Doc.dr Simon Nikolić
zdravstvena nega

# Radiobiologija i zaštita u radiologiji



MMXV

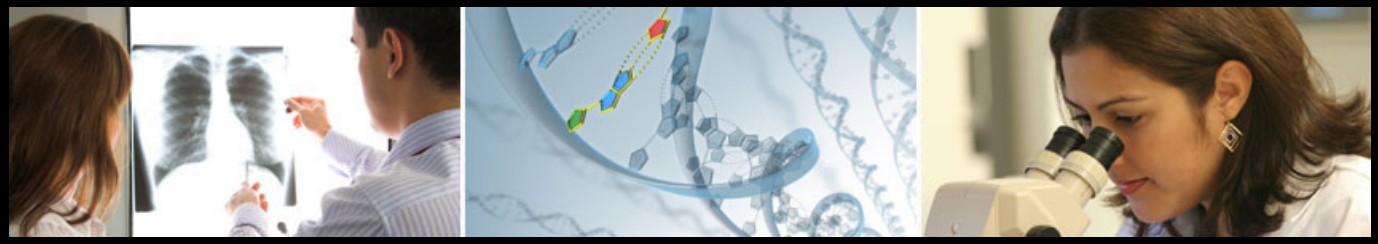
# Biološki efekti jonizujućeg zračenja

Interakcijom x-zračenja i žive materije odvijaju se fizioko-hemijski reakcije koje menjaju funkciju i morfologiju a u dovoljnoj količini dovode do letalnog ishoda.

**Mehanizam dejstva**:

- Direktno na organsku matriju (molekule, DNK, RNK, proteine) dovodi do kidanja postojećih i stvaranja novih veza. Slede poremećaji metabolizma i fizioloških funkcija, mutacije i smrt ćelije.

  Antioksidativni stres ublažava se sa 4 reparatorna enzima koji neutrališu slobodne radikale ali se brzo iscrpljuju. Potrebno uključiti sekundarne antioksidanse (vit. A, C, E, koenzim $Q_{10}$, ...)



Molekuli vode su najzastupljeniji u živoj materiji (85%).

Velika je verovatnoća da će molekuli vode prvi da stupe interakciju sa zračenjem. Na neki način štite susedne organske molekule, ali mogu indirektno da ih oštete i inaktivišu.

- Indirektno

  preko I i II produkata radiolize vode i organskih molekula stvaranjem slobodnih radikala i kočenje hemijskih reakcija.

  Nestabilna konfiguracija (nesparen elektron  u poslednjoj orbiti) omogućava nove hemijske reakcije i veza među makromolekulima.

  Model Chatterjeeva 2% svih slobodnih radikala dospeva do DNK.



# Repair sistem

Svako oštećenje DNK može da bude kritično.

“Repair” mehanizmi su enzimski sistemi koji postoje u svakoj ćeliji a uloga im je u mehanizmu obnove ili rekonstrukcije DNK.

Podeljeni su grupe:

Jedna prepoznaje strukturnu grešku DNK i odstranjuje taj fragment,

Druga nadoknađuje odstranjeni deo a kao program za resintezu koristi odgovarajući deou drugom komplementarnom lancu DNK,

U ćeliji postoje geni koji kontrolišu intaktnost genetskog koda.

Dejstvom jon.zračenja repair sistem može da bude inaktiviran a nastala strukturna oštećenja DNK postaju letalna za ćeliju.

# Biološki efekti na organizam

- **Deterministički**

kada primljena doza pređe određenu granicu a stepen oštećenja raste sa porastom doze.

Javljaju se u dg.rtg. u uslovima duže vremenske radioskopije, izazivajući lokalizovanu ćelijsku reakciju.

Latentni period od 6 mes. do 20 god.

Oštećenja: kože, nokata, oka, kapilara, koštane srži, poremećaji srčanog ritma, ubrzano staranje i skraćenje trajanja života.

## Oštećenje kože i njenih adneksa

Predstavljaju ulazna vrata zračnog snopa.

- Eritem 2-12 dana, dermatitis-epidermatitis 2-4 ned.
- Atrofične promene, istanjena, sjajnija i crvenija, ističu se krvni sudovi.
- Suva i ispucala jer su oštećene znojne i lojne žlezde.
- Nestaju kožni nabori i otisci prstiju, pigmentne mrlje,nokti suvi, lomljivi, bez sjaja.
- Erozivna punktiformna oštećenja
- Hiperkeratotične promene.
- Ulceracije oštrih, strmih rubova na krajevima Ca (plano i bazo celularni)





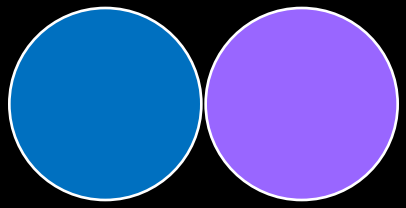
## Oštećenje oka

Male doze zračenja izazivaju zapaljenske reakcije na konjuktivama, rožnjači i šarenici.

