

EFECTELE RADIAȚIILOR IONIZANTE

- **TIMP** – imediate
 - tardive
- **PERSOANA AFECTATĂ**
 - somatice
 - la descendenți

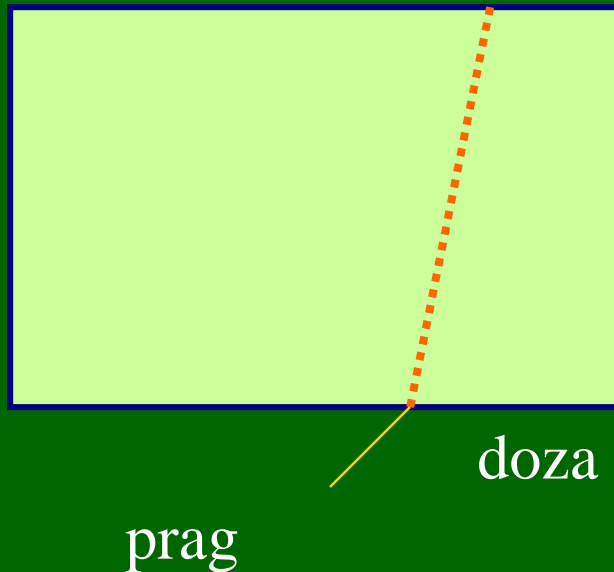
Igiena Radiațiilor, 2020

**DOZE MARI:
EFECTE DETERMINISTICE**

**DOZE MICI:
EFECTE STOCASTICE**

Efecte deterministice

Severitatea
efectului

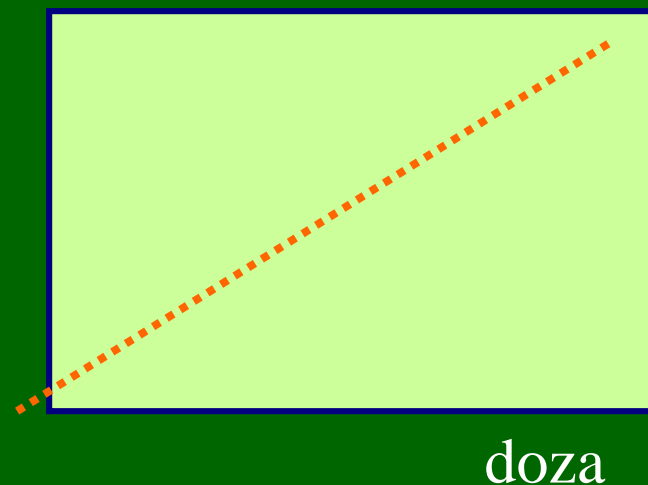


- Se datorează morții celulelor
- Au o doza-prag – de cativa Gray
- Sunt specifice in funcție de țesutul afectat
- Severitatea efectului este dependenta de doza

Efecte stocastice

- Se datorează modificărilor celulare (ADN) și proliferării spre boli maligne
- Severitatea este independentă de doză
- Nu există doză-prag: efectele pot să apară și la doze foarte mici
- Probabilitatea de apariție a efectului crește cu doză

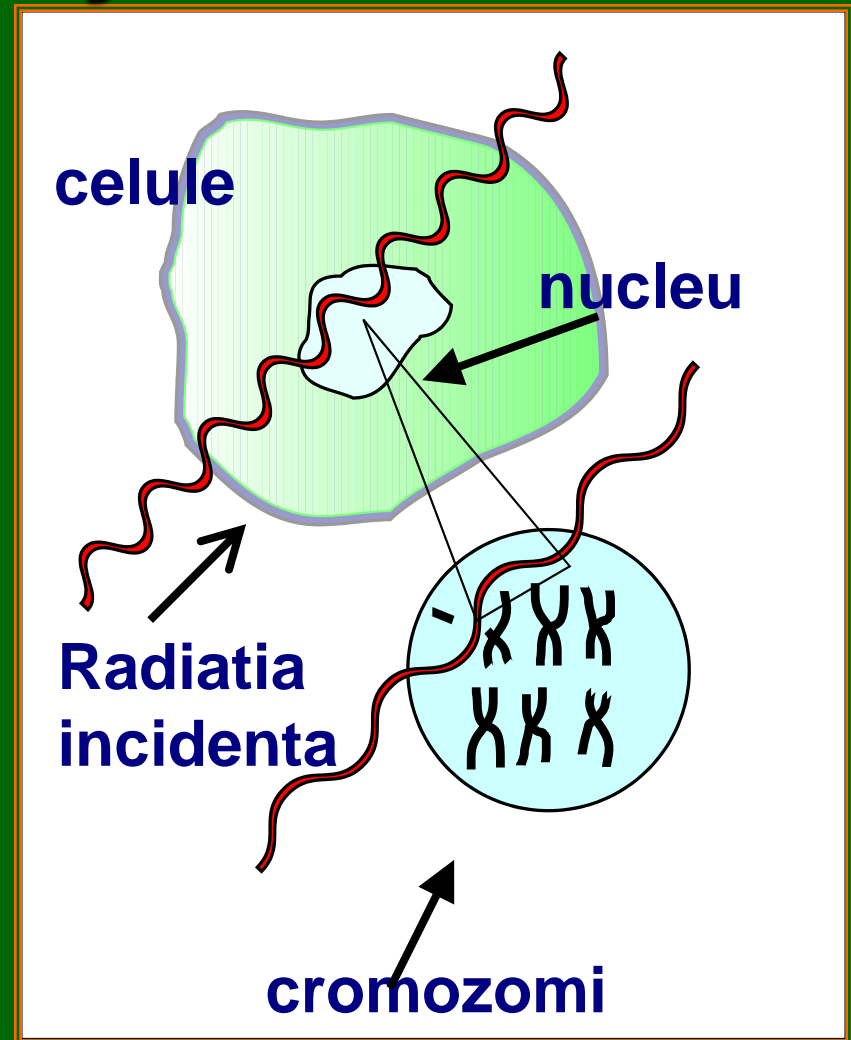
Probabilitatea
efectului



1. Efectele radiațiilor

Radiațiile ionizante interacționează la nivel celular prin:

- ionizare
- modificari chimice
- efecte biologice



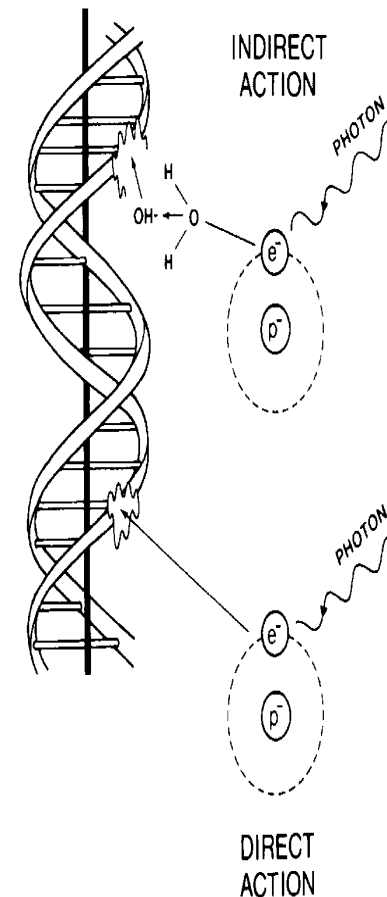
MECANISME DE ACȚIUNE

□ ACȚIUNE DIRECTĂ

– afectare directă a ADN

□ ACȚIUNE INDIRECTĂ

– afectarea moleculelor din preajma ADN și producerea de radicali liberi



MECANISME GENERALE DE ACȚIUNE LA NIVEL MOLECULAR

□ ACȚIUNE PE
MACROMOLECULE
= Efect direct

⇒ Responsabil ≈ 20% de producerea
leziunilor

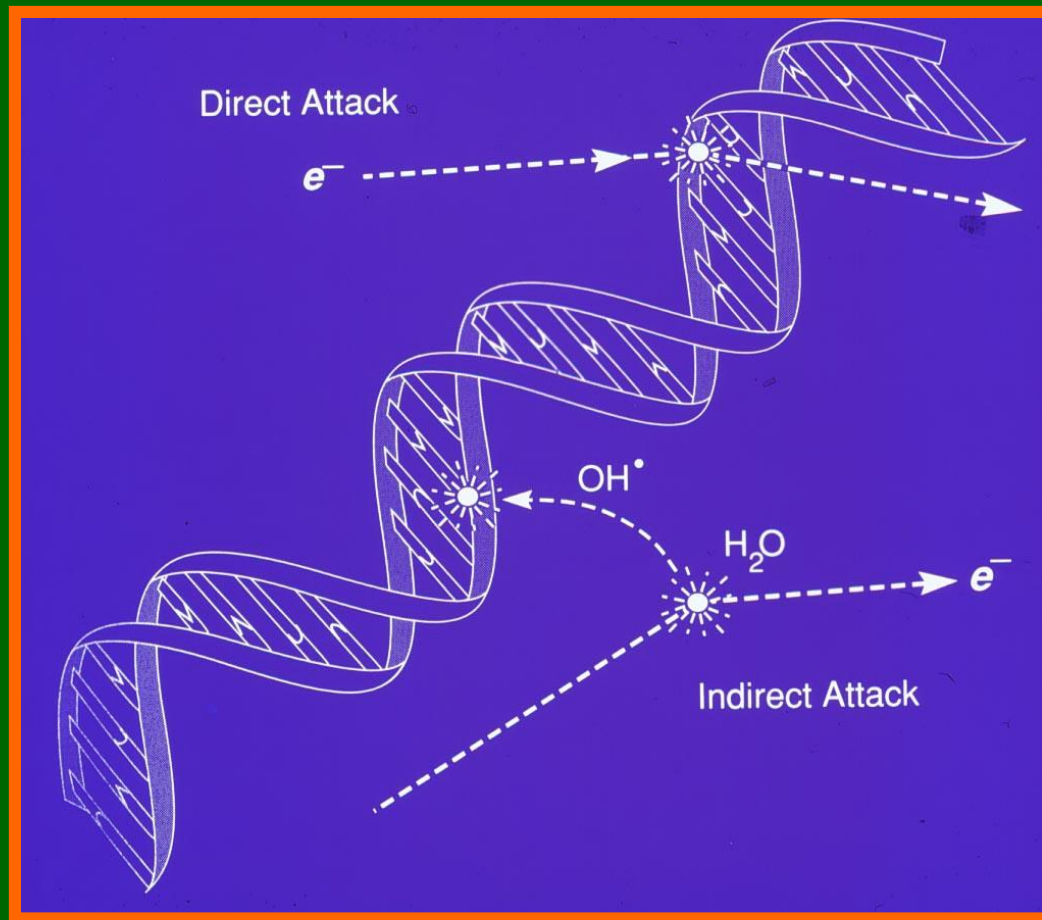
MECANISME GENERALE DE ACȚIUNE LA NIVEL MOLECULAR

□ ACȚIUNE ASUPRA APEI
= Efect indirect

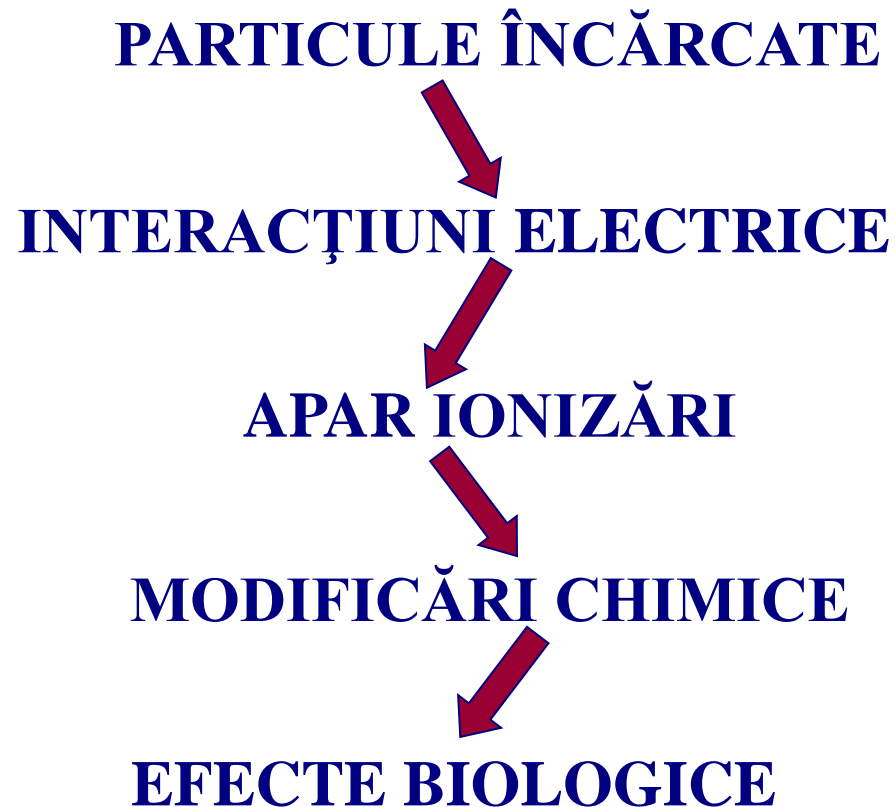
□ RADIOLIZA APEI
□ Radicali liberi
□ Macromolecule

□ ⇒ Responsabil ≈ 80% de producerea
leziunilor

Ținta la nivelul celular: ADN



EFECTELE RADIAȚIILOR IONIZANTE



Procese ce determina efectele ...

Stadiu Durata	Proces
Fizice 10 ⁻¹⁵ s	Absorptie de energie, ionizare
Fizico-chimice 10 ⁻⁶ s	Interacțiunea ionilor cu moleculele, formarea de radicali liberi
Chimice secunde	Interacțiunea radicalilor liberi cu moleculele, celulele si ADN
Biologice zeci de minute pana la zeci de ani	Moarte celulara, modificări genetice, mutații

Clasificarea efectelor se face dupa modul de evolutie

- **1. Non-letale** = mentinerea capacitatii de reproducere, dar cu crestere incetinita
- **2. Sub-letale** = supravietuirea celulei cu capacitate normala de reproducere, dupa un timp de reparare a modificarilor
- **3. Potential letale** = posibilitatea de supravietuire, cu capacitate de reproducere dupa un timp de reparare a modificarilor
- **4. Letale** = pierderea capacitatii reproductive.

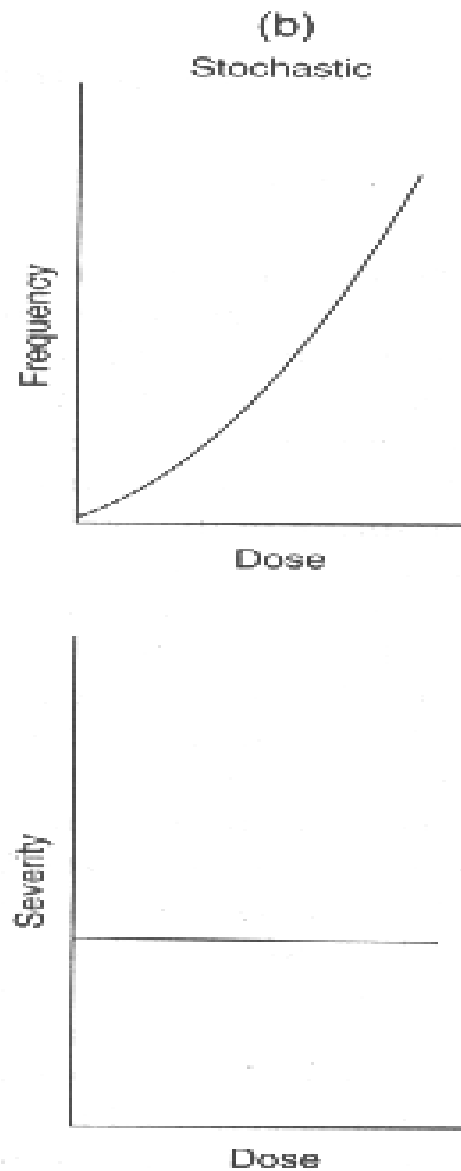
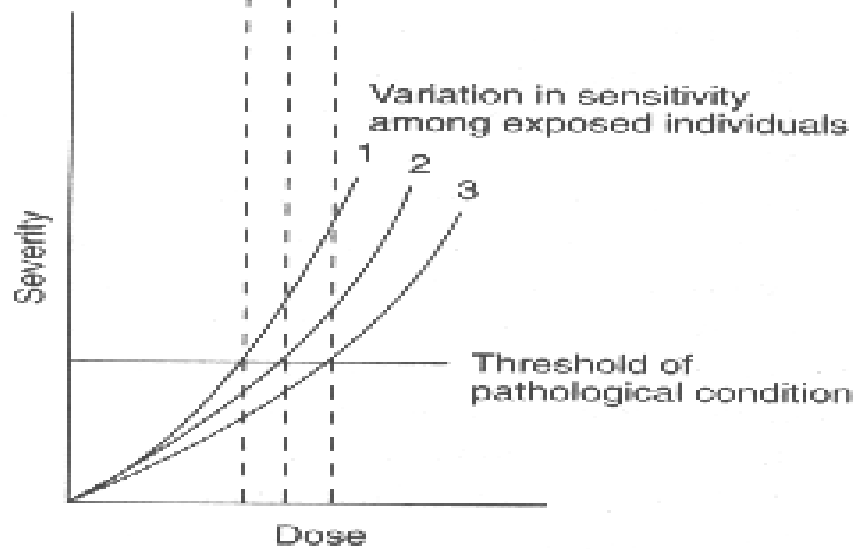
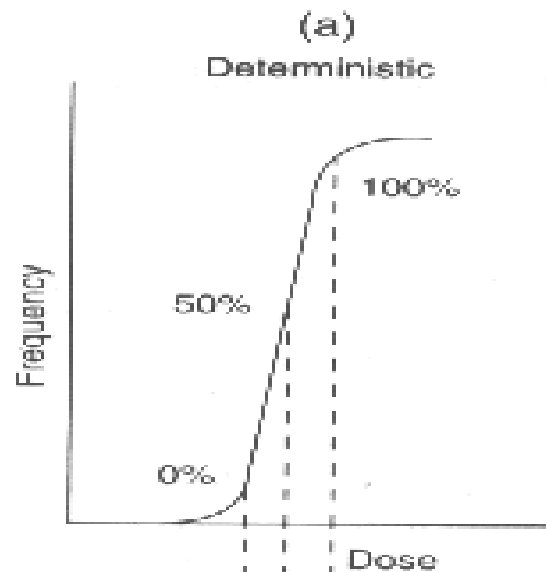
Primele observații privind efectele radiațiilor

- 1895 Roentgen descoperă razele X
- 1896 Se raportează primele arsuri radiologice
- 1896 Se folosesc pentru prima oara radiațiile X in tratamentul cancerului
- 1896 Becquerel descoperă radioactivitatea
- 1897 Se raportează primele cazuri de afecțiuni cutanate
- 1902 Prima raportare de cancer radio-indus
- 1911 Primele raportări de leucemie si cancer pulmonar prin expunere profesionala la radiații ionizante
- 1911 Se raportează in Germania 94 de cazuri cu tumori (50 fiind radiologi)

Monumentul pionierilor in folosirea radiatiilor ionizante care au murit datorita expunerii



Fig. 12-8. The stelae honoring the pioneers who died victims of their exposures to radiations (1935).



RADIOSENSIBILITATEA

- Probabilitatea ca o celulă, un țesut sau un organ să sufere un efect în relație cu doza primită

- **“legea lui Bergonié și Tribondeau” 1906**

- **Cu cât o celulă este mai:**

- ⇒ **Tânără,**

- ⇒ **Puțin diferențiată,**

- ⇒ **Activă din punct de vedere mitotic;**

- **Cu atât ea este mai RADIOSENSIBILĂ**

RADIOSENSIBILITATE

MARE	Medie	Scăzută
Măduva hematogenă Splina Timus Ganglioni limfatici Gonade Cristalin Limfocite (exceptie la regula radiosensibilitatii)	Piele organe cu mezoderm (ficat, inimă, plămân...)	Mușchi Oase Sistem nervos

Tipuri de leziuni

- - **leziuni simple** - cu ruptura unui brat de AND
- - **leziune dubla** - cu degradarea a 2 filamente
- - **leziuni incrucisate** - aparitia de legaturi covalente intre proteinele de legatura, sau formarea de dimeri intre 2 baze adiacente .

„RĂSPUNS ADAPTATIV”

Răspunsul adaptativ presupune:

- Inducerea rapidă a reparării ADN fără erori, după expuneri anterioare la doze subletale, mici de radiații ionizante;
- Reducerea formării de micronuclei, când expunerea acută survine după o perioadă de expuneri la doze mici;
- Reducerea formării de micronuclei imediat după o expunere cronică.

EFECTE LA NIVEL CELULAR

- **MOARTE CELULARĂ RADIOINDUSĂ**
 - **MODIFICĂRI FUNCȚIONALE CELULARE**
 - **MUTAȚII**
 - **CANCERIZĂRI**

MANIFESTĂRI ALE EFECTELOR PE ȚESUT

- HIPOPLAZIA
- APLAZIA
- DISPLAZIA
- INSUFICENȚE FUNCȚIONALE
- FIBROZĂ
- NECROZĂ

Efecte deterministice

- Se datorează morții celulelor
- Au o doza prag
- Sunt specifice pe tipul de țesut
- Severitatea efectului este dependentă de doza



Afectiune indusa de radiatii ionizante de la o sursa industrială

Exemple de efecte deterministice

- Modificări cutanate
- Cataracta
- Sterilitate
- Insuficienta renala
- Sindromul acut de iradiere (întreg corpul)

Reacții la nivel cutanat

Tip de afectiune	Doza prag la piele(Sv)	Sapt. pana la aparitie
eritem tranzitor precoce	2	<<1
epilare temporara	3	3
eritemul propriu-zis	6	1,5
epilare permanenta	7	3
descuamare uscata	10	4
fibroza invaziva	10	
atrofie dermica	11	>14
Telangiectazii	12	>52
descuamare umeda	15	4
eritem tardiv	15	6-10
necroza dermica	18	>10
ulceratii secundare	20	>6



Afectare cutanata
dupa un examen
fluoroscopic
prelungit

EFECTELE LA NIVELUL ȚESUTULUI CUTANAT

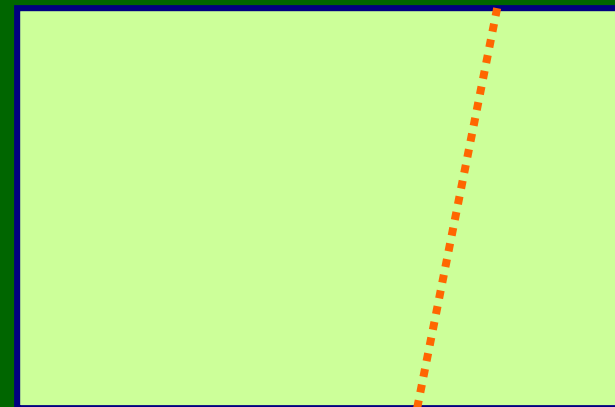
- Conform legii Bergonie-Tribondeau, cele mai radiosensibile celule sunt cele din stratul bazal al epidermului



Doza prag pentru efectele deterministice

- Cataracta 2-10 Gy
- Sterilitate permanenta
 - Barbati 3.5-6 Gy
 - Femei 2.5-6 Gy
- Sterilitate temporara
 - Barbati 0.15 Gy
 - Femei 0.6 Gy

Severitatea
efectelor

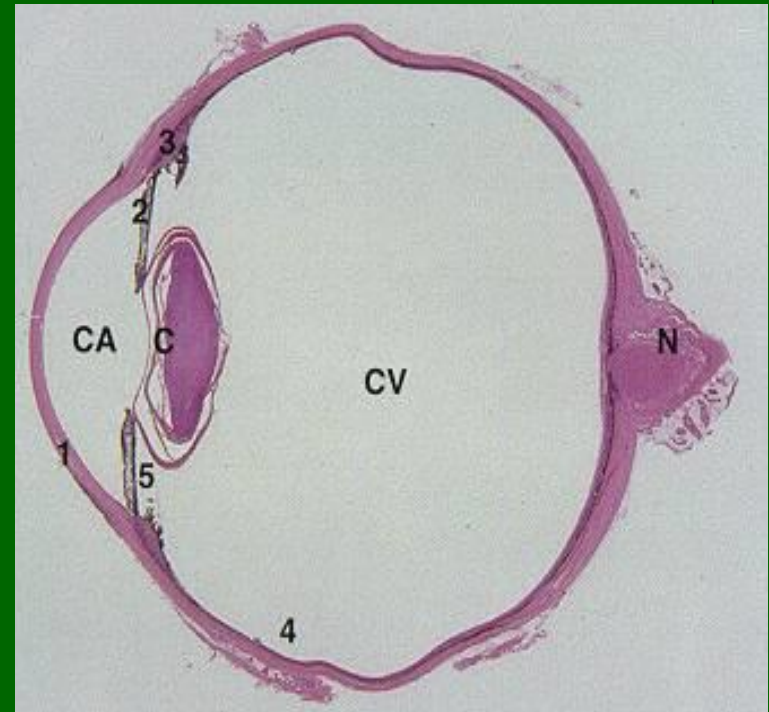


prag

doza

EFECTE LA NIVELUL OCHIULUI

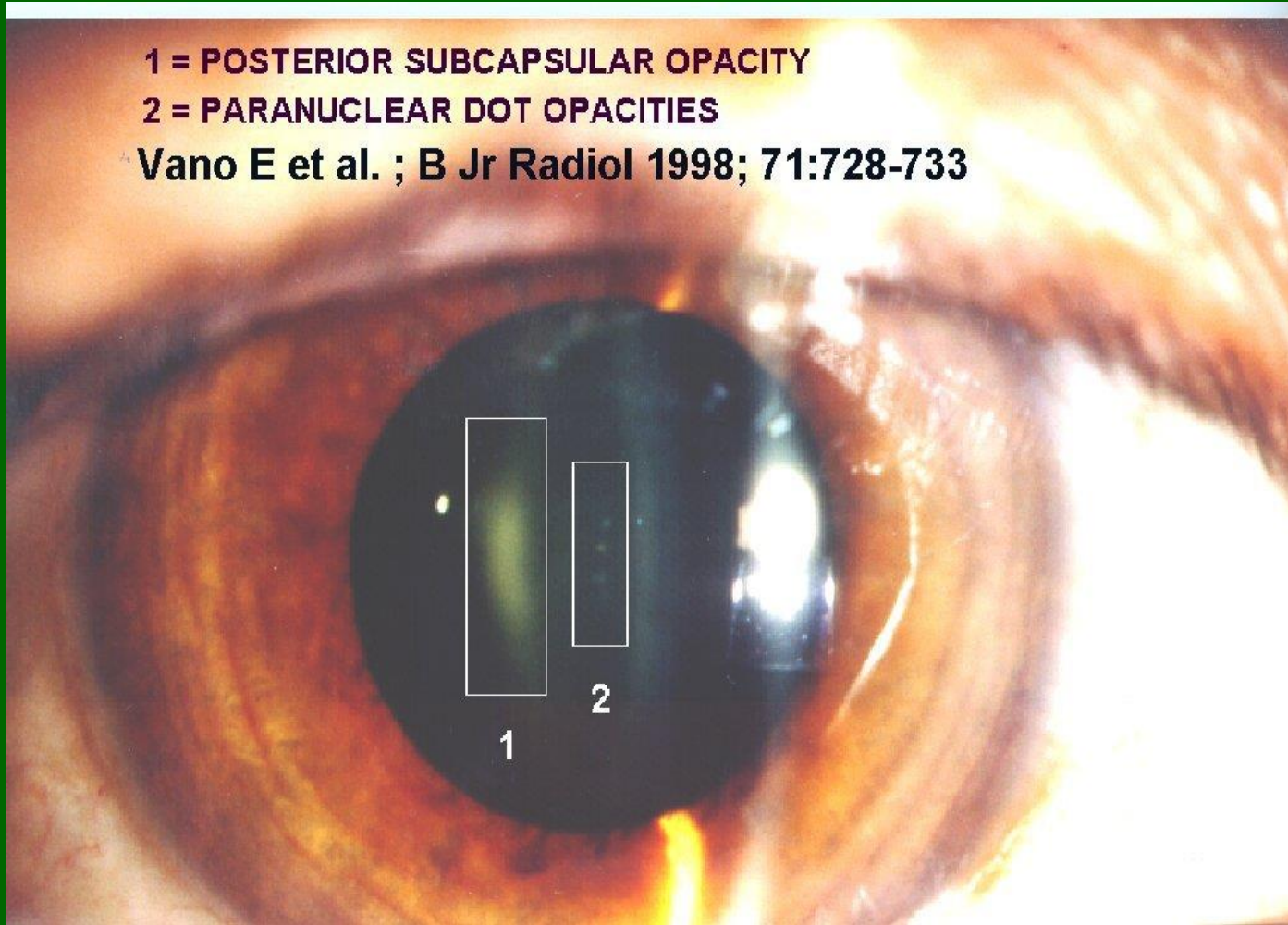
- **Cristalinul** are radiosensibilitate crescută
- **Coagularea proteinelor** apare la doze $>2\text{Gy}$



1 = POSTERIOR SUBCAPSULAR OPACITY

2 = PARANUCLEAR DOT OPACITIES

*** Vano E et al. ; B Jr Radiol 1998; 71:728-733**



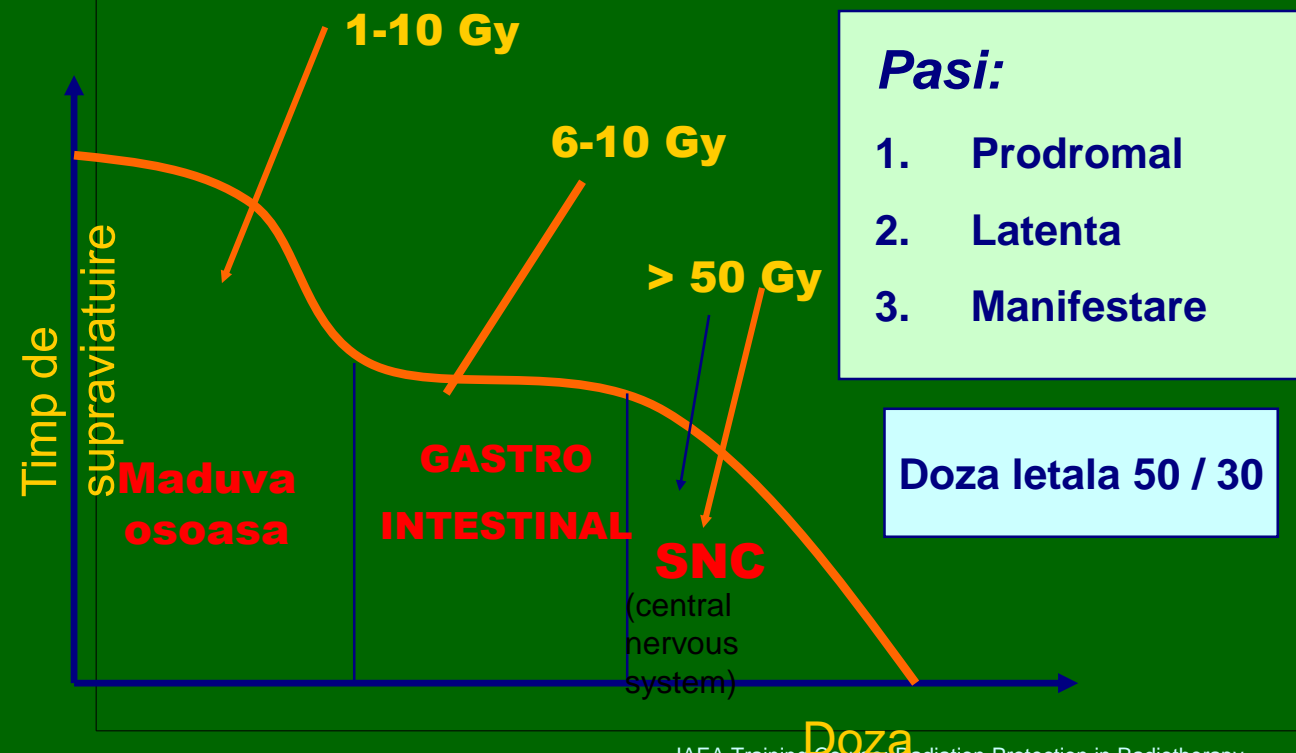
Gonadele

- Celulele germinale ale aparatului reproducător sunt puternic radiosensibile. Media dozei-prag pentru **sterilitate temporară** cu durată de mai multe săptămâni este de **0,15 Gy** pentru bărbați și de aproximativ 5 ori mai înaltă pentru femei . Perioada de recuperare este dependentă de doză și poate dura câțiva ani.
- **Sterilitatea permanentă** este provocată de doza minimă de respectiv **3,5 Gy pentru bărbat și 2,5 Gy pentru femeie**

RASPUNSUL INTREGULUI CORP: ADULT

1

Sindromul acut de iradiere



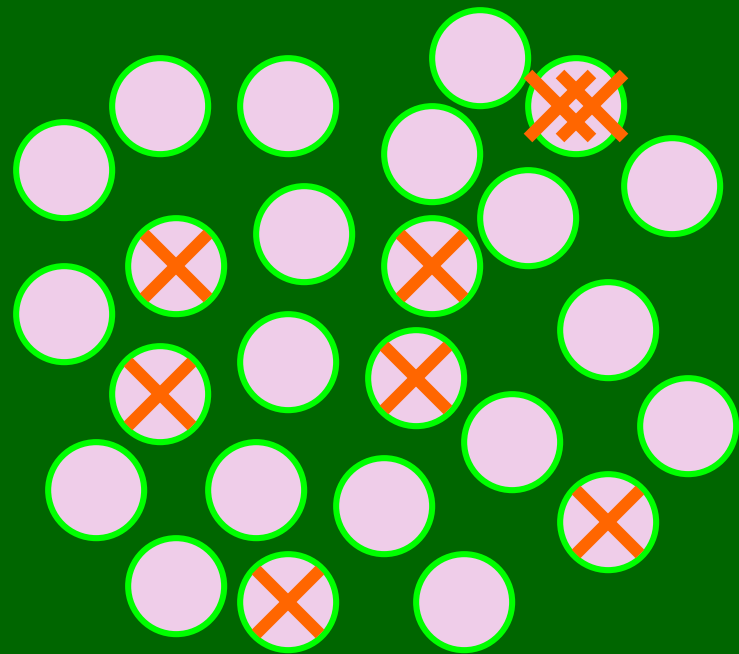
2

Sindromul cronic de iradiere

- Manifestari clinice la nivelul intregului organism dupa o expunere partiala
- Mecanism: Tulburari neurovegetative
- Similar cu o stare de rau general
- Apare frecvent in radioterapia cu doze fractionate

Efectele biologice

- La doze mici afectarea celulelor este un efect intamplator –
chiar daca exista depozitare de energie sau nu.



... ordine de mărime

- 1cm^3 de țesut = 10^9 celule
- 1 mGy --> o celulă din 1000 sau 10^6 sunt țintite
- 999 din 1000 leziuni se repara, lăsând 10^3 celule afectate
- 999 din cele 1000 de celule afectate mor (nu e o problema majoră pentru că fiecare persoană pierde zilnic milioane de celule)
- o celulă afectată poate supraviețui cu modificări (poate supraviețui cu mutații)

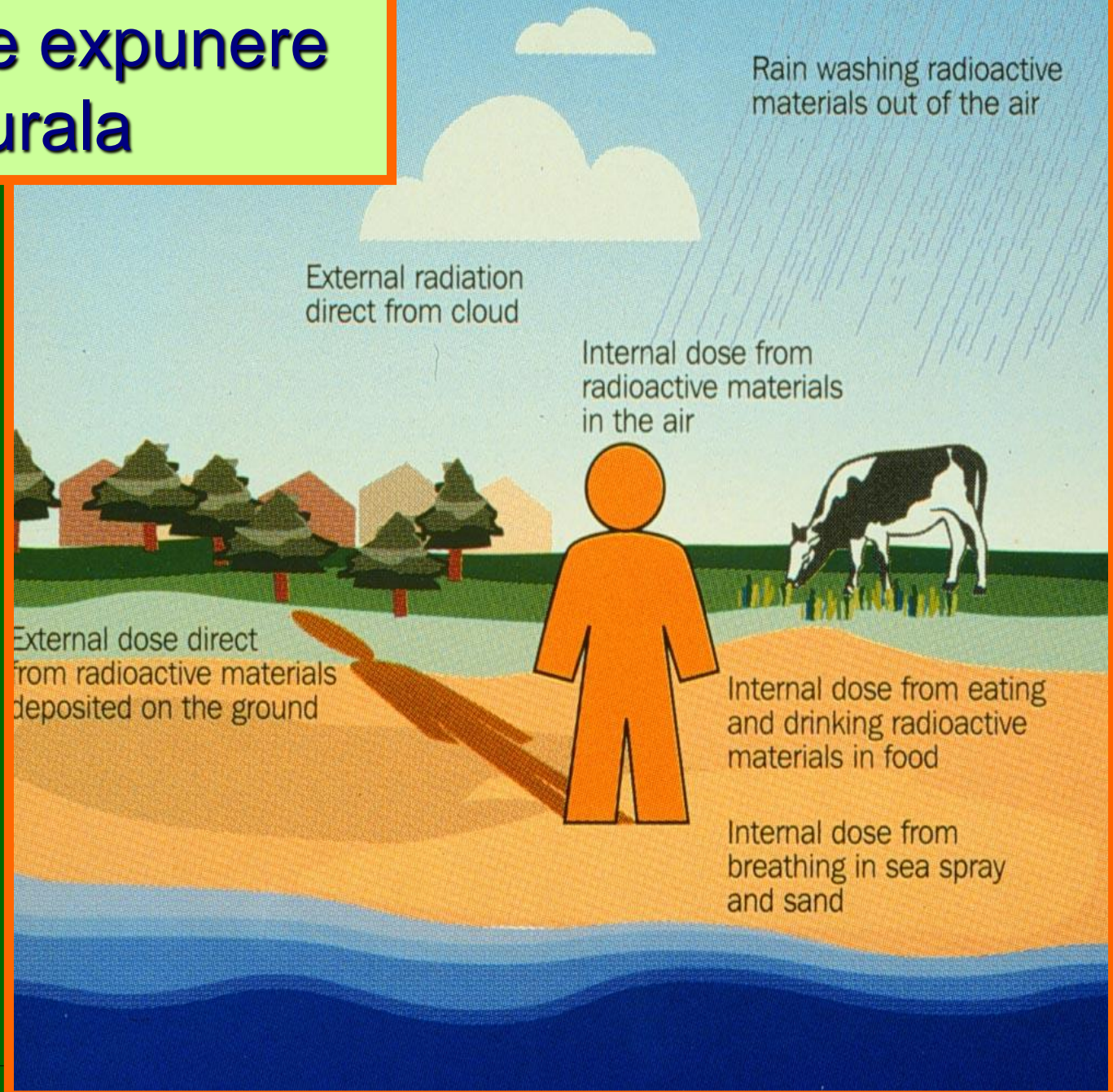
Inducerea cancerului

- Este cel mai important efect stocastic din punct de vedere al protecției radiologice
- Este un proces multistadial – tipic în trei etape: fiecare etapă necesită un eveniment
- Este un proces complicat care implică celulele, comunicarea între celule și sistemul imun...

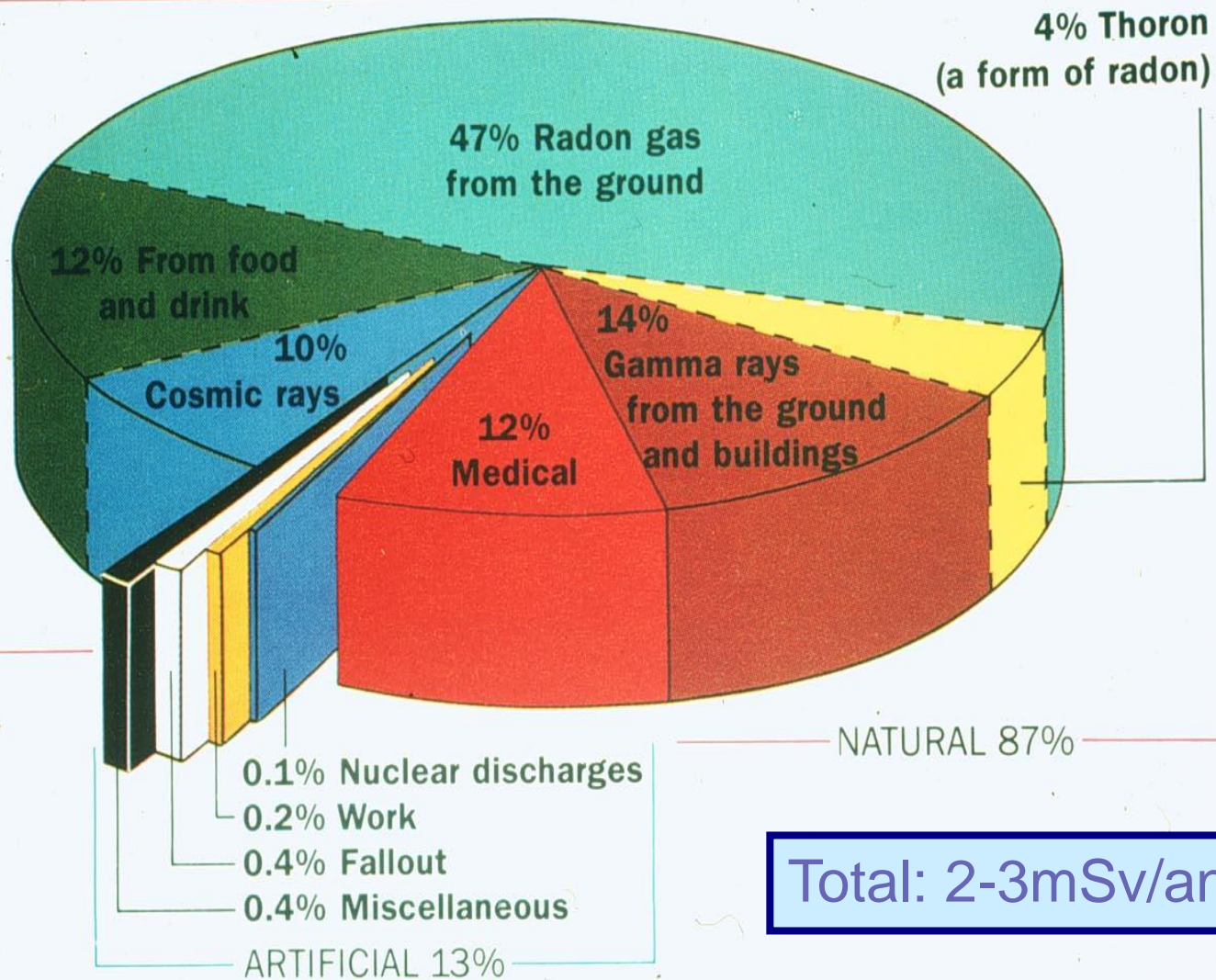
Cuantificarea efectelor stocastice

- Riscul de deces prin cancer pe durata întregii vieți la populația generală este de $= 5\% / Sv$
- Riscul de cancer fatal pe durata întregii vieți pentru cancer de:
 - **Măduva osoasă** **0.5 % / Sv**
 - **Suprafața osului** **0.05**
 - **San** **0.2 %**
 - **plămân** **0.85**
 - **tiroida** **0.08**

