

RADKOR - TRD  
BİLGİLENDİRME TOPLANTISI  
21 Ekim 2016

RADYASYONLA  
ÇALIŞANLARIN KANSER RİSKİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

Radyasyon Uygulamaları Nedeniyle Alınan  
Dozlar ve Risk Değerlendirmeleri

Prof. Dr. Dođan Bor

Ankara Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Nükleer Fizik Anabilim Dalı

# İÇERİK

Radyasyon bilgisi

Radyoepidemioloji

Radyasyonun stokastik etkileri –LNT teorisi

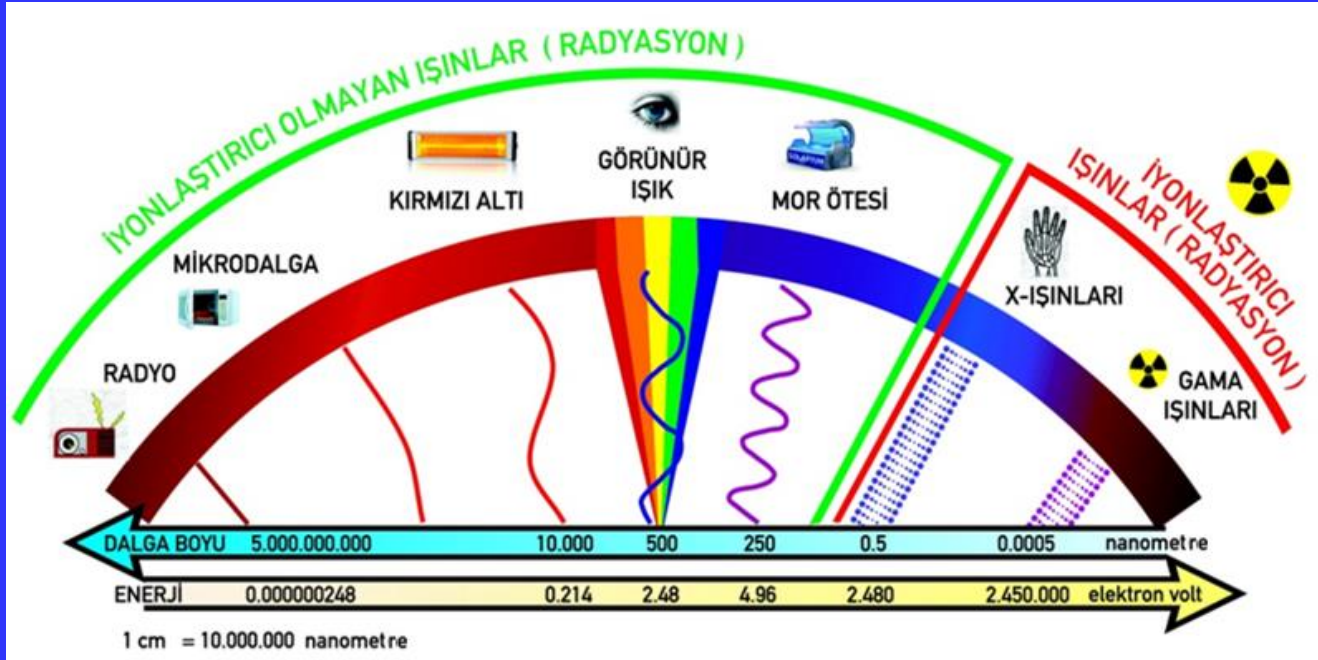
Medikal ışınlamalar

Hastalar

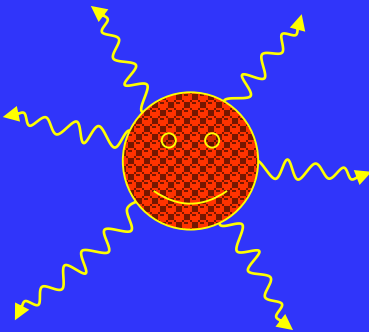
Çalışanlar

Radyasyon risklerinin açıklanması

# RADYASYON

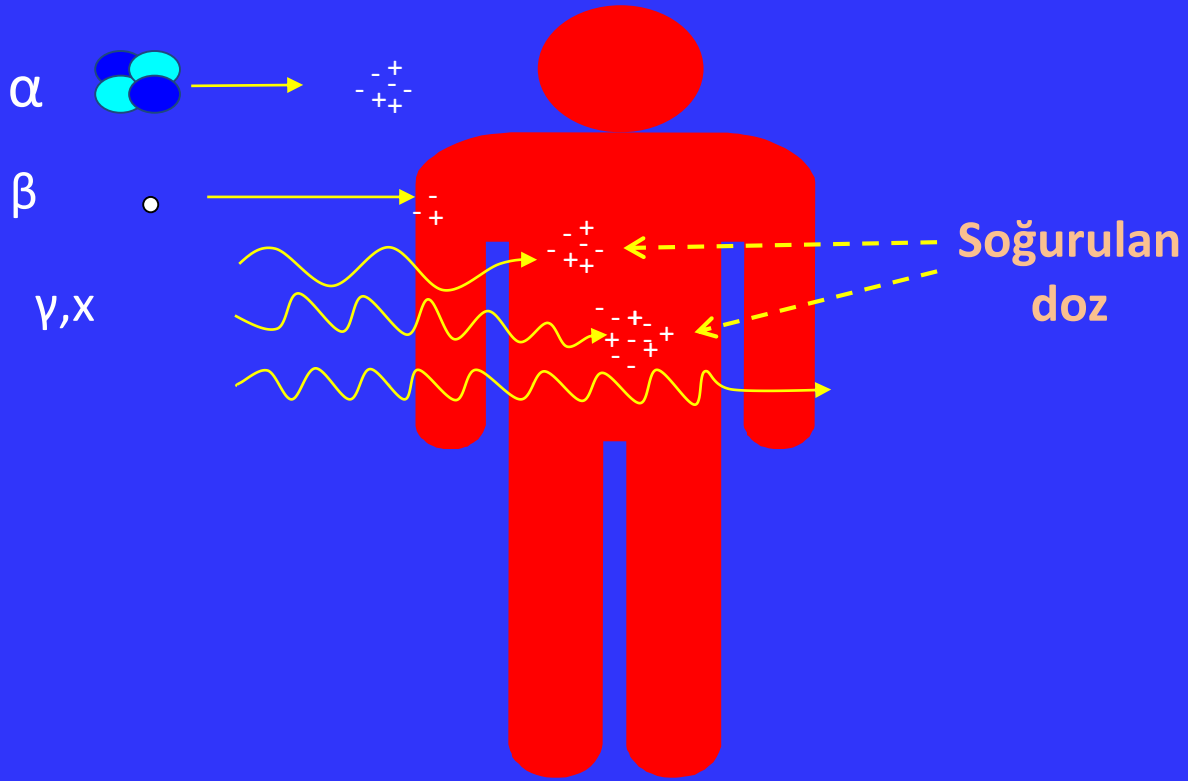


Nükle



# İYONLAŞTIRICI RADYASON

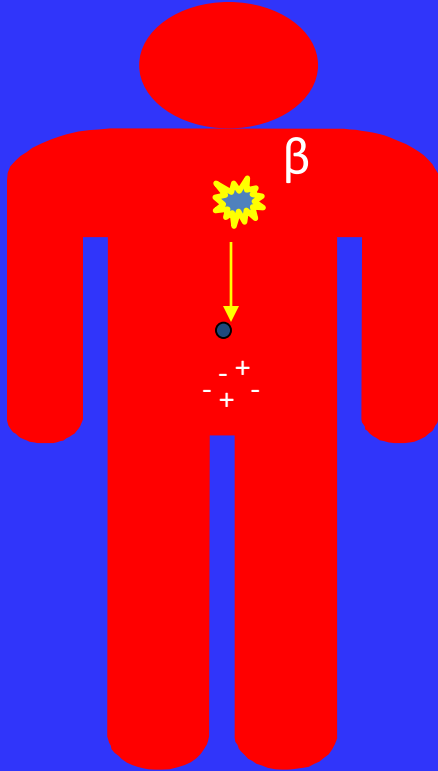
## Dış Işınlamalar



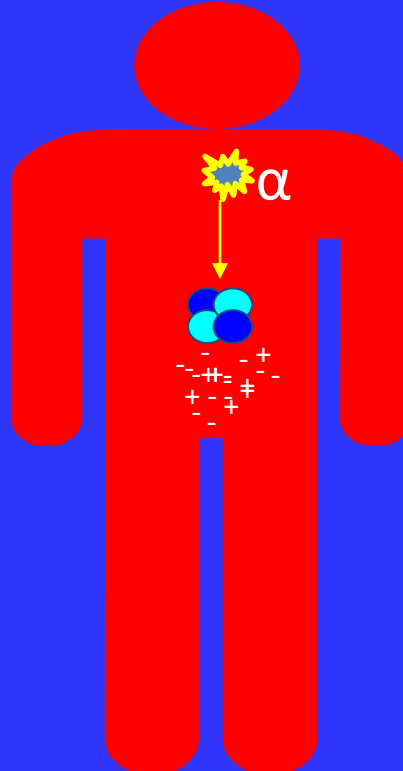
# İYONLAŞTIRICI RADYASON

## İç Işınlamalar

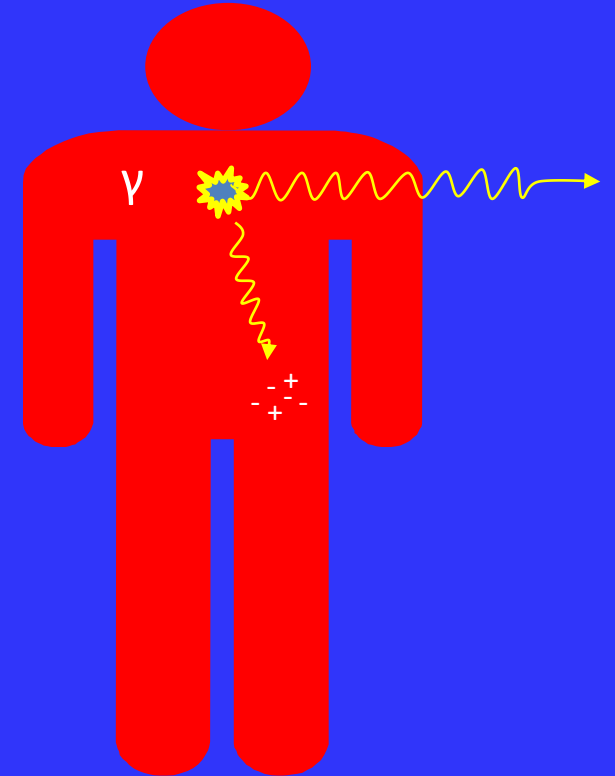
Radyoaktif kaynağın deriye bulaşması (kontaminasyon) ,  
vücuda girmesi



Beta Radyasyonu

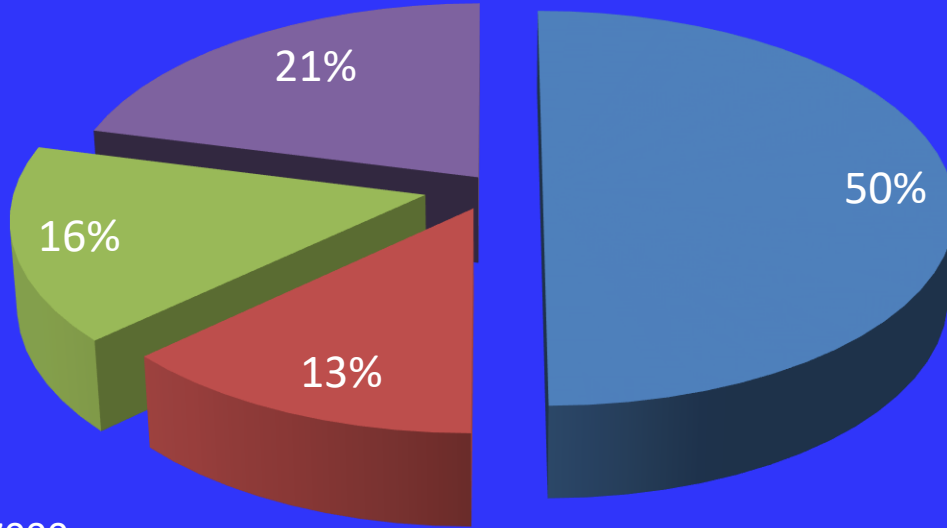


Alfa Radyasyonu



Gama Radyasyonu

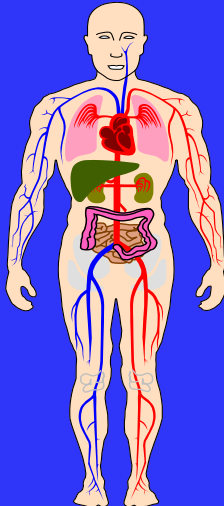
# DOĞAL RADYASYON



- Radon %50 (0.3 - 100 mSv/yıl)
- İnsan vücudu %13 (0.1 - 1 mSv/yıl)
- Kozmik %16 (0.15 - 0.8 mSv/yıl)
- Yer kabuğu %21 (0.4 - 300mSv/yıl)

7000

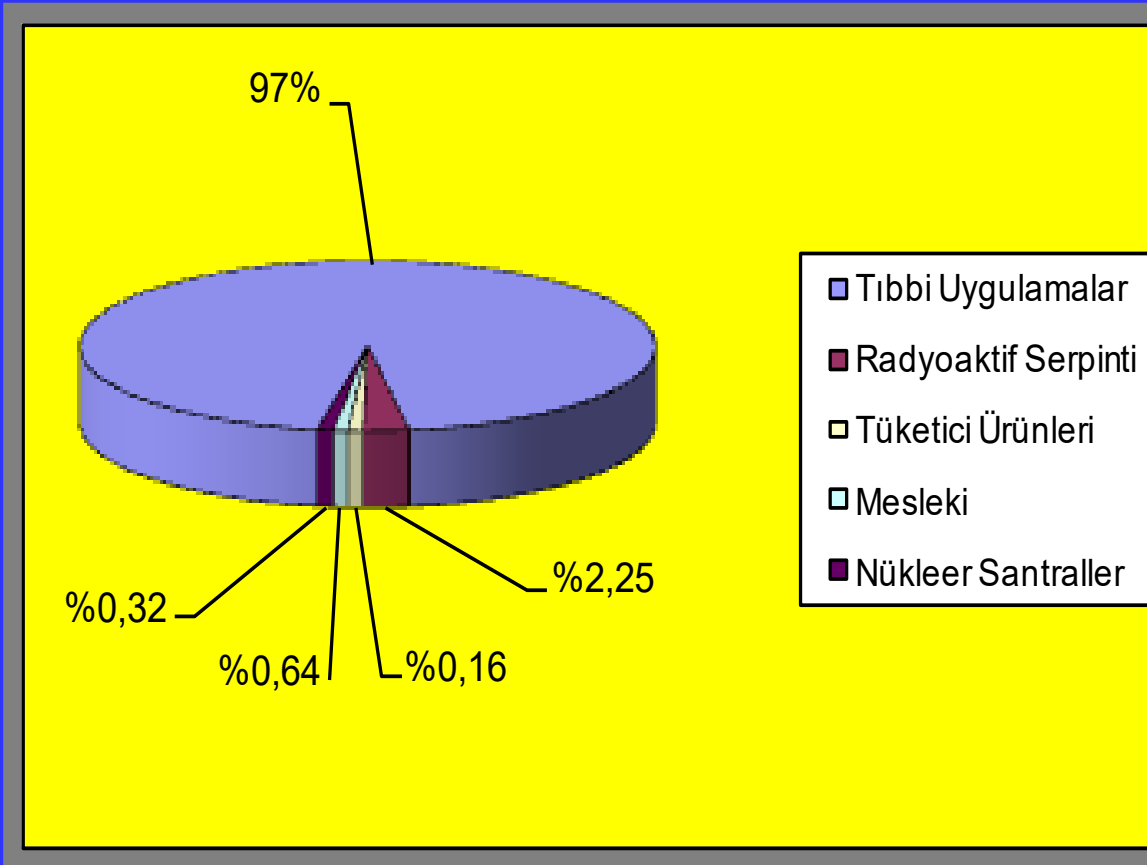
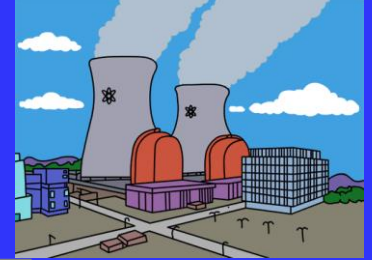
Radyoaktif atom



10 adet muz → Kol röntgen incelemesi

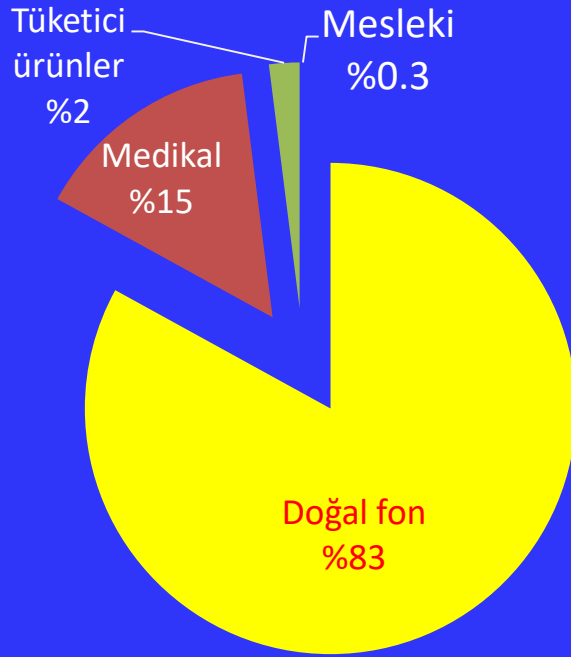
# YAPAY RADYASYON

- Nükleer santraller ve silahlar
- Medikal ve endüstride kullanılan kaynaklar (X-ışın tüpleri, yapay radyoaktif maddeler vs.)



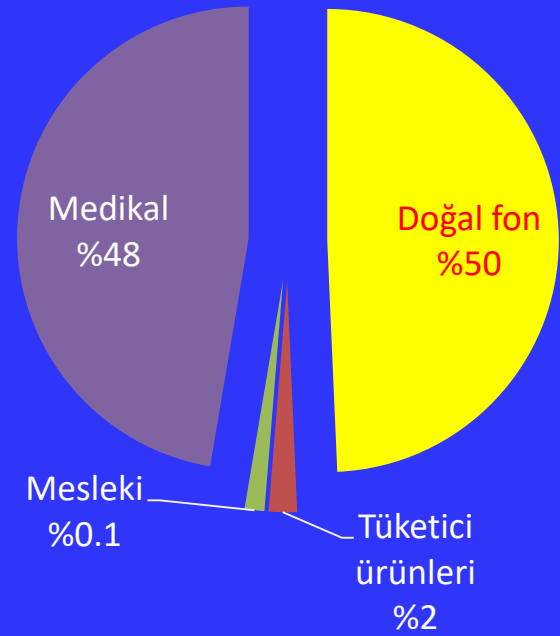
Yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan yıllık ortalama dozun oransal değerleri

# TÜM KAYNAKLAR NEDENİ İLE TOPLUM İŞINLAMASI (ABD SONUÇLARI)



1982

Medikal ışınlama: 0,54 mSv/Kişi  
Toplam ışınlamalar 3,6 mSv/Kişi



2006

Medikal ışınlama: 3.0 mSv/Kişi  
Toplam ışınlamalar 6.2 mSv/Kişi

# RADYASYONUN ETKİLERİ

## BİLGİ KAYNAKLARI

### Radyasyon epidemiyolojisi çalışmaları

- Atom bombasından etkilenen ve hayatta kalan Japon toplumu
- Medikal ışınlama yapılan hastalar
- Mesleği nedeni ile sürekli radyasyondan etkilenen kişiler
- Doğal radyasyondan etkilenen toplumlar
- Radyasyon kazaları

### Deneysel biyoloji araştırmaları

### Hücresel ve moleküler biyoloji araştırmaları

# ATOM BOMBALARI



Little boy  
Hiroşima



Fat men  
Nagasaki

# ATOM BOMBASI KURTULANLARI İLE YAPILAN RADYOEPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALAR -LSS-

- En büyük çalışma: 105.427 kişiyi kapsar
- 60 yıldan beri devam etmekte, 3 nesil kapsıyor
- Işınlanan grubun çeşitliliği  
(kadın , erkek , çocuk, yaşlı, hasta , sağlıklı)
- Doz dağılım aralığı: birkaç mSv –4 Sv  
(doğal radyasyon seviyesi- ölümcül doz)  
30 000 kişinin aldığı doz 5-100 mSv yani *BT' de karşılaşılan dozlar!*
- Kontrol grubunun varlığı

# PATLAMA ANINDA KİŞİLERİN KONUMLARI VE DOZ ARALIKLARI

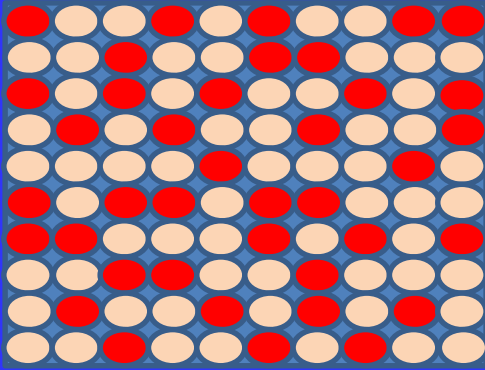


Gri tam olarak bilinmemektedir;  
Kırmızı  $\geq 1000$  mGy  
Portakal rengi = 500 – 1000 mGy;  
Sarı = 200 – 500 mGy;  
Kahverengi 5 – 100 mGy;  
Eflatun  $\leq 5$  mGy

Çizilen iki çember patlama noktasından 2 ve 3 km uzaklıkları belirtmektedir.

# RADYASYONUN SAĞLIK ETKİLERİ

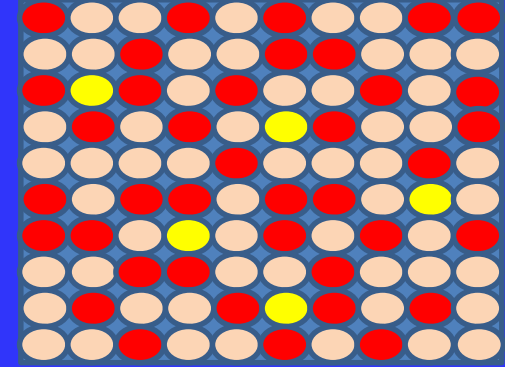
## RADYOEPİDEMİYOLOJİK ARAŞTIRMALAR



Işınlanmamış topluluk

Doğal nedenlere bağlı  
Kanser oranı %40

Radyasyon duyarlılığı,  
yaşam tarzı,  
yaş ve  
cinsiyet dağılımları,  
latent süre,  
diğer kanserojen nedenler



Işınlanmış topluluk




Doğal nedenler + radyasyona bağlı  
Kanser oranı %45

İlave kanser oranı  $RR = \%5$

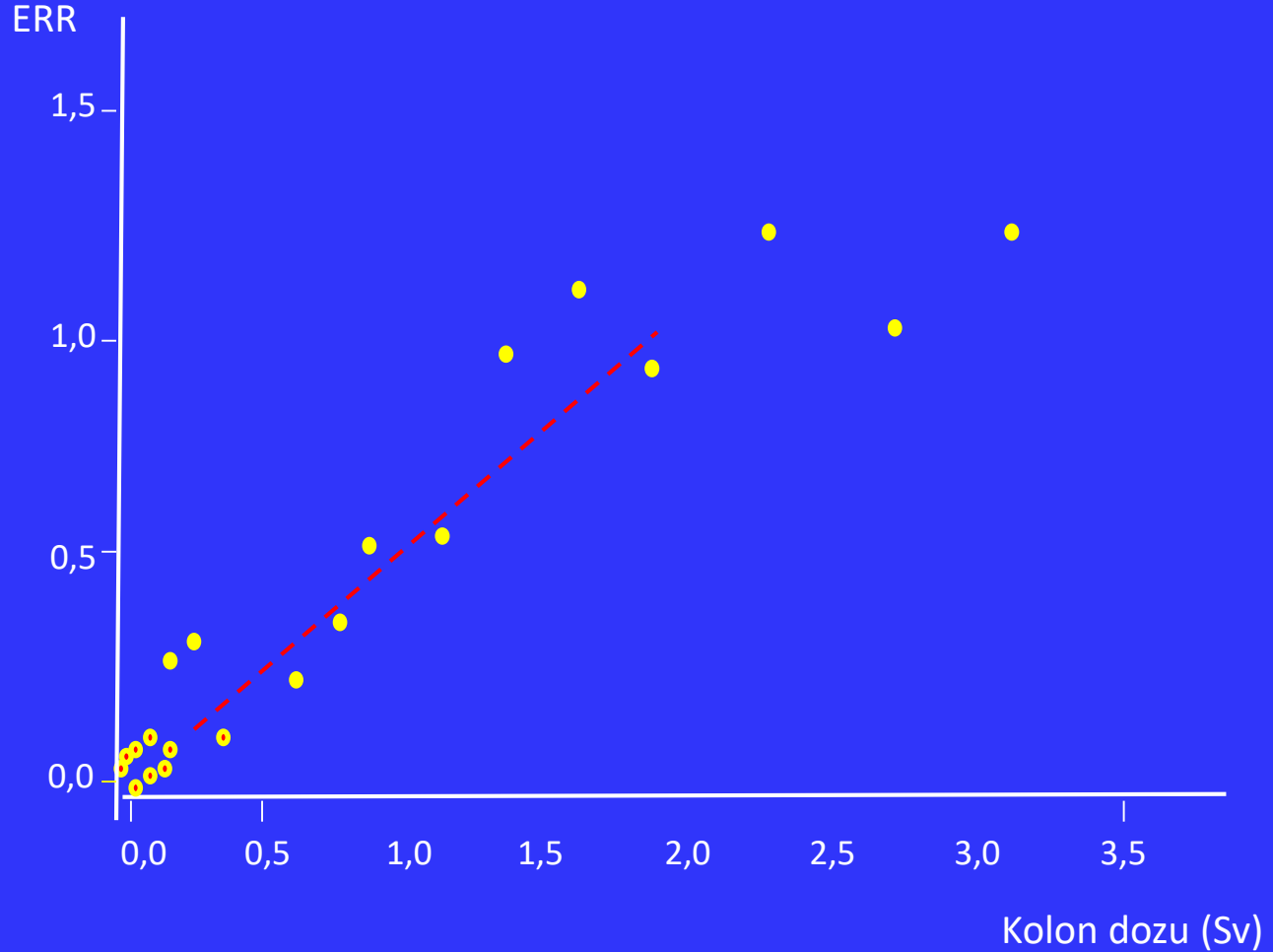
# A BOMBASI ÖMÜR BOYU TAKİP ÇALIŞMALARI - KANSER VE LÖSEMİ -

1950 - 2006

Nagasaki ve Hiroşima

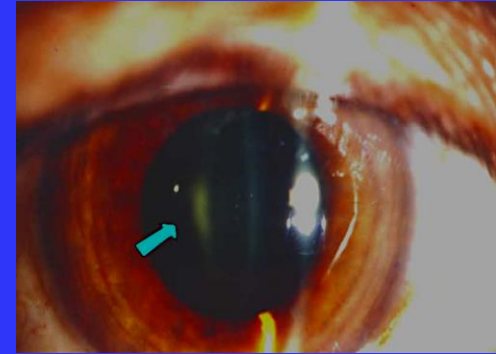
Toplam insan sayısı	86 611
Doğal nedenlerle ölenler	47685
Kanser ölümleri	10 929
 Radyasyona bağlı kanser ölümleri	527
 Katı organ kanser ölümleri	440
Toplam lösemi sayısı	296
 Radyasyona bağlanan lösemi ölümleri	87

# RADYASYON DOZUNA BAĞLI KANSER RİSKİ JAPON TOPLUMU

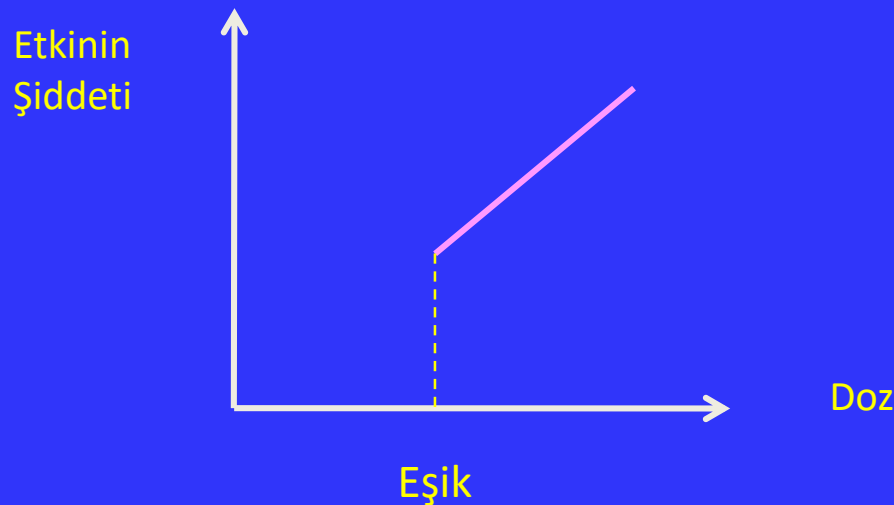


# RADYASYONUN DETERMİNİSTİK ETKİLERİ

- Gözde saydamlık kaybı ve katarak
- Geçici ya da kalıcı kısırlık
- Deride yaralanmalar
- Kan tablosunda deęişim
- Saç dökülmesi

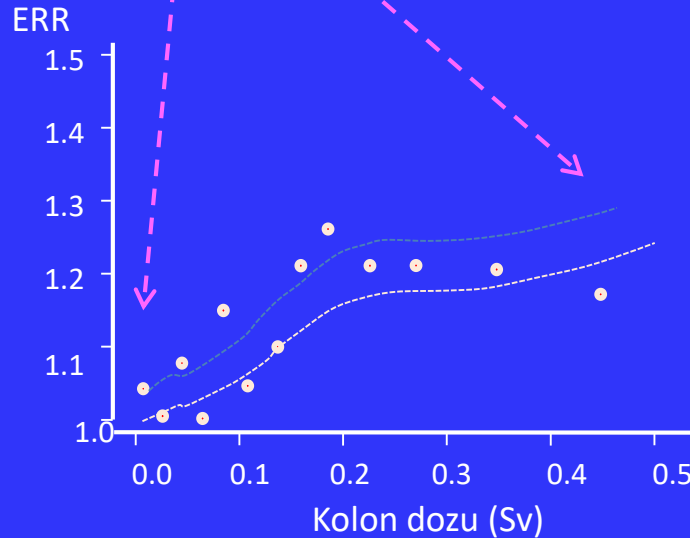
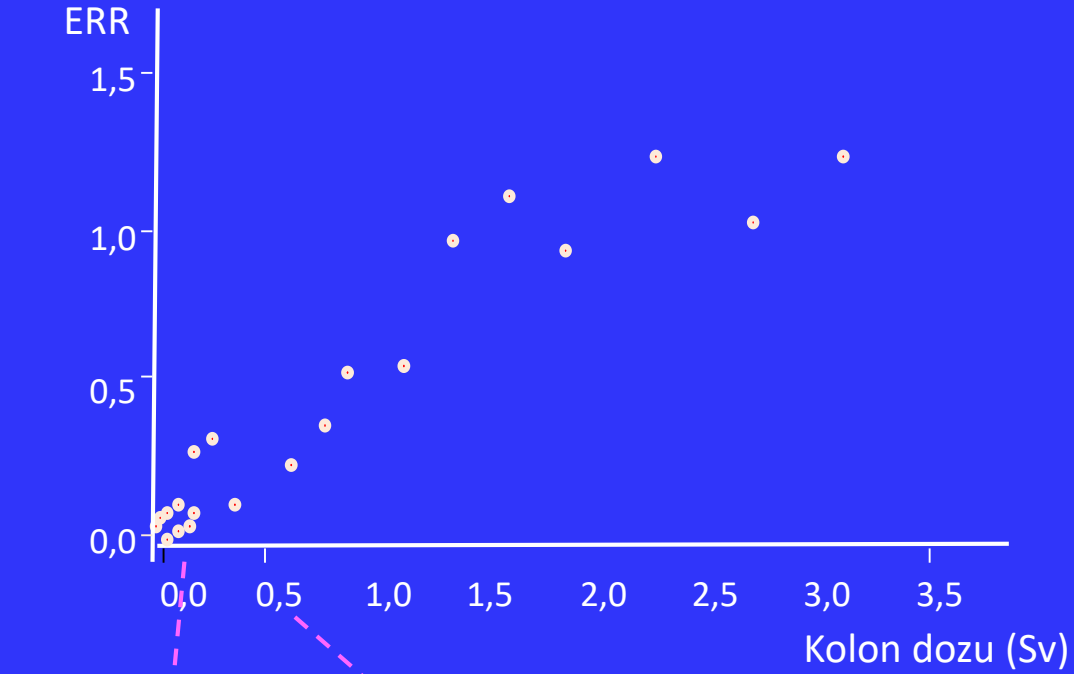


- .....
- .....
- Merkezi sinir sisteminin çökmesi
  - Ölüm



# DÜŞÜK SEVİYEDE RADYASYONUN ETKİLERİ

## STOKASTİK ETKİLER



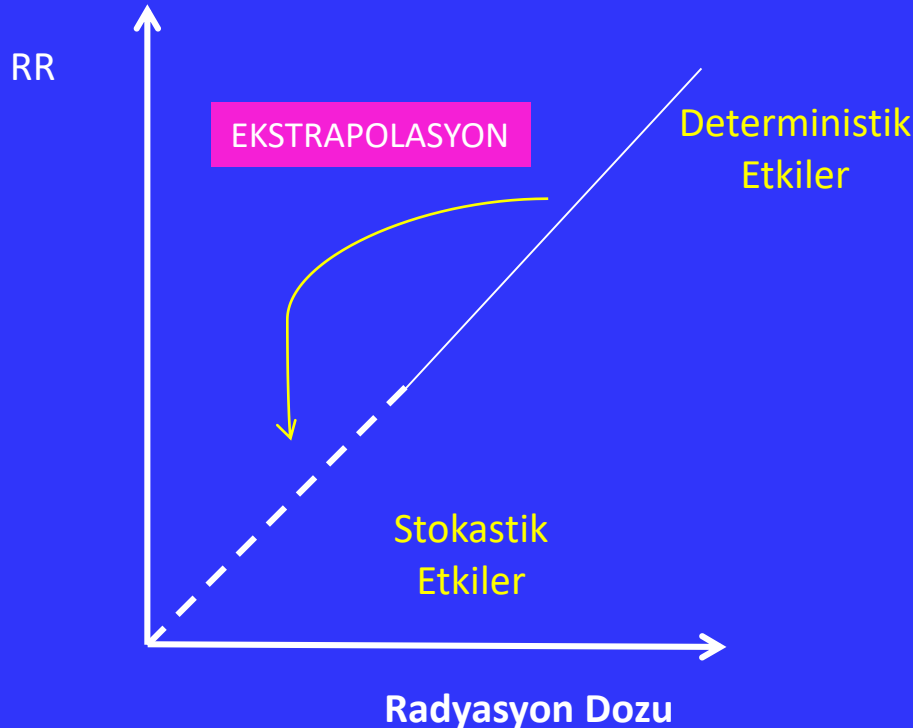
# RADYASYONUN STOKASTİK ETKİLERİ

## LİNEER EŞİKSİZ TEORİ - LNT

Kanser



- Etki için eşik doz değeri yok
- Etki olasılığı doz ile artar
- Etkinin ciddiyeti doz ile ilgili değil
- Tek bir foton bile hücre mutasyonuna neden olabilir
- Latent süre lösemi için 5, katı organ kanserleri için 10 yıl



# KANSER RİSKLERİ

Hayat sürecinde radyasyon dışındaki nedenlerle kanser teşhisi  
konulma riski:

% 40

Hayat sürecinde radyasyon dışındaki nedenlerle ölüme  
sonuçlanan kanser riski:

% 20 - 25

Hayat sürecinde radyasyona bağlı ölümcül kanser riski:

% 1

# RADYOEPİDEMİYOLOJİK BİLGİLERİN SONUÇLARI

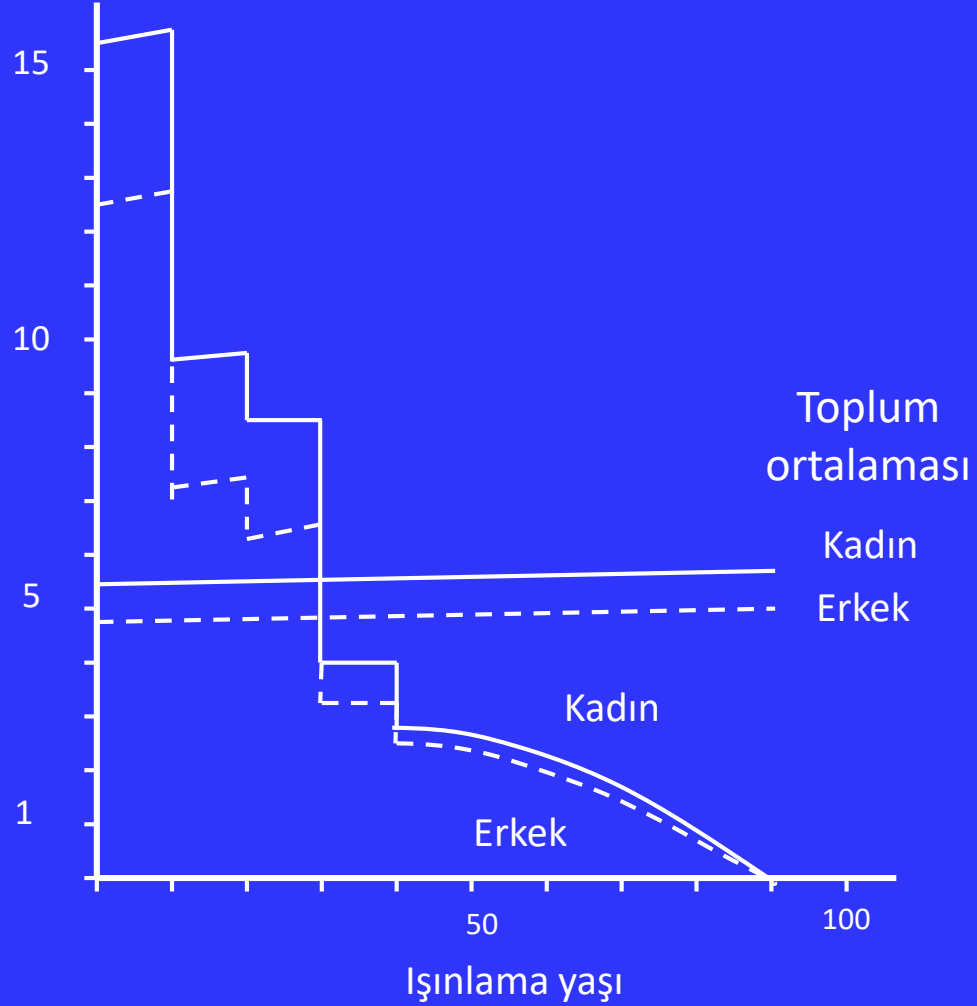
Işınlanmış Japon toplumu, radyoterapi hastaları, radyasyon kazaları...

- (1) Kanser riski organlara göre değişiklik göstermektedir.
- (2) Işınlanmanın erken yaşta olması, ilerleyen yaşlarda kanser olma riskini arttırmaktadır.
- (3) Risk, kadınlarda erkeklere göre daha fazladır.
- (4) Tüm kanserler birlikte değerlendirildiğinde risk, katı organlar için radyasyon dozunun bir değerinden sonra (bu değer tartışmalıdır) doğrusal artmaktadır.
- (5) LSS grubunun üç nesilden beri süren sağlık taramaları, radyasyonun genetik etkilerine yönelik bir kanıt vermemiştir.
- (6) Radyasyona bağlı olarak kanser dışı hastalıklar ortaya çıkabilmektedir.

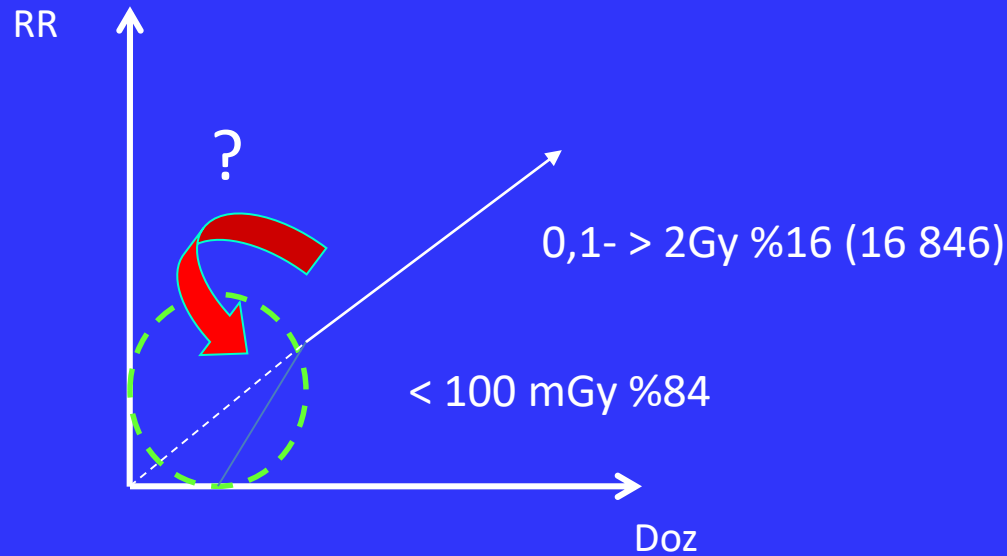
# RADYASYONA BAĞLI KANSER RİSKİ

## ICRP YAKLAŞIMI

Ömür boyu  
kanser riski  
%ERR /Sv



# JAPONYA BİLGİLERİNİN KULLANILMASINDAKİ HATA KAYNAKLARI



Doz ve Doz Hızı (DDREF 1,5 – 2,5)

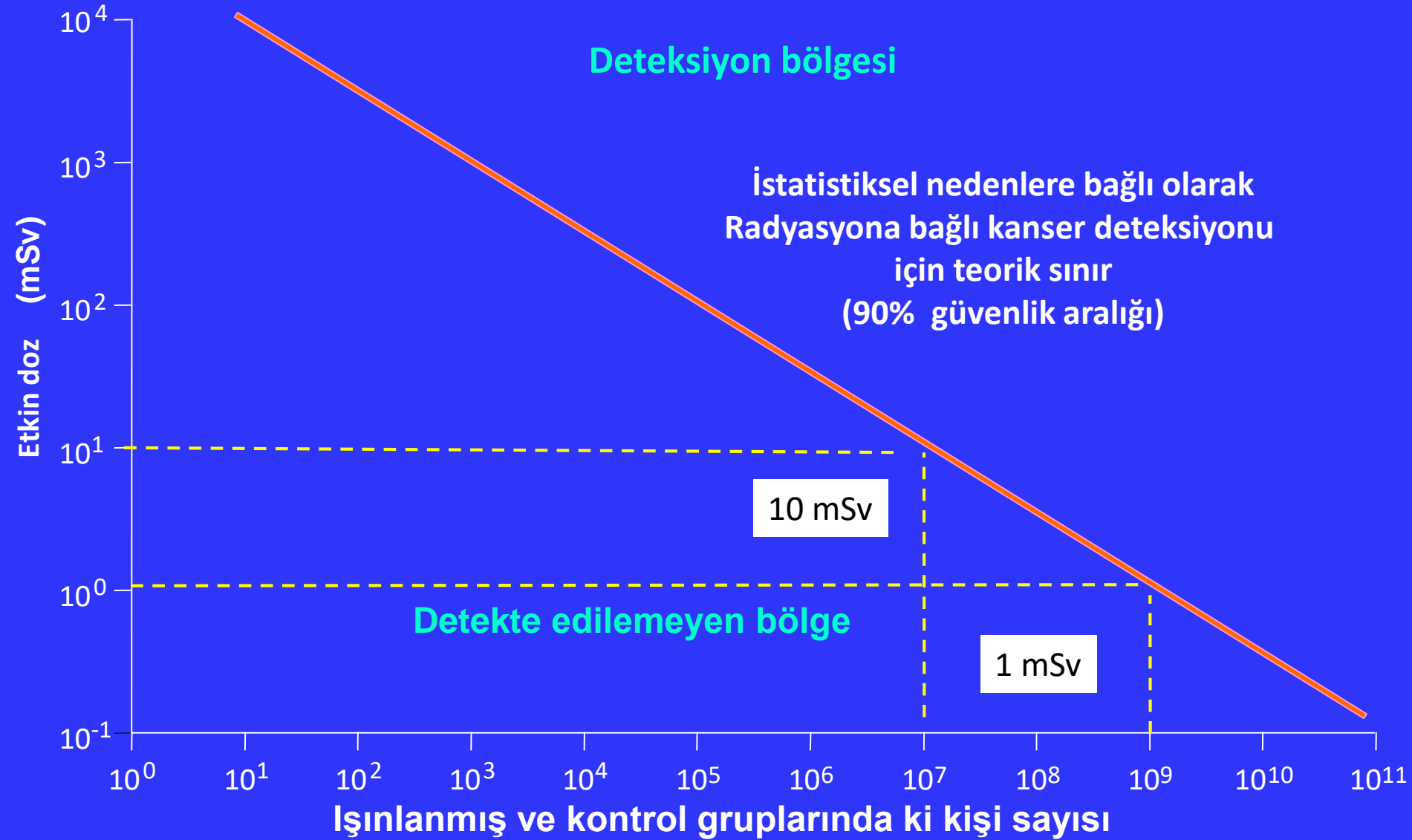
Radyasyonun türü

Savaştan çıkmış Japon toplumu

Dozimetrik teknik, ışınlamanın geometrisi

Risk hesaplamalarının farklı popülasyonlarda kullanılması

# RADYOEPİDEMİYOLOJİ DE DETEKSİYON SINIRLARI

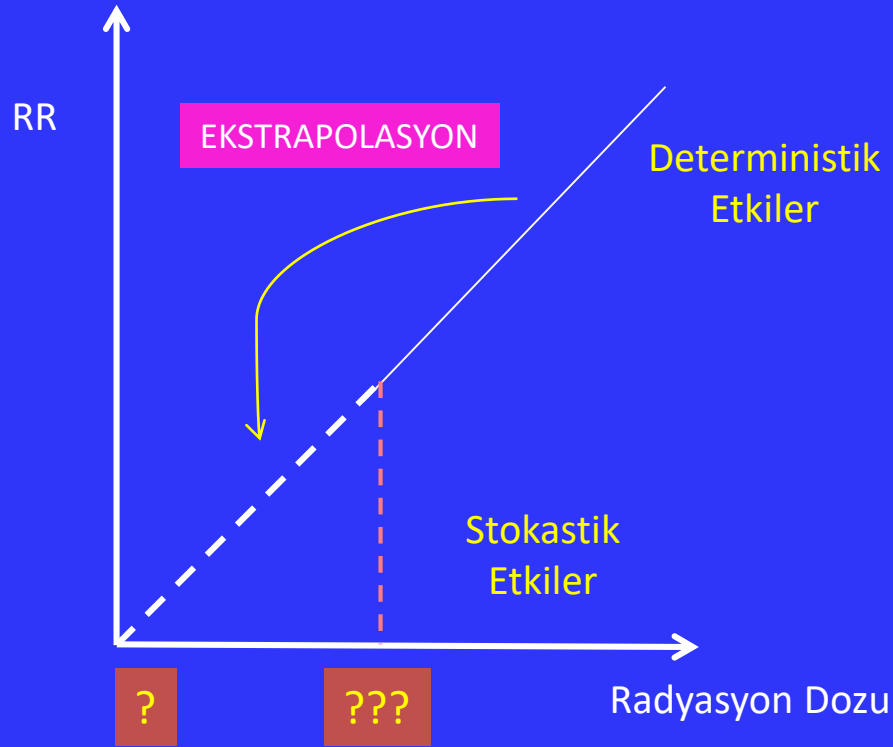


# DÜŞÜK SEVİYEDE RADYASYON

LNT YAKLAŞIMI DOĞRUMU ?

NE KADAR DÜŞÜK !!

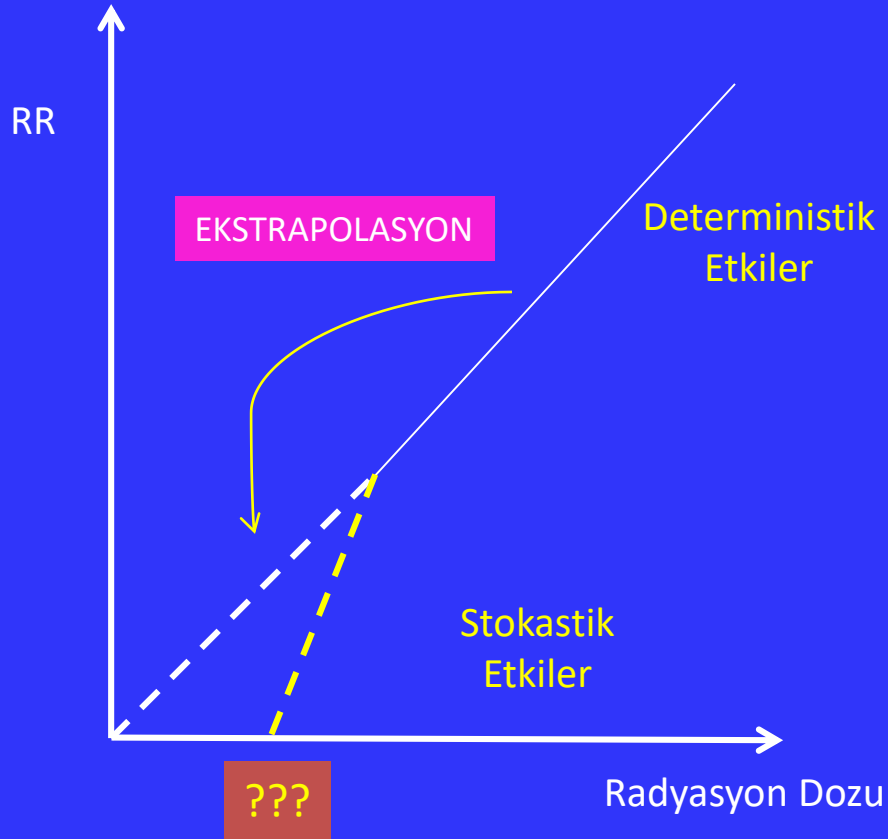
RİSK NE KADAR YÜKSEK !!



Mesleki ışınlamalar  
Tanısal ışınlamalar

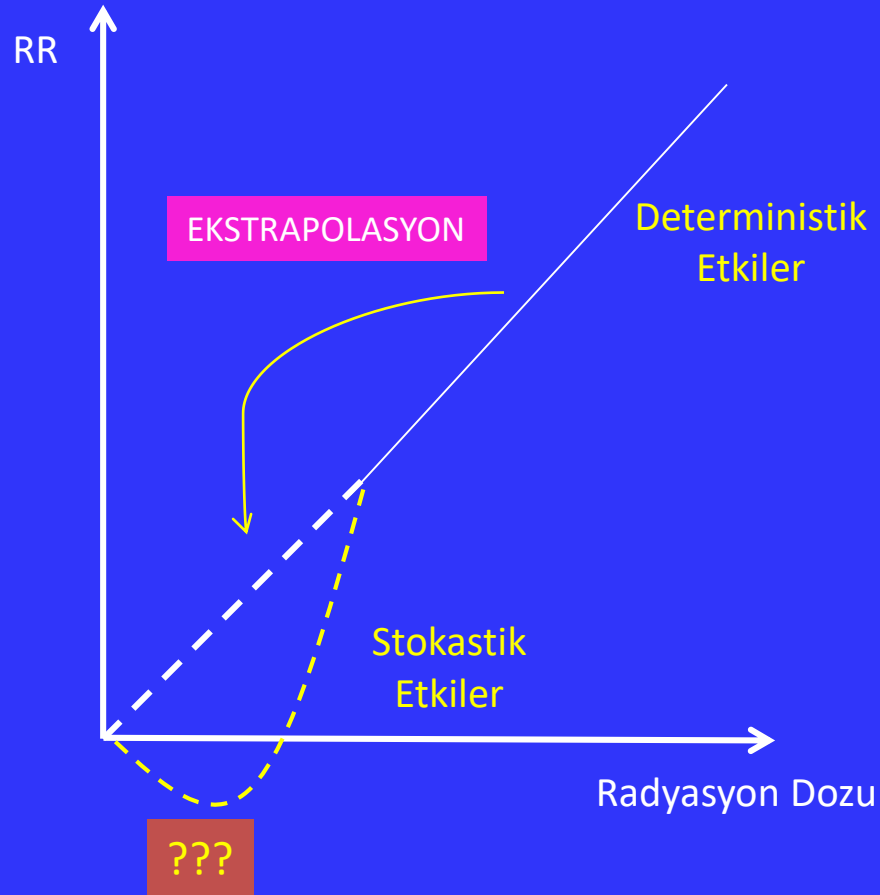
# DÜŞÜK SEVİYEDE RADYASYON

EŞİK DEĞER VAR MI?



# DÜŞÜK SEVİYEDE RADYASYON

HERMETİK ETKİ VAR MI ?



# LNT ile İLGİLİ TARTIŞMALAR!

## Diğer radyoepidemiolojik çalışmalar

Yüksek doğal fon radyasyon bölgelerinde yaşayanlar

Nükleer tesislerde çalışanlar

Mesleği gereği ışınlananlar

# ÇERNOBİL KAZASININ SONUÇLARI

- Toplam 237 reaktör işçisi hastanelik oldu
- 29 kişi radyasyonun akut etkileri sonunda öldü
- 134 akut radyasyon sendromu gözlemlendi
- 14 kişi 3 ay sonra öldü, TOPLAM 50 ÖLÜ
- Taranan 18 milyon dan 5000 kişide tiroit kanseri tespit edildi, bunun 2000 radyasyon kaynaklı . 1800 çocuk hasta
- Tiroit kanserini neden olduğu ölü sayısı (2011 15 ölü)
- Işınlanan halkta lösemi de artış yok (*Kuzey yarım kürede 50 yıl sonra 53 400 radyasyona bağlı kanser ölümü bekleniyordu!!!!*)
- Karadeniz Bölgesinde kanser artışlarına neden olduğunu söylemek bilimsel açıdan mümkün değildir

# ÇERNOBİL KAZASININ SONUÇLARI

## ANCAK

- 350 bin kişi göçe maruz kaldı
- Depresyon,akıl hastalıkları artış var

## Geleceğe dönük tahmin:

En çok radyasyon alan 600.000 kişiden 5000 kişi radyasyonun neden olduğu kansere bağlı ölüm olasılığı (%3'den az)

Diğer nedenlerle bağlı kanser ölümleri için beklenen sayı

**150.000**

# LNT ile İLGİLİ TARTIŞMALAR!

- Deneysel biyoloji araştırmaları
- Hücresel ve moleküler biyoloji araştırmaları

• Düşük seviyede ki radyasyonun insanın bağışıklık sistemini arttırması

• Düşük şiddetteki radyasyonun aşı etkisi ! (Adaptive response)

• Hasar görmüş hücrelerin kendilerini yok etme hızının artması (Apoptosis İşlemi)

• DNA hasarının önemli nedeni olan ROS hücrelerinin temizliği (Scavenging işlemi)

• Hücre –döngü- zamanını uzatması

• Hücresel yanıt yanında doku ya da tüm organ yanıtının önemli olması (Bystander Etki)



# DÜŞÜK ŞİDDETE RADYASYONUN ETKİSİ

SONUÇ



LNT

Tek bir fotonun bile kansere neden olma olasılığı vardır

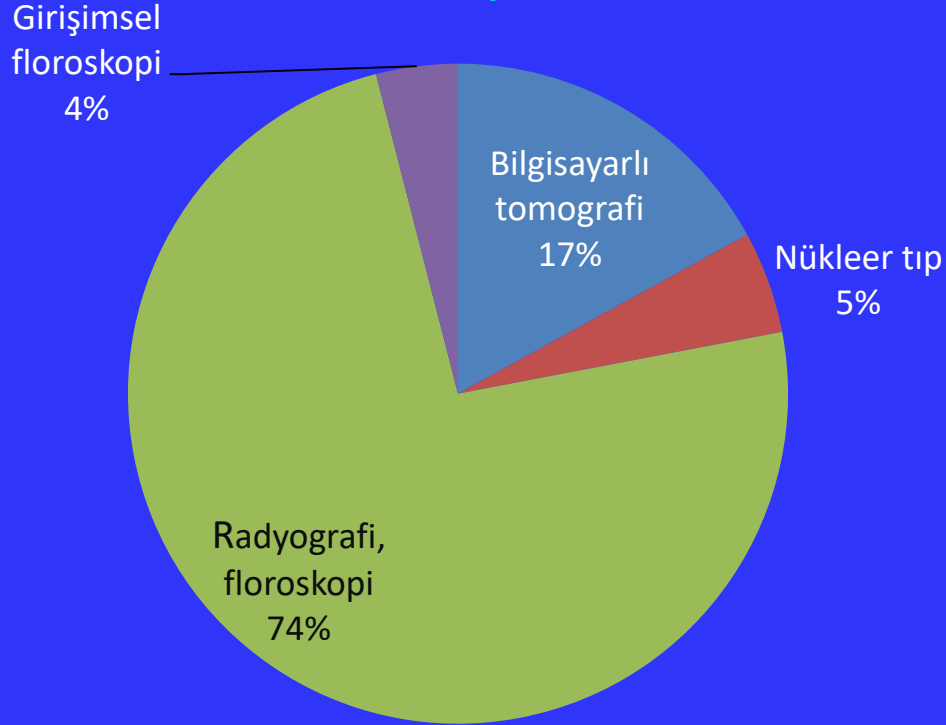
GENEL YAKLAŞIM

Kanser riski :  $5 \times 10^{-2} / \text{Sv}$

**100 mSv** altında riskler saptanamayacak kadar düşük

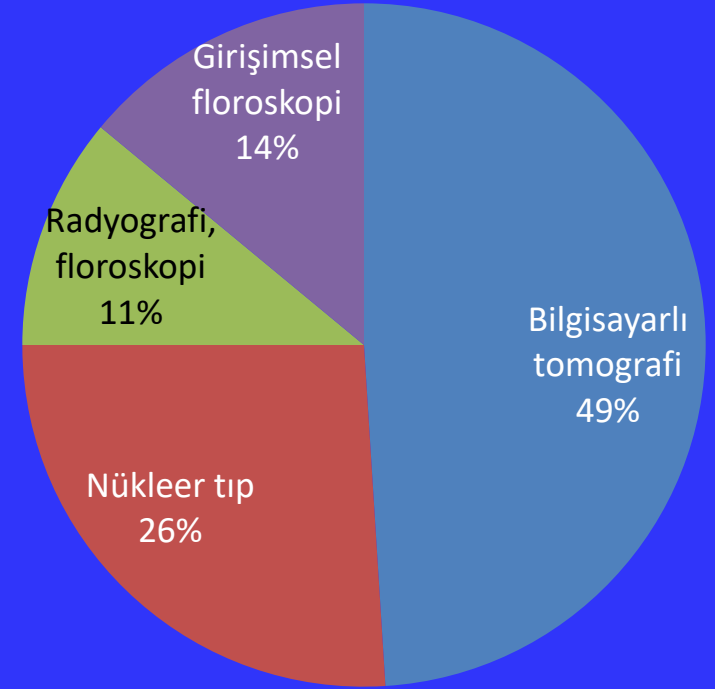
# MEDİKAL İŞINLAMALAR

## İnceleme yüzdeleri



1986

## Etkin doza katkıları



2006

BT İncelemelerinin sayısı

3 000 000

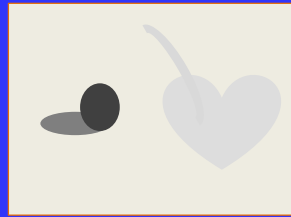
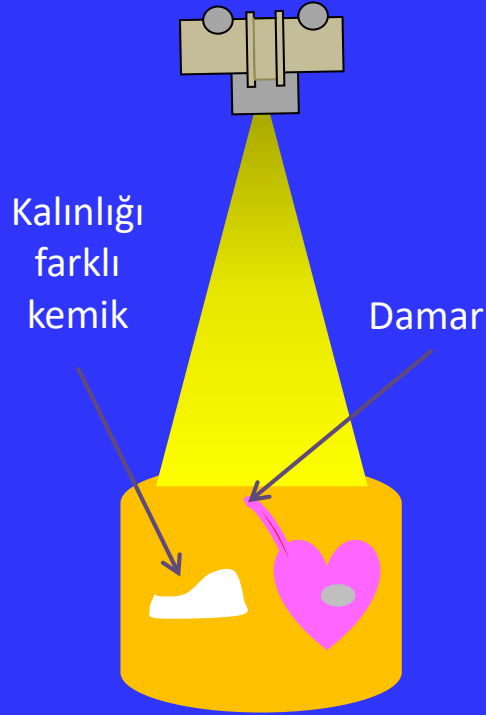
67 000 000