Karakterističan aksijalan razvoj sa vakuolama i zrnastim zamućenjem u zadnjem subkapsularnom delu sočiva ili

periferno i ekvatorijalno granulirano zamućenje.

Subjektivno zamagljenost ili tamne mrlje prema svetloj podlozi, latentna diplopija, bolje opažanje pri tamnijem svetlu (axialna kat.) ili bolje pri intenzivnom svetlu (kod periferne kat.), poremećaj raspoznavanja plave i ljubičaste boje.





## Oštećenja kapilara i zidova krvnih sudova

Analiziraju se kapilarne petlje u epidermu kožnog nabora na korenu nokta. Norm. oblika slova U, širine u proseku 10 μ, pravilne širine lumena koji se postepeno sužava.

## Depresija kostne srži

Aktivna crvena kostna srž se nalazi u svim kostima od kraja trudnoće pa sve do 5 g.

posle 20 g. (zamenjana je neaktivnom žutom kostnom srži) u proximalnim delovima humerusa, tibije i pljosnatim kostima.

Pr. Najčešće zastupljen rtg. pregled sa najvećim volumnim postotkom aktivne kostne srži je snimanje LS dela kičmenog stuba po pravilu u 2 pravca.

Klinički najpre kratkotrajna i prolazna limficitoza koju ubrzo smenjuje limfopenija. Duže izlaganje do smanjenja broja Er. Kumulativni efekat dovodi do aplazije i panmijeloftize.

- **Stohastički efekti**

stochastic - zasnovan na predpostavci

nemaju graničnu dozu jer svaka pa i najmanja doza može da prouzrokuje biološka oštećenja.

Razvijaju se: leukemogeno dejstvo,  kancerogeni efekat, efekat na gonade, teratogena oštećenja, genetska oštećenja.

## Leukemogeno dejstvo

se zasniva na štetnom efektu na hromozome (stvaranje patološkog hromozoma identičnog sa Philadelfia hromosomom) kao i lakšeg prodiranja i razmnožavanja leukemijskog virusa.

## Kancerogeni efekt

Nastanak karcinoma bronha i pluća (kod muškaraca). Ovaj rizik je identičan nastanku leukemije.

Karcinom dojke naročito žena u germinativnom periodu jer je žlezdani parenhim izrazito radiosenzitivan.

Karcinom štitaste žlezde koja je najnezaštićeniji organ. Radiosenzitivnost epitelnih ćelija folikula žlezde izražen. Razvoj hipotireoze.

Nastanak solidnih tumora je ipak dominantniji u odnosu na leukomogeni efekat za koji vlada ustaljeno mišljenje.

## Efekat na gonade

Muške gonade naročito osetljive spermatogonije (nastajuna početku extrauterinog života do 4 g.), spermatociti I i II reda (do 10 g.), zrele forme spermatozoida (oko 15 g.).

ozračivanje odojčeta, novorođenčeta i deteta može dovesti do trajnog steriliteta.

Ovarijumi relativno otporniji. doza od 3 Gy kod žena u III dekadi života do prolaznih smetnji fertiliteta, dok u IV dekadi sterilitet.

## Teratogena oštećenja

*teratos* (grč.): nakaza.

U fazi organogeneze (3 – 8 ned.) dovodi do malformacija organa. Efekat je proporcionalan dozi. U kasnijeoj fazi razvoja fetusa može dovesti do mentalne retardacije.

Treba ih razlikovati od genetskih oštećenja koja su nasledna.

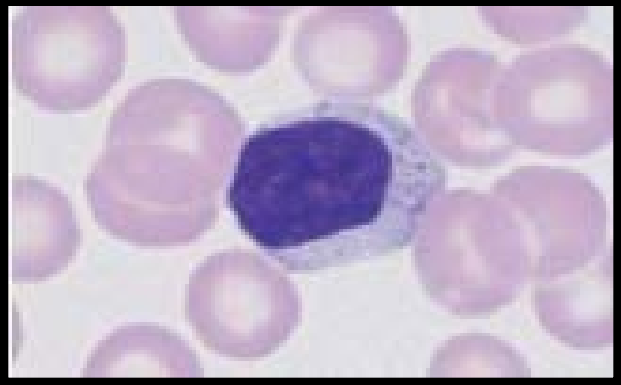
## Genetska ošrećenja – mutacije

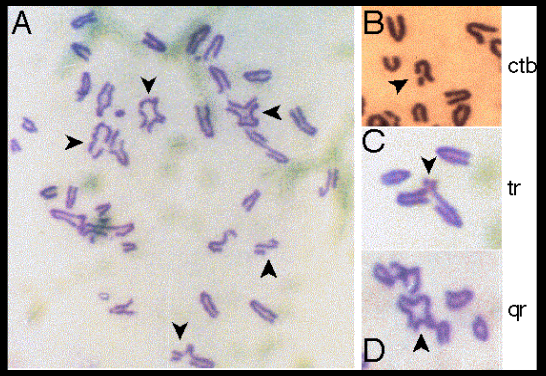
Hromozomske aberacije (pregled Ly. periferne krvi)

Ukoliko su mutagene promene na somatskim ćelijