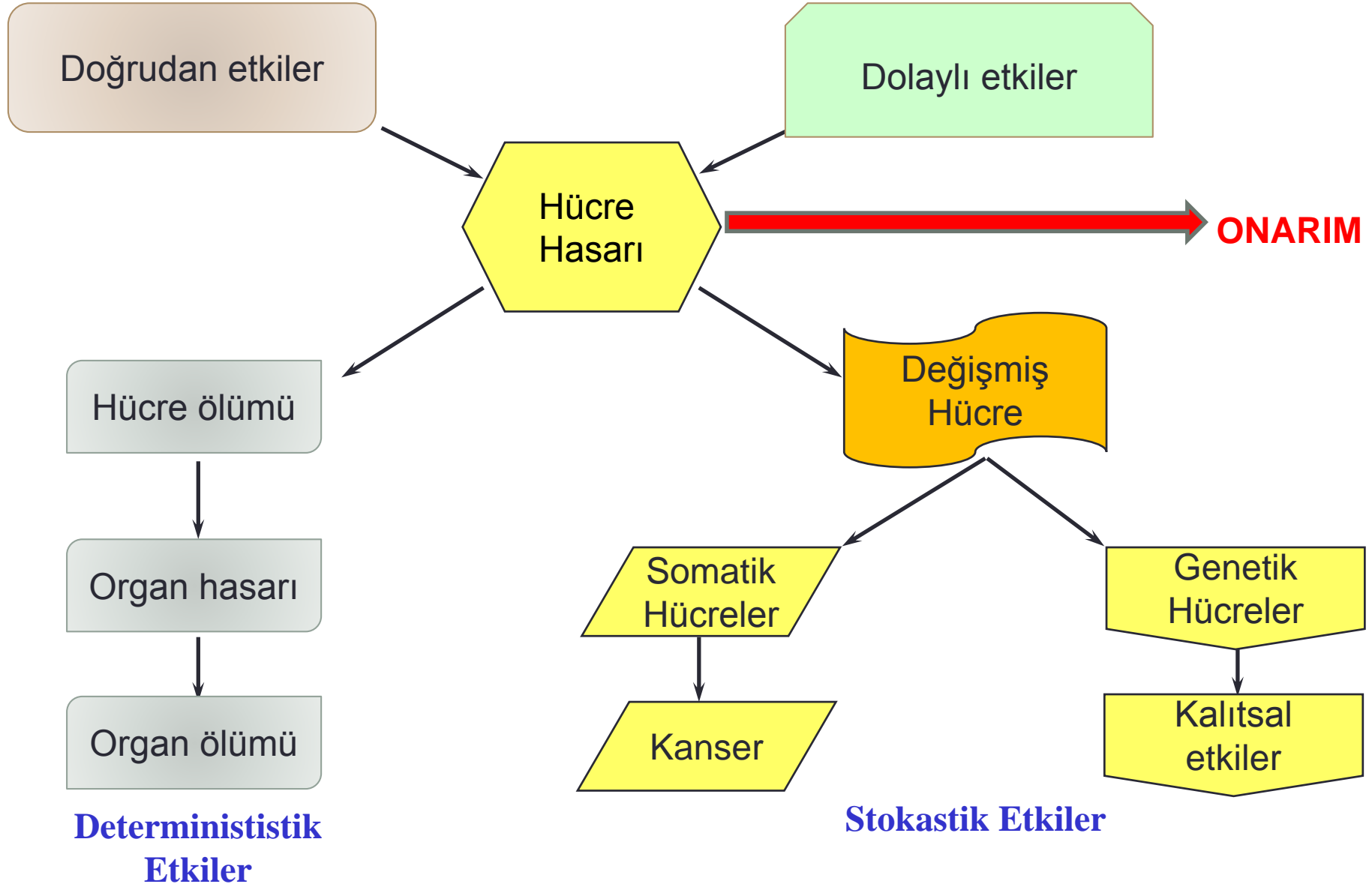
- ✓ Radyasyon kazası sonucu etkilenme olasılığı olan kişilerin en kısa sürede tam teşekküllü bir sağlık kuruluşuna müracaat etmesi gerekmektedir.
- ✓ Işınlanmanın şiddetini belirlemek için acilen kan örneği alınmalı ve tam kan sayımları periyodik olarak yapılmalı, kan tablosundaki değişiklikler gözlenmelidir.
- ✓ Deri ve sindirim sistemi ile ilgili gözlemler yapılmalıdır.

- ✓ Bulantı, kusma ve ishalin başlama zamanı, cilt ve mukoza yanıklarının şiddeti ve ortaya çıkış zamanları, doz seviyelerini tahmin edebilmek için önemlidir.
- ✓ Kan Örnekleri, Kromozom Aberasyon Analizi ile Biyolojik Doz tayini için ÇNAEM Biyolojik Dozimetri Laboratuvarına ulaştırılmalıdır.
- ✓ Biyolojik Dozimetri yöntemleri ile tüm vücut dozu tayin edilmeli ve buna göre gerekli tedavi uzman doktorlar tarafından programlanmalıdır.
- ✓ Tıbbi radyasyon uygulamalarında tüm vücut ve organ dozları SANAEM Radyasyondan Korunma Birimi tarafından hesaplanmaktadır.

Radyasyon Kazalarında Danışma, Tedavi ve Eğitim Amacıyla Yetkin Merkezler

- İstanbul'da Haydarpaşa GATA
- Ankara'da GATA

RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ



Kaynaklar

- 1- Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, (IAEA & WHO Safety Reports Series No. 2 1998)
- 2- Industrial Radiography, The Damaging Effects Of Radiation IAEA
- 3- TRIUMF Radiation Protection Course, P. Garnet, L. Moritz, TRIUMF Safety Group, 3rd Edition, April 2002
- 4- 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP 60 (1990)
- 5- Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment, Technical Report Series, No: 405, IAEA, 2001
- 6- Köksal G., Dalcı D. Pala F., In Vitro Dose-Response Curves For Chromosome Aberrations Induced In Human Lymphocytes By Co-60 γ Radiation, Mutation Research, 1995, 329, 57-61
- 7- Rojas-Palma Carlos, Liland Astrid, Etherington George, Perez Maria del Rosario, Rahola Tua, Smith Karen, TMT Handbook, Triage, Monitoring and Treatment of People Exposed to Ionising Radiation Following a Malovelent Act, 2009, ISBN:978-82-90362-27-5, Norway

SORULAR ?