Nükleer Kardiyoloji  
(Tüm incelemelerin %85'i)

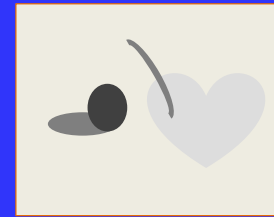
7 000 000

18 000 000

# RADYOLOJİDE GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİ

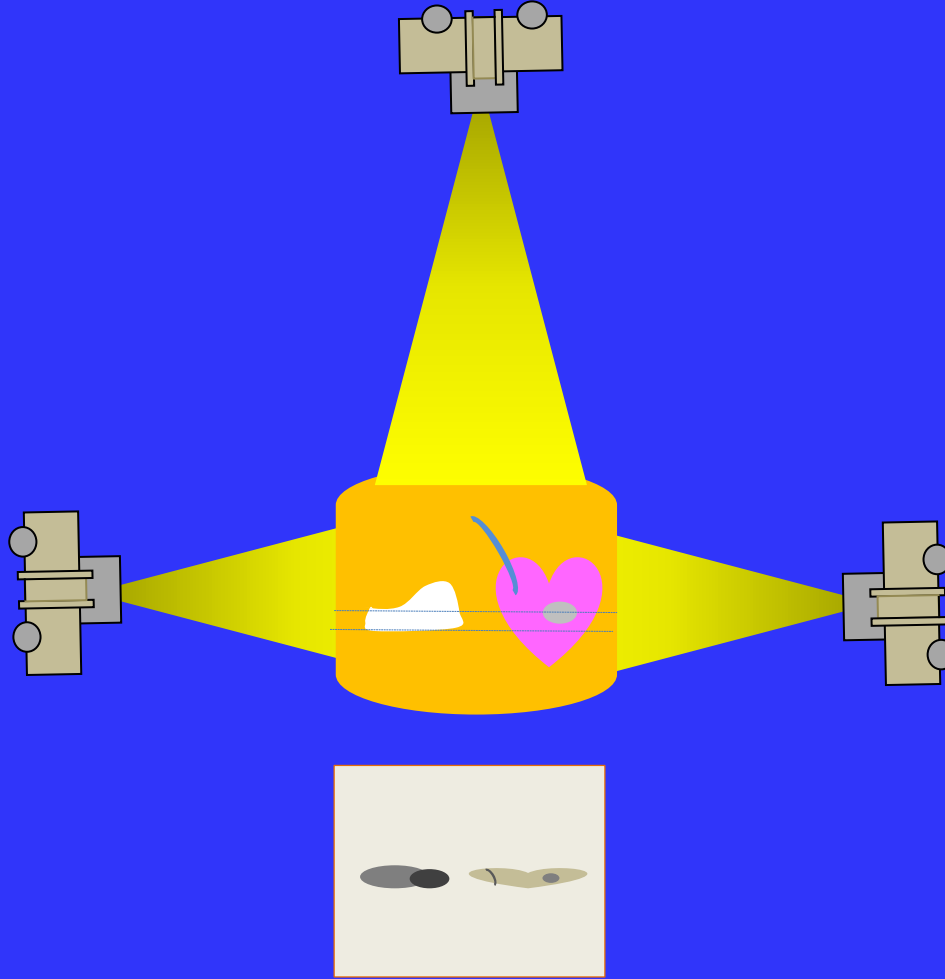


Radyografi



Anjiyografi

# RADYOLOJİDE GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİ



Bilgisayarlı tomografi

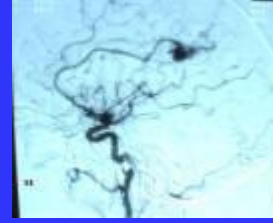
# RADYOLOJİK İNCELEMELER

DOZ

Hekim Dozu

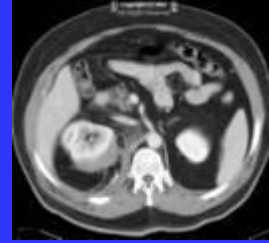


Hasta Dozu



Girişimsel  
Floroskopi

Hasta Dozu



Tomografi

Hekim Dozu

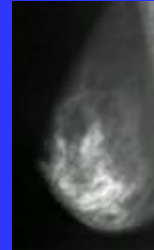


Hasta Dozu



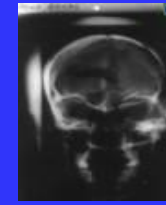
Floroskopi

Hasta Dozu



Mamografi

Hasta Dozu



Radyografik

# KRİTİK HASTA GRUPLARI

Çocuklar ve gençler

Hamileler

Doğurganlık potansiyeli olan kadınlar

# KANSER RİSKLERİNİN SAPTANMASI

Tüm vücut için ölümcül kanser riski

Tüm vücudun homojen ışınlanması

Etkin doz:  $E = \sum_T w_T \cdot H_T.$

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}.$$

Belirli bir organ için ölümcül kanser riskinin saptanması

Işınlanan organdaki soğurulan dozun hesaplanması

# TANISAL GÖRÜNTÜLEMEDE RADYASYONUN ETKİLERİ KANSER RİSKLERİ

Etkin doz

**Ölümcül Kanser riski :  $5 \times 10^{-2}$  Sv**

1 Sivert radyasyon dozuna maruz kalan 100 kişiden 5 kişinin  
Ölümcül kanser riski vardır

**Tanısal incelemelerde radyasyon dozları :**

Akciğer grafisi :  $0.000002$  Sv      1 – 2 / 1 000 000

Beyin Tomografisi  $0.01$  Sv      1 / 2000

# KANSER RİSKLERİNİN ORGANLAR İÇİN SAPTANMASI

100 mGv radyasyon dozuna maruz kalan 100 000 kişi için ömür boyu kanser riskleri

Organ	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80
Mide	76	65	55	46	40	28	27	25	20	14	7
Kolon	336	285	<b>241</b>	204	173	125	122	113	94	65	30
Karaciğer	61	50	43	36	30	22	21	19	14	8	3
Akciğer	314	261	216	180	149	105	104	101	89	65	34
Prostat	93	80	67	57	48	35	35	33	26	14	5
Mesane	209	177	150	127	108	79	79	76	66	47	23
Diğer	1123	672	503	393	312	198	172	140	98	57	23
Tiroit	115	76	50	33	21	9	3	1	0,3	0,1	0,0
Tüm katı organlar	2326	1667	1325	1076	881	602	564	507	407	270	126
lösemi	237	149	120	105	96	84	84	84	82	73	48
Tüm kanserler	2563	1816	1445	1182	977	686	648	591	489	343	174

10 yaşında bir erkek çocuğun, yapılan BT incelemesi sonucunda 10 mGy kolon dozuna maruz kalması durumunda, Risk: 24,1 / 100 000 ya da 1 / 4000 'dür

# RADYOGRAFİK İNCELEMELER

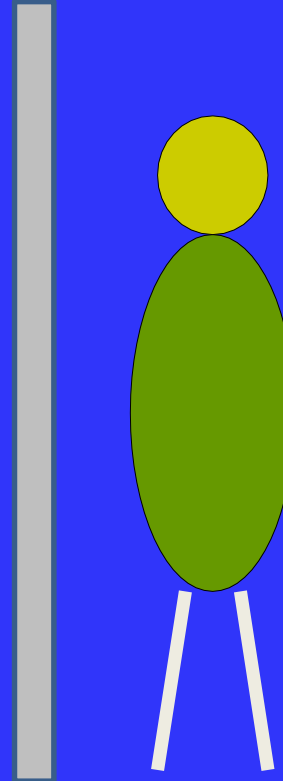
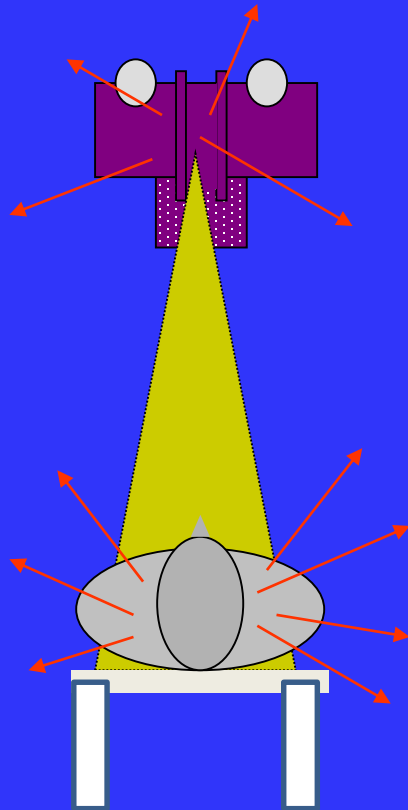
Hasta için:

Etkin doz aralıkları : 0.01 – 10 mSv

Kanser riski 1/ 1000000 – 1/10000

Çalışan için:

Saptanabilir risk yok



# MAMOGRAFİ İNCELEMELERİ

Hastada tkın doz aralıkları : 0.1 – 0.6 mSv

İki memenin mamografi incelemesinde 100 000 kadında  
ömür boyu meme kanserine yakalanma ve ölüm riskleri

Işınlanan yaş	Kansere yakalanma	Kanser nedeniyle ölüm riski
20	16 – 20	4 – 5
30	9 – 12	1,9 – 2,4
40	5 – 7	1,3 – 1,7
50	2,6 – 3,3	0,7 – 0,9

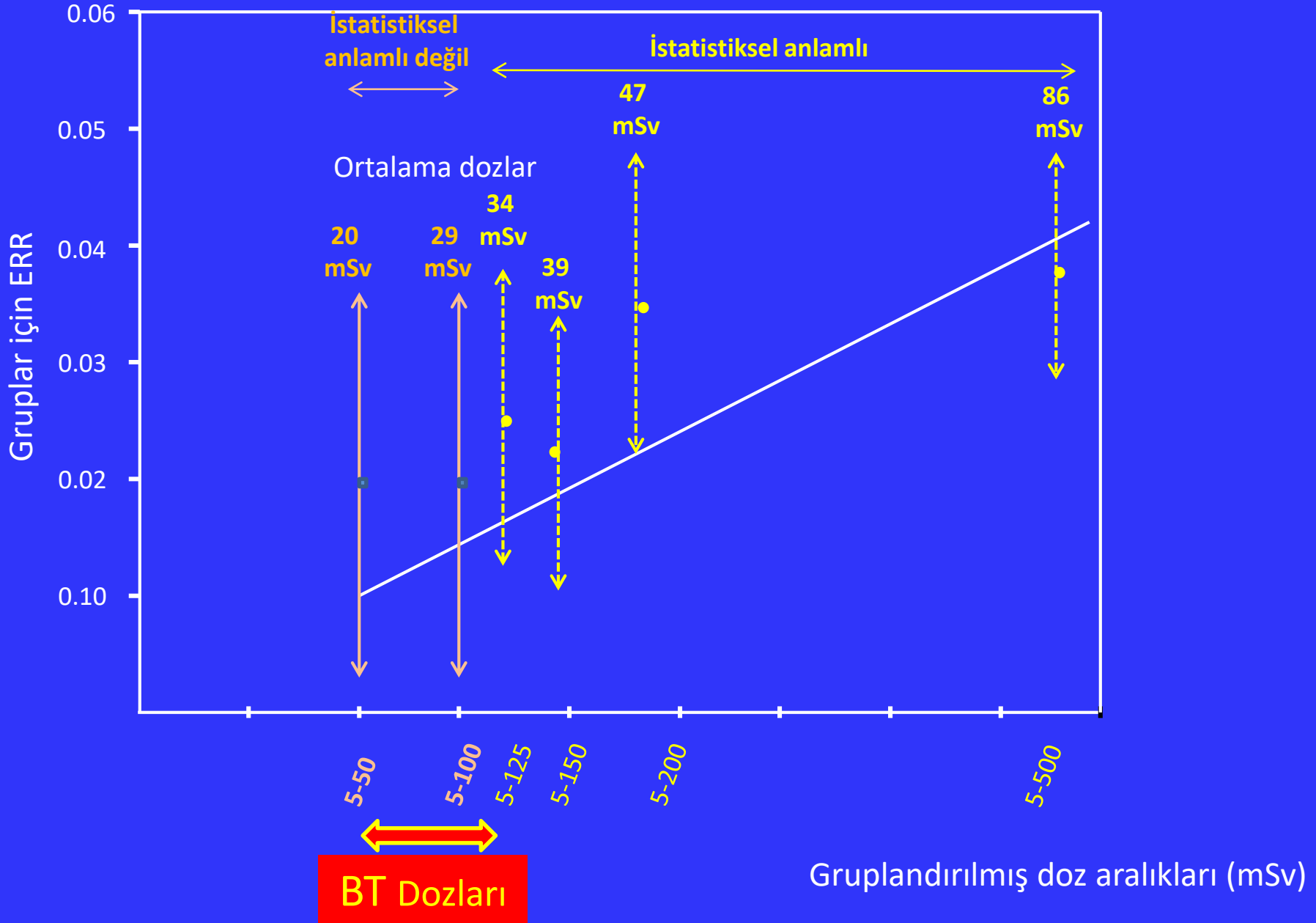


Kabul edilen ortalama glandüler doku dozları:

Dijital mamografi 3,7 mGy

Film/ekran sistemi için 4,7 mGy

# ATOM BOMBASININ DÜŞÜK DOZ BÖLGESİNDEKİ RİSKLERİ



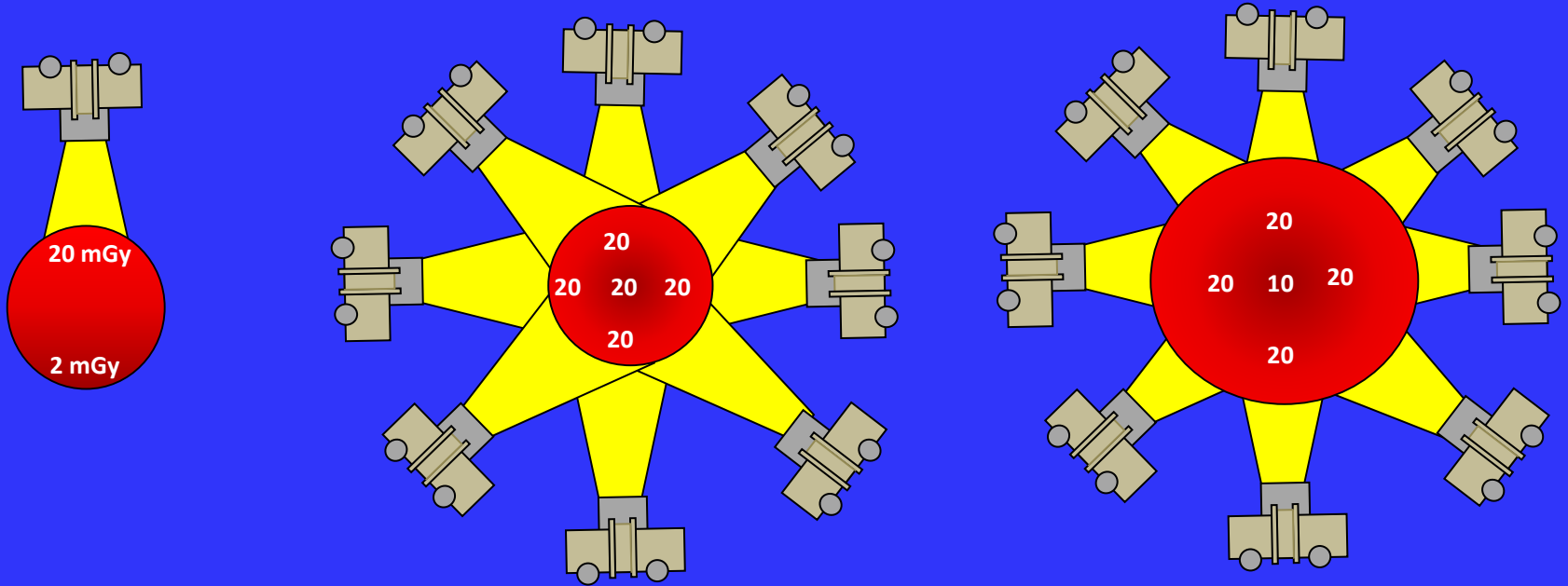
# BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİDE HASTA DOZLARI NİÇİN YÜKSEK!

Organ dozları: 15 – 30 mGy (10 – 100 mGy) / inceleme

Lens Dozu : 30 – 50 mGy / inceleme

Meme Dozu : } 20 – 60 mGy / Göğüs ıcelemesi  
50 – 80 mGy / BT koroner anjiyo

Etkin doz aralıkları :2– 20 mSv  
Kanser riski 1/ 100000 – 1/1000



Radyografi

Bilgisayarlı tomografi  
Çocuk hastalar

Bilgisayarlı tomografi  
Yetişkin hastalar

# BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İNCELEMELERİNİN KULLANILMA SIKLIĞI VE DOZ ARTIŞLARI

Akciğer, kalp kolon ve tüm gövde taramalarının sayısının artması

BT girişimsel incelemelerin daha fazla rutine girmesi

Aynı incelemede çoklu taramaların yapılması

Erişebilirliğin artması

İnceleme sürelerinin kısalması

Işınlama protokollerinin etkin kullanılmaması

Gereklilik ilkesi !!!

Cihaz sorunları !!!

# BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİDE ÇOCUK HASTALARIN RİSKLERİ

Referans	Ortalama izleme Süresi	Işınlanan hasta sayısı ve yaşı	İzlenen hastalıklar	Risk
<b>Pearce</b> (2012)	(1985-2002) (7 – 10) yıl	179 000 <20 yaş	Lösemi Beyin tümörü	<b>RR = 3,18</b> <b>RR = 2,82</b>
<b>Mathews</b> (2013)	(1985-2005) (10 yıl)	680 000 < 20 yaş	Tüm kanserler Lösemi Beyin tümörü	IRR = 1.25 <b>IRR = 1.19</b> <b>IRR = 2.13</b>
<b>Huang</b> (2014)	(1988-2008)	24 418 <sup>(4)</sup>  <18 yaş	Tüm kanserler Lösemi Beyin tümörü Benin beyin tümörü	HR = 1,29 <b>HR = 1,9</b> <b>HR = 2,56</b> HR = 2,97

IRR: Incidence rate ratio (hastalığa yakalanma oranı)

HR:Hazard ratio (tehlike oranı)

# ÇOCUK HASTALAR DIĞER BULGULAR

## Almanya:

44 584 çocuk hasta. Radyasyona bağı 12 lösemi ve 8 CNS tümörü .

Krille 2015

## İngiltere:

Ölümcül kanser riskleri	0 yaş	5yaş	15yaş
BT abdomen	%0,18	%0,15	%0,12
Beyin	%0,07	%0,05	%0,02

(Brenner 2007)

## ABD:

Ömür boyu kansere yakalanma riski

Abdomen / pelvis incelemelerinde 1 / 300 , 1 / 390

Toraks incelemelerinde 1 / 330, 1 / 480

Miglioretti 2013

BT koroner anjiyografi ömür boyu kansere yakalanma riski

Erkek çocuklarda 1 / 300, 1 / 713,

Kız çocuklarda 1 / 120, 1 / 230

Dougeni 2012

# BAZI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İNCELEMELERİNDE YETİŞKİN HASTA DOZLARI

İnceleme	Ortalama etkin doz mSv	Ortalama doz değerlerindeki aralık (minimum-maksimum)
Kafa	2,0	1,2 – 2,9
Toraks	7,4	3,5 – 12,2
Yüksek çözünürlüklü toraks	2,7	1,2 – 5,1
Abdomen	10,8	5,3 – 34
Pelvis	8,5	6,4 – 13,4
Koroner Anjiyografi		
Prospektif	3,6	2,8 – 4,2
Retrospektif	13,5	11,4 – 20
Kalsiyum skorlama	1,8	1,0 – 11
Abdomen aort anjiyografi	10,2	3,7 – 27,8
Pulmoner anjiyografi	7,6	3,0 – 20
Girişimsel BT		
Biyopsi	25,0	5,8 – 46,6
Radyofrekans ablasyon	35,0	18,4 – 57,2
Apse drenajı	18,0	10,9 – 31,5
Nefrostomi	15,0	5,1 – 32,7

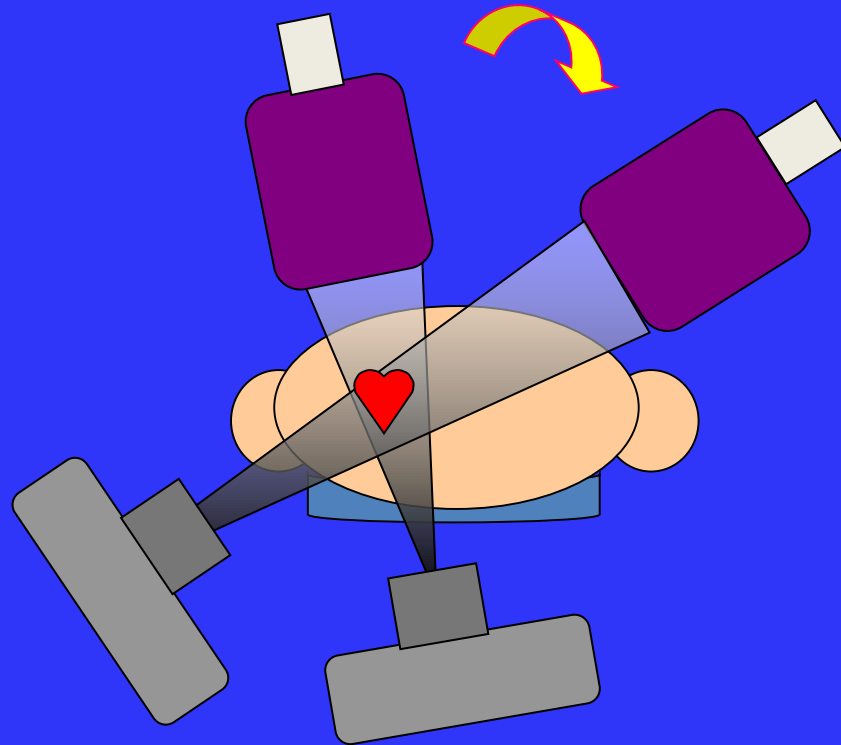
# GİRİŞİMSEL İNCELEMELERDE HASTA DOZLARI NİÇİN YÜKSEK?

Hasta

Etkin doz aralıkları : 5 – 70 mSv

Cilt dozları : > 1-7 Gy !!

Kanser riski 1/ 10000 – 1/1000



İncelemelerin kompleks olması

Hekimin deneyimi

Işınlama geometrisi

Sürekli ışınlama (floroskopi) modu

Dijital sine görüntü sayısının çokluğu

Yüksek doz ışınlama modları

Floroskopi sisteminin tasarımı  
ve kullanılması

# GİRİŞİMSEL İNCELEMELERDE DETERMİNİSTİK ETKİLER



Gironet et al, 1998, Ann Dermatol Venerol, 125, 598 - 600



Wagner et al, 1999, Radiology, 213, 773 - 776



3 HAFTA SONRA



6.5 AY SONRA



CERRAHİ MÜDAHELE

# BAZI GİRİŞİMSEL İNCELEMELERDE YETİŞKİN HASTA DOZLARI

İnceleme	Ortalama etkin doz (mSv)	Literatür verileri (mSv)
Kafa ve boyun anjiyografisi	5	0,8 – 19,6
Koroner perkutan transluminal anjiyo Plasti, stent takılması, radyaofrekans ablasyonu.	15	6,9 – 57
Pulmoner arter veya aortun Toraks anjiyografisi	5	4,1 – 9,0
Abdominal anjiyografi	12	4,0 – 48
TIPS	70	20 – 180
Pelvik embolizasyon	60	44 – 78

ÇALIŞANLARIN RADYASYON DOZLARI  
VE  
RİSK SAPTAMALARI

# MEDİKAL İŞINLAMALAR (TANISAL RADYOLOJİK İNCELEMELER)

HASTA DOZU



HEKİM DOZU  
ve  
TEKNİSYEN



Bir ya da birkaç kez!



Çalışma hayatı boyunca



- Floroskopi incelemeleri
- Bazı BT uygulamaları

# RADYOLOJİ ÇALIŞANLARINDA YAPILAN RADYOEPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALAR

Radyolog ve teknisyenlerde 1950 öncesi artan deri kanseri ve lösemi vakaları.  
1955 – 1979 arası ölüm oranlarında 0,71 kat azalma (> 50 mSv) (UNSCEAR 2006, Doll 2005)

Çin’de 50 000 fazla çalışanda RR = 1 (Wang 2002)

ABD’de 1926 – 1997 arasında 146 000 radyoloji teknisyenin çalışması  
1920 – 1950 arasında RR = 1,5 – 1,3  
1950 sonrası ölüm oranları 0,82 kat daha az (Mohan 2003)

Farklı ülkelerde 270 000 çalışanda 1950 sonrası hermetik etki (Yoshinaga 2004)

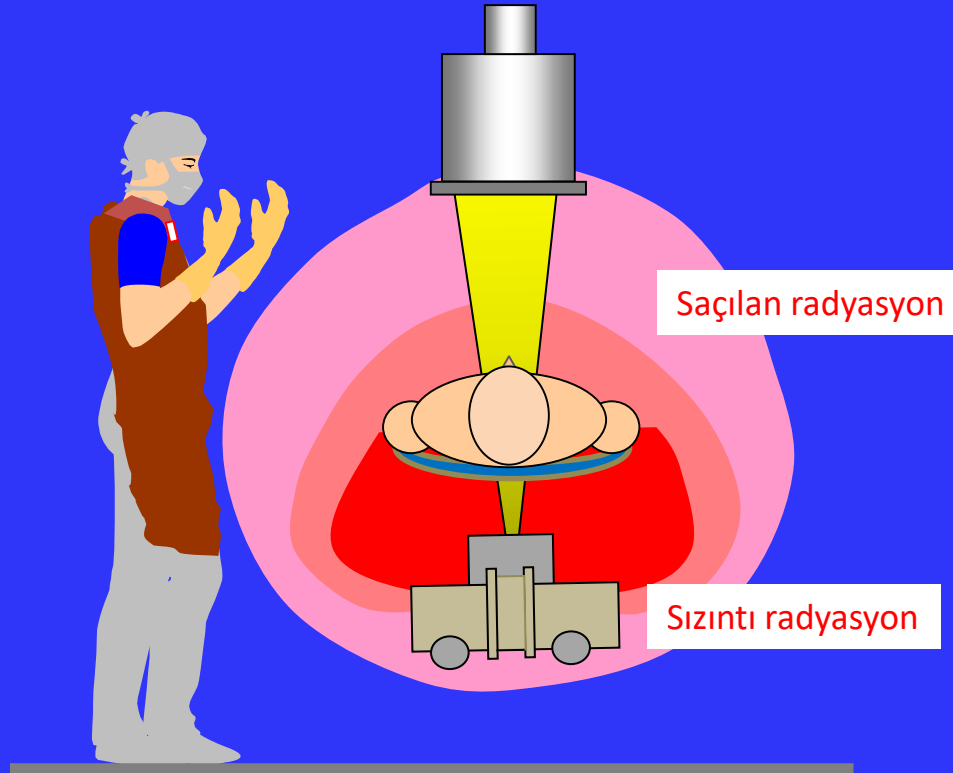
Kanada’da 67 500 çalışan 1969 – 1987 arasında, hermetik etki.  
Tiroid kanserinde SIR = 1,74 !! (Zielinski 2009)

# ÇALIŞANLARIN RADYASYON DOZLARI

Hekimin X-ışın tüpü ve hastaya göre pozisyonu

Hasta dozuna etki eden faktörler

Hekimin kişisel korunma önlemlerini alması

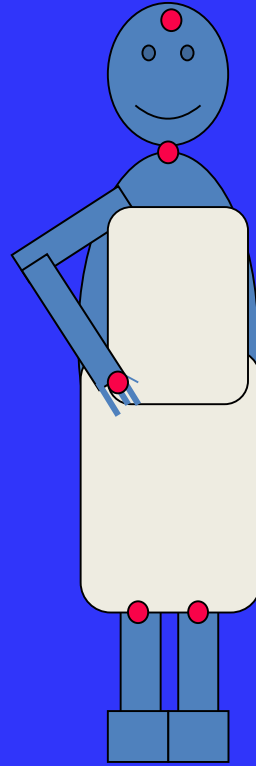


# ÇALIŞANLARIN RADYASYON DOZ ÖLÇÜMLERİ

Deterministik etkiler

El ve ayak dozları

Boyun cilt dozu



## SINIR DEĞERLER

Cilt	500 mSv
El ve ayaklar	500 mSv

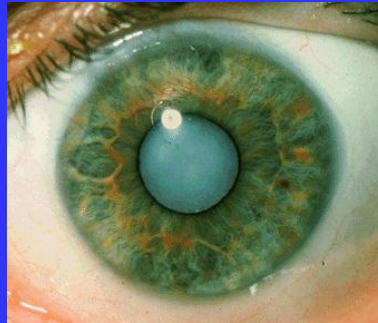
# ÇALIŞANLARIN RADYASYON DOZ ÖLÇÜMLERİ

Deterministik etkiler

Göz lensi

**SINIR DEĞER**

**150 mSv → 20 mSv !!!!**



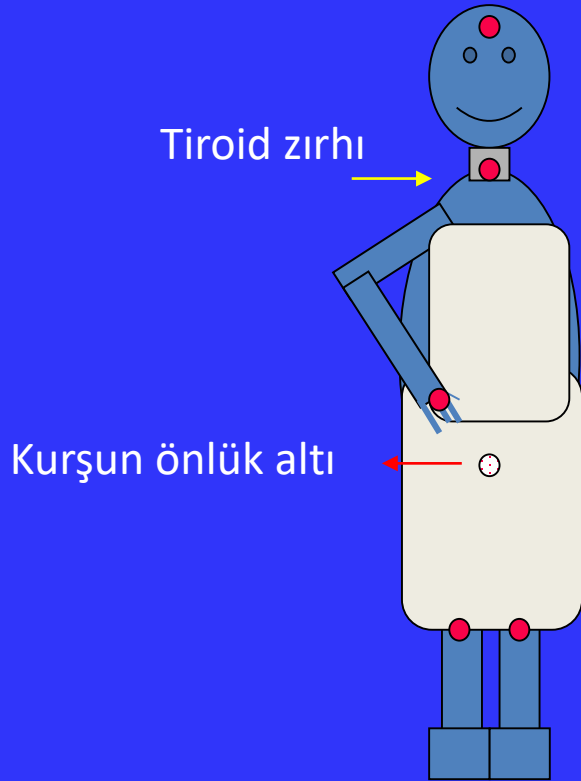
**GÖZ LENSİ İÇİN SINIR DEĞERLER**

**Çalışanlar için yıllık eşdeğer doz sınırı : 20 mSv  
Katarak için eşik doz değeri : 500 mGy**

# ÇALIŞANLARIN RADYASYON DOZ ÖLÇÜMLERİ

## Stokastik etkiler

Organ kanserleri (tiroid, beyin)  
Tüm vücut için kanser riski



Tiroid zırhı olmadan:

$$\text{Etkin Doz} = 0.06 (H_{os} - H_u) + H_u$$

$$\text{Etkin Doz} = 0.07 H_{os}$$

Tiroid zırhı ile :

$$\text{Etkin Doz} = 0.02 (H_{os} - H_u) + H_u$$

$$\text{Etkin Doz} = 0.03 H_{os}$$

**SINIR DEĞER: 20 mSv /yıl**

# BAZI GİRİŞİMSEL İNCELEMELERDE HEKİM DOZLARI

İşlem	Kaynak sayısı	DAP Gy x cm <sup>2</sup>	Floroskopi süresi (Dakika)	El dozu µGy/işlem	Lens dozu µGy/işlem	Gövde – kafa dozları µGy/işlem	Etkin doz µSv/işlem
PCNL	15		13 (2 – 28)	661 <b>(33 – 5800)</b>	66 (19 – 140)	25 - 800	10,2 (1,7 – 56)
VB	15	17 (13 – 28)	8 (2 – 35)	1032 (74 – 2040)	170 (84 – 328)	<b>2 - 1600</b>	21,8 <b>(0,1 – 101)</b>
Ortopedik Ekstremitte nailing	14		4 (1,2 – 15)	807 (37 – 2100)	66 (19 – 140)	19 - 1180	20 (2,5 – 88)
Safra sistemi İşlemleri	16	27 (18 – 51)	9,5 (5 – 23)	514 (105 – 1290)	173 (72 – 310)	20 - 660	9,9 (2 – 46)
TİPS	7	254 (77 -446)	59 (32 – 78)	916 (447 – 1350)		35 - 589	<b>27</b> (2,5 – 74)
Baş/boyun Endovasküler İncelemeler	6	200 (122 – 251)	60 (35 – 100)	158 (71 – 208)	196 <b>(79 – 337)</b>	25 - 337	14,5 (1,8 – 53)
ERCP	11		8 (5 – 12)	500 (<30 – 835)		3 - 550	1,1 (0,2 – 49)

# GİRİŞİMSEL KARDİYOLOJİ İNCELEMELERDE HEKİM DOZLARI

İşlem	Kaynak sayısı	DAP Gy x cm <sup>2</sup>	Floroskopi süresi (Dakika)	El dozu mGy/işlem	Lens dozu mGy/işlem	Etkin doz mSv/işlem
DC	60	41 (13 – 130)	8 2 - 30	286 (5 – 2140)	148 (0,4 – 1100)	5,4 (0,02 – 38)
PCI	25	85 (46 - 180)	18 10 - 35	773 (33 – 4160)	239 (9 – 1040)	4,85 (0,17 – 31)
Ablasyon	13	58 (11 – 120)	47 11 - 166	274 (40 – 993)	216 (47 – 320)	2,7 (0,24 – 9,6)
PM/ICD	6	12 (5 – 15)	6 4 - 12	436 (150 – 1046)	45 (39 – 50)	3,5 (0,29 – 17)
DC+PCI+ Ablasyon	Türkiye 5 merkez 9 kardiyolg	92 (50 – 188)		216 (53 – 425)	72,4 (31,6 – 107)	12,4 (1,2 – 30,2)

# GİRİŞİMSEL İNCELEMELERDE HEKİMLERİN GÖZ LENSİNİN RADYASYON DOZLARI (mGy/inceleme)

İşlem	Lens Dozu	Kişisel Korunma
Hepatik Kemoembolizasyon	0,27-2,1 0,016-0,064	Yok Var
İliak Anjiyoplasti	0,25-2,2 0,015-0,06	Yok Var
Nöro Embolizasyon <sup>1</sup>	1,4-11 0,083-0,34	Yok Var
Pulmoner Anjiyografi	0,19-1,5 0,011-0,045	Yok Var
TIPS	0,41-3,7 0,025-0,11	Yok Var

# BAZI SONUÇLAR !

## ORAMED PROJESİ (2011)

6 Ülkede 1300 Girişimsel inceleme

Göz lensi dozları : 10  $\mu$ Sv – 4 mSv/inceleme (ortalama 60  $\mu$ Sv)

Yıllık göz dozları < 1 mSv – 150 mSv

%24 hekimde yıllık 20 mSv sınır aşılmış

## IAEA PROJESİ (2010)

Kardiyolog ve hemşirelerde toplam lens dozları (korunma olmadan ve opasite kaybı)

Kardiyologlar 6 Sv / yıl %38

Hemşirelerin 1,5 Sv / yıl %21

Kontrol grubu %12

# YILLIK DOZ SINIRI VE İNCELEME SAYILARI

İnceleme sayısı

Sınır değerler

## Lens dozu

korunma kullanmadan

500  $\mu\text{Gy}$  /inceleme

40 inceleme

20 mSv/yıl

korunma kullanarak

10  $\mu\text{Gy}$  /inceleme

2000 inceleme

20 mSv/yıl

## Etkin doz

20  $\mu\text{Sv}$  /inceleme

1000 inceleme

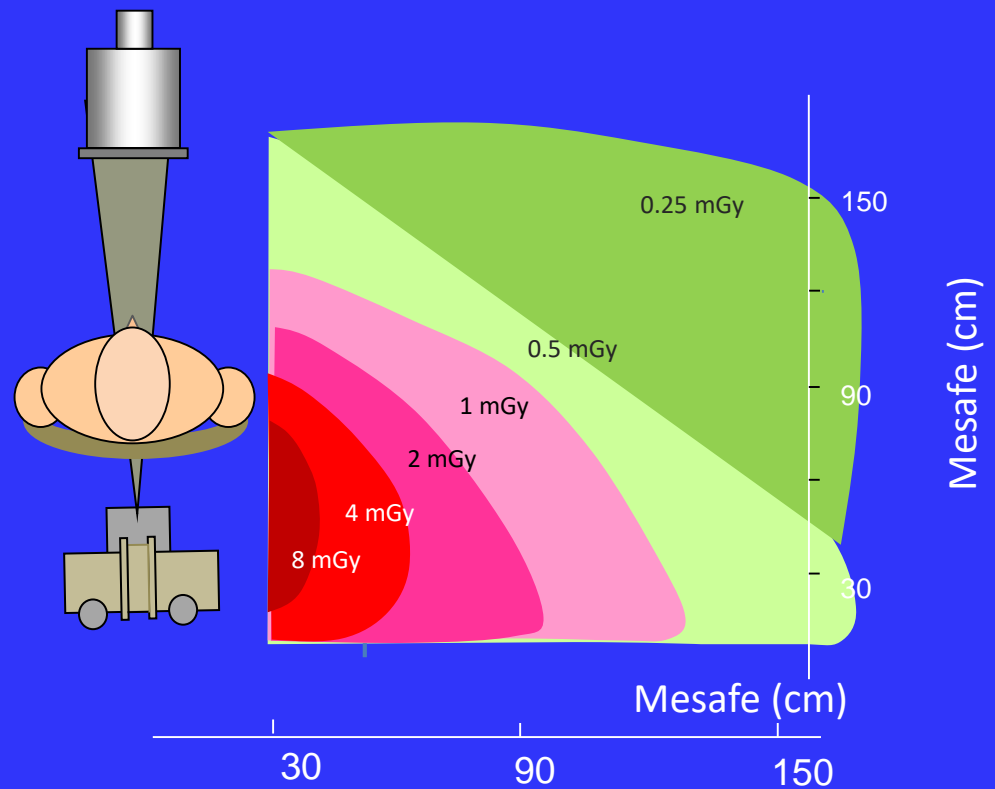
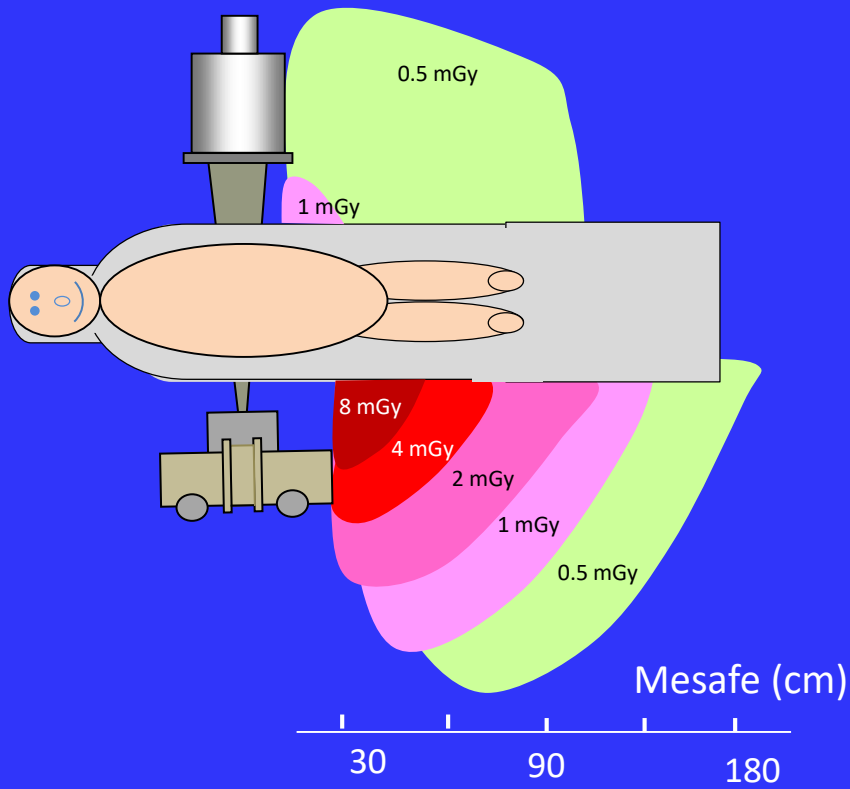
20 mSv/yıl

2  $\mu\text{Sv}$ /inceleme

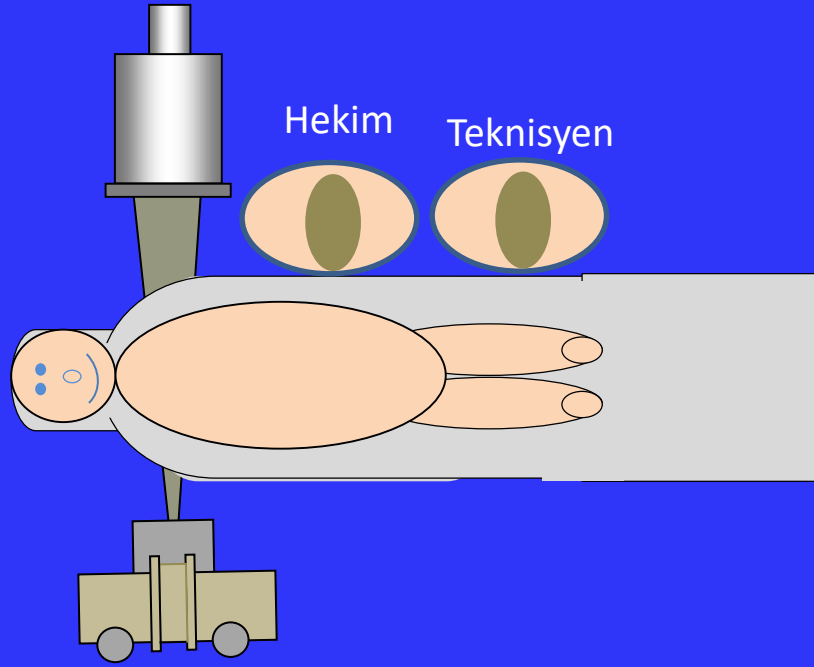
10 000 inceleme

20 mSv/yıl

# FLOROSKOPI SİSTEMLERİNDE DOZ DAĞILIMLARI



# GİRİŞİMSEL İNCELEMELERDE HEKİM VE TEKNİSYEN DOZLARININ KARILAŞTIRILMASI (ÜÇ FARKLI ÇALIŞMA)



Kardiyoloji

Nöroradyoloji

Lens dozu  
( $\mu\text{Sv}$  /inceleme)

$H_p$  (10)  
( $\mu\text{Sv}$  /inceleme)

Lens dozu  
( $\mu\text{Sv}$  /inceleme)

Etkin doz  
( $\mu\text{Sv}$  /inceleme)

Hekim 114 (42 – 211)

40 (23 – 66)

81

19

Teknisyen 17 (11 – 24)

10 (7 – 15)

23

7

# RADYOLOJİ TEKNİSYENLERİNDE TİROİT KANSER RİSKİ

Tek bir girişimsel incelemede tiroit için soğurulan doz 0,3 mSv olsun (Kim 2008, 2015)

Yöntem 1: ICRP Yaklaşımı (tüm vücut için):

$$\text{Etkin Doz} = 0.07 H_{os} \quad E = 21 \mu\text{Sv}$$

Ölümcül risk  $5 \times 10^{-2}$  Sv ise Risk =  $10 \times 10^{-7}$  : 10 milyonda 10 kişi

Yöntem2: BEIR yaklaşımı (Tiroit için)

	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80
Tiroit	115	76	50	33	21	9	3	1	0,3	0,1	0,0

Tiroit kanser riski 20 yaş için :  $21 \times 0,3 \times 10^{-2} \times 10^{-5} = 6,3 \times 10^{-7}$

Tiroit kanser riski 30 yaş için :  $9 \times 0,3 \times 10^{-2} \times 10^{-5} = 2,7 \times 10^{-7}$

10 milyonda 5 kişi

# RADYOLOJİ TEKNİSYENLERİNDE TİROİT KANSER RİSKİ

Tek incelemede 0,3 mSv ise risk :  $5 \times 10^{-7}$

Günde 10 hasta, haftada 5 gün, yılda 43 hafta  
çalışma durumunda 1 yıllık risk ;

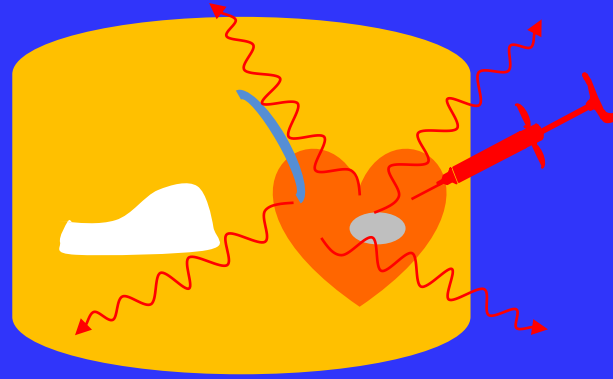
$$(10 + 5 + 43) \times 5 \times 10^{-7} = 290 \times 10^{-7}$$

Yıllık toplam risk = 3 / 100 000

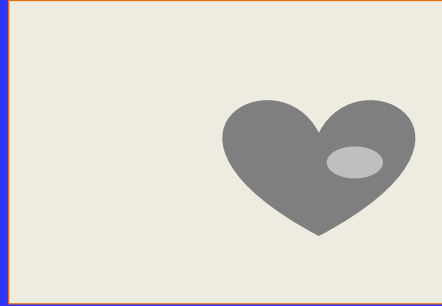
Yüzbin kişide üç kişi

100 000 kişide doğal nedenlerle kansere yakalanacak oran 40 000 kişi !  
Doğal nedenler + radyasyona bağlı olarak : 40 003 kişi !!!

# NÜKLEER TIPTA GÖRÜNTÜLEME



Organ



Görüntü

# FARKLI NÜKLEER TIP İNCELEMELERİNDE YETİŞKİN HASTALARIN ETKİN DOZLARI

İnceleme	Etkin doz (mSv)	Aktivite (MBq)	Etkin doz/Aktivite (mSv/MBq)
Beyin (F-18-FDG)	14,1	740	0,019
Tiroit (I-123)	1,9	25	0,075
Kalp (stres-rest Tl-201)	40,7	185	0,22
Kalp (stres-rest Tc-99m sestamibi)	12,8	1500	0,0085
Kalp FDG	14,1	740	0,019
MUGA	7,8	1116	0,007
Ga-67	15	185	0,081
WBC: In-111	7	18,6	0,37
Tümör FDG	14	740	0,019

# FARKLI YAŞLARDAKİ ÇOCUK HASTALARIN BAZI İNCELEMELERDE ALDIKLARI ETKİN DOZLAR (mSv/MBq)

İşlem	1 Yaş	5 Yaş	10 Yaş	15 Yaş
F-18 FDG	0,095	0,05	0,036	0,025
Ga-67 sitrat	0,64	0,33	0,20	0,13
I-123 Sodyum iyot	2,1	1,1	0,53	0,35
Tc-99m sastamibi rest	0,053	0,028	0,018	0,012
Tc-99m sestamibi stres	0,045	0,023	0,016	0,01
Tc-99m thallos klorid	2,28	1,5	1,16	0,293

# ÇOCUK HASTALARDA PET / BT

## Bir örnek!

Yaş aralığı:	1,3 – 18
Hasta sayısı:	78
Toplam inceleme sayısı:	248
Etkin doz :	$20,3 + 4,6 = 24,9$ mSv
Ortalama tarama sayısı:	3,2 (1 – 14)
Toplam etkin doz:	78,9 (6,2 – 399) mSv
100 mSv üzerinde hasta sayısı:	%27

# FARKLI YAŞLARDAKİ ÇOCUKLAR ve YETİŞKİNLERDE F-18 FDG KULLANILMASI DURUMUNDA

## İDRAR KESESİ DUVARINDA SOĞURULAN DOZ VE ETKİN DOZ DEĞERLERİ

Yaş (yıl)	1 Yaş	5 Yaş	10 Yaş	15 Yaş	Yetişkin
Aktivite (MBq)	51,3	105	176	301	370
İdrar kesesi duvarı(mGy)	73,2	79,3	86,6	99,7	95,7
Etkin doz (mSv)	8,0	8,3	8,4	9,2	9,0

# NÜKLEER TIP İNCELEMELERİNDE EKSTREMİTE DOZLARI

Zırh içerisinde olmayan 5 cc enjektörün ellere verdiği doz

**Tc-99m**

Gama radyasyonu  
140 keV

**F-18**

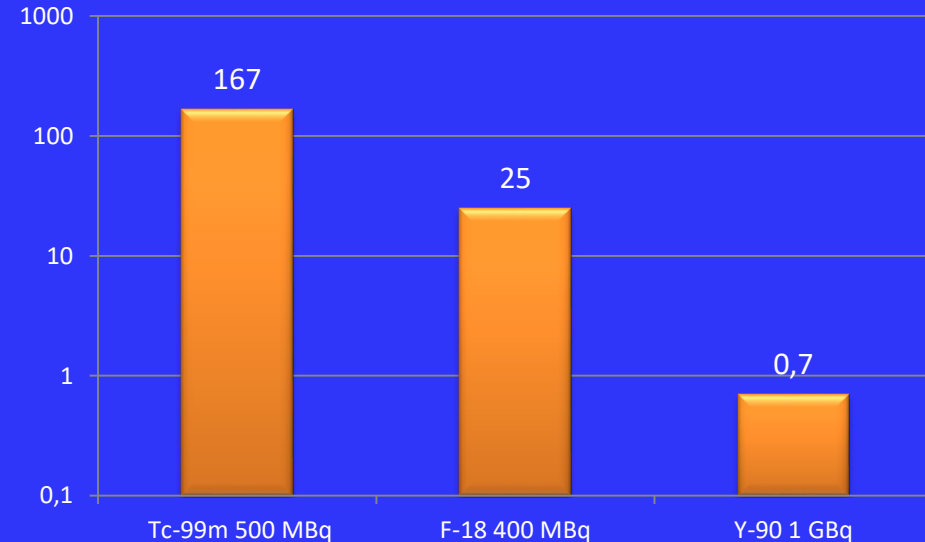
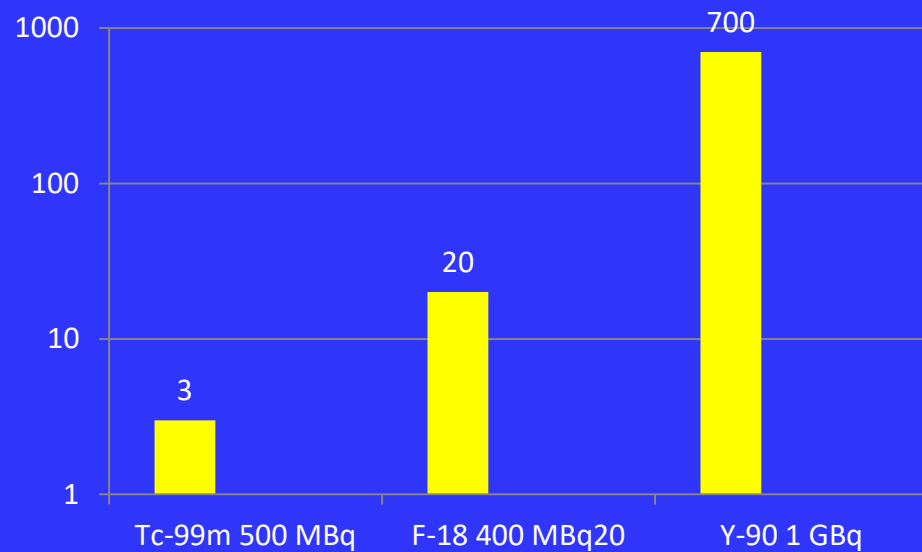
Gama (511 keV)  
ve pozitron radyasyonu  
(634 keV)

**Y-90**

Beta radyasyonu  
(2280 keV)

Cilt dozu mSv/dak

500 mSv sınır değere ulaşmak  
için geçen süre (dak.)



Y-90 durumunda yıllık izin verilen doza 1 dakikada ulaşılır !!!

# NÜKLEER TIP TEKNİSYENLERİNİN ALDIKLARI ORTALAMA YILLIK ETKİN ve EKSTREMİTE DOZLARI (mSv)

	Genel Nükleer Tıp Uygulamaları	PET Uygulamaları
Yıllık etkin dozu	0.3 – 0.4	8
Ekstremitte Dozları	15	65

PET F-18 incelemesinde ortalama etkin dozlar:  
**20 nSv / MBq**

*Hasta başına 400 MBq, günde 5 hasta ve 43 hafta çalışma :  
Etkin doz = 8.6 mSv < 20 mSv*

# RİSKLERİN SUNULMASI!



The image shows a screenshot of the ABC News Health website. The main headline reads: "CT Scan Radiation May Lead to 29,000 Cancers, Researchers Warn". Below the headline, it says "Popular Diagnostic Scans May Be Overused, Some Worry". At the bottom of the screenshot, there is a red banner with the text: "Will You Be one of the 15,000 That Are Killed By CT Scans Next Year? This is the question being asked as 2009 drew to a close."

2007 Senesinde ABD'de yapılan toplam 72 milyon BT taraması sonucunda önümüzdeki 20-30 yıl içerisinde bu ışınlamaya bağlı olarak 29 000 yeni kanser vakasının ortaya çıkabileceği ve bu hastaların 19 000'nin ölme riski olduğu belirtilmiştir.

Ancak doğal nedenlere bağlı olarak 29 milyon kişinin zaten kansere yakalanma riski var

# RADYASYON RİSKLERİNİ NASIL AÇIKLAYALIM ?

Sorular?

Bu incelemenin kanser riski nedir?

Ne kadar radyasyona maruz kalacağım ?

Yanıt :

..... mSv !!!!! ve ..... mGy !!!!!

????????????

# RADYASYON RİSKLERİNİ NASIL AÇIKLAYALIM ?

**ÖNERİ !!**

Radyasyona bağlı olarak kansere yakalanma riskinin kalitatif ve doğal nedenlere ilave olarak verilmesi.

<b>Risk</b>	<b>Kansere yakalanma riski</b>	<b>Doğal nedenler ve radyasyona bağlı ilave risk</b>
<b>İhmal edilebilir</b>	$< 1 / 500\ 000$	% 40,00
<b>Minimum</b>	1 / 500 000 ile 1 / 50 000 arasında	% 40,00
<b>Çok düşük</b>	1 / 50 000 ile 1 / 5 000 arasında	% 40,02
<b>Düşük</b>	1 / 5 000 ile 1 / 500 arasında	% 40,25
<b>Orta</b>	1 / 500 ile 1 / 250 arasında	% 40,50

Radyasyona bağlı olmayan nedenlerden kansere yakalanma riski % 40 olarak kabul edilmiştir.

# RADYASYON RİSKLERİNİ NASIL AÇIKLAYALIM ?

**ÖNERİ !!**

Farklı nedenlere bağlı ölüm risklerinin  
1 / 1 000 000 olarak karşılaştırılması

40	Kaşık tereyağı yenmesi
100 adet	Kömürde pişmiş biftek yenmesi
2 gün	İstanbul'da yaşanması <sup>1</sup>
1,5 tane	Sigara içilmesi
500 km	Araba yolculuğu yapılması (ABD'de) <sup>2</sup>
1600 km	Uçak yolculuğu yapılması
0,02 mSv	Radyasyona maruz kalınması

# RADYASYON RİSKLERİNİ NASIL AÇIKLAYALIM ?

## ÖNERİ !!

Farklı risklere bağlı olarak  
insan hayatından kaybedilecek gün sayısı

Günde 20 sigara içmek	2370
% 30 (ŐiŐmanlık)	1300
Tüm kazalar	435
Otomobil kazaları	200
Ev kazaları	95
Doğal Radyasyon (1- 3 mSv/y)	8
Radyolojik inceleme	6
30 yıl 10 mSv /y	30
Çernobil - ay ( 1mSv)	0.01

# RADYASYON RİSKLERİNİ NASIL AÇIKLAYALIM ?

## ÖNERİ !

Bazı tanısal incelemelerde yetişkinlerin aldıkları etkin dozların, eşdeğer akciğer röntgen çekimindeki dozlar ve doğal fon radyasyonu ile karşılaştırılması

İşlem Doz (mSv)	Etkin	Aynı etkin dozda akciğer radyografi sayısı	Eşdeğer doğal fon radyasyonun süresi
Tek akciğer filmi(PA)	0.02	1	3 gün
Bel filmi	1.0	50	5 ay
BT göğüs incelemesi	7.0	350	2.91 yıl
BT pelvis incelemesi	10	500	4.16 yıl
Girişimsel PTCA	15	750	6.23 yıl
TIPS	70	3500	29 yıl
Beyin PET (FDG 18)	14.1	705	5.84 yıl
Kardiyak (Tl-201) <sup>1</sup>	40.7	2035	16.8 yıl

# RADYASYON RİSKLERİNİ NASIL AÇIKLAYALIM ?

## ÖNERİ !

Radyasyona bağlı ölüm risklerinin  
Doğal nedenlere bağlı kanser riskleri ile birlikte  
1 / 1 000 000 olarak verilmesi

Tek film göğüs incelemesi (0.05 mSv)	2.5
Beyin BT incelemesi (2 mSv)	100
Pelvis Tomografisi (10 mSv)	500
Girişimsel İnceleme (50 mSv)	2500
Doğal Background (3mSv)	50
Diğer nedenler	400 000

# TOPLUMDA RADYASYON ETKİLERİ !!

RADYO FOBİA !

RADYO HOBİA !

# ÜLKEMİZ İÇİN ÖNERİLER

Yasal mevzuatın çıkarılması

Eđitim programlarının tüm çalışanlara yönelik olarak yeniden planlanması

Görüntüleme cihazları ve ilgili donanımları kabul testleri ve kalite kontrolleri

Medikal incelemeler için hasta ve çalışanlara yönelik dozimetrik alışmalar

Tanısal incelemeler için referans doz değerlerinin çıkarılması

Radyoepidemiolojik çalışmaların başlatılması

Teşekkür ederim..

Doganbor@gmail.com