Sursele de expunere naturala



Contribuția expunerii la radiații în UK

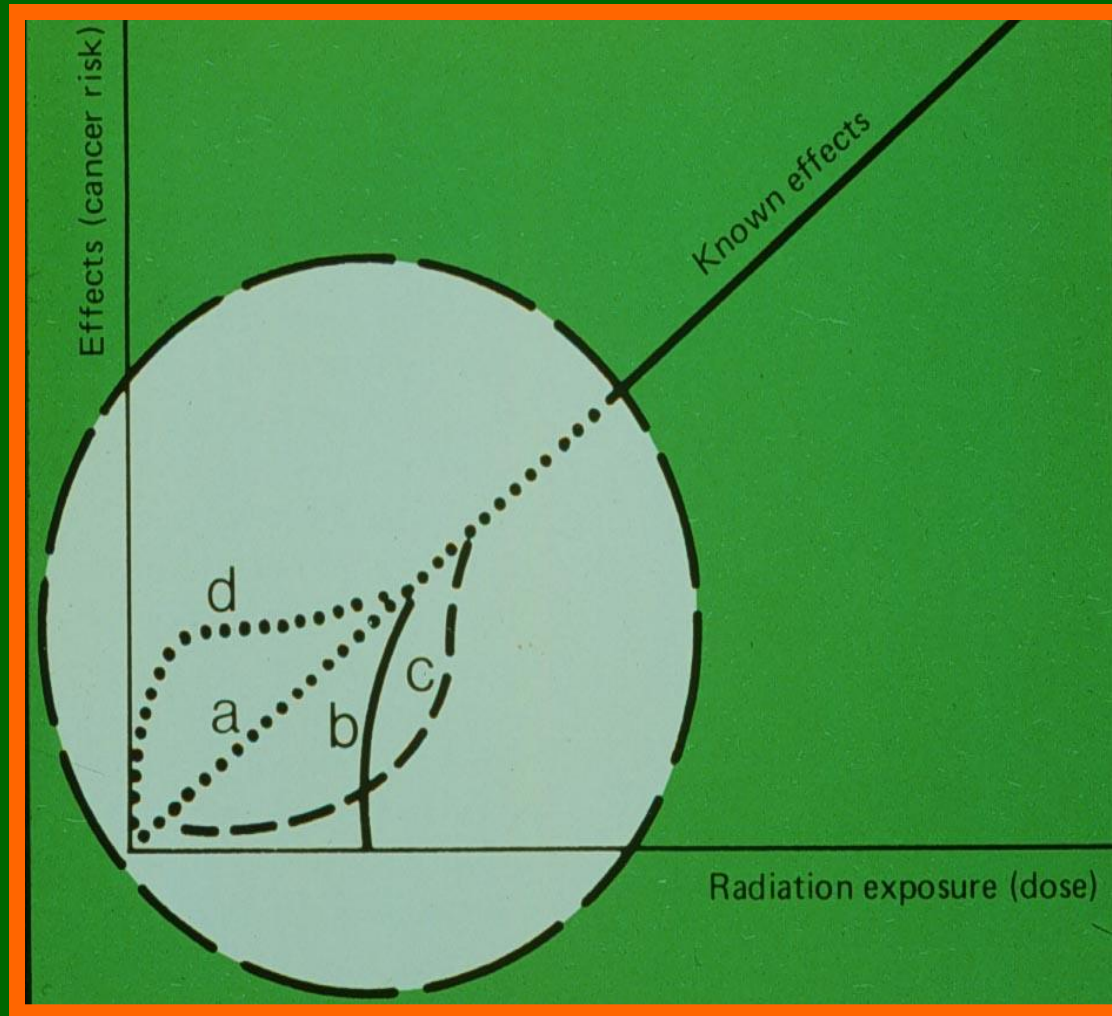


DOZELE MICI

□ **Definitii:**

- - dozele totale sub 10 mSv primite la o rata a dozei inalta in timpul unui eveniment
- - doze mai mici de 20 mSv primite intr-un an, primite continuu

Ce se întâmpla in partea de jos a graficului la doze mici sub 100 mSv?



Estimări de risc

- Risc = probabilitatea de apariție a unui efect
- Pentru efecte diferite este important sa avem clar despre ce efect este vorba: Ex. Termenul mortalitate prin cancer tiroidian NU este identic cu incidența de cancer tiroidian
- Estimarea riscului se obține de obicei pornind de la doze mari si extrapolând la dozele mici

EFECTELE EXPUNERII ANTENATALE

EFECTE LETALE

- Pot sa apară la doze relativ mici (0,1 Gy) în timpul preimplantării sau implantării embrionului în peretele uterin
- Pot sa apară și la doze mari în timpul celorlalte stadii de dezvoltare intra-uterină

Concluzii

- Inducerea cancerului este riscul cel mai important in expunerea la radiații ionizante la doze mici
- Inducerea cancerului este un efect stocastic
- La doze mari apar efecte deterministice

Concluzii

- Riscurile pot fi calculate
- De altfel:
 - cifrele sunt de obicei mici si s-ar putea sa nu aibă vreo semnificație deosebita pentru oricine
 - Acțiunile întreprinse pentru a evita sau a reduce la minim riscurile depind de interpretare si de beneficiile percepute - acestea pot varia semnificativ de la o persoana la alta sau intre societati
- Costrangerile de doza pot fi alese pentru a le compara cu riscurile din alte profesii

Întrebări?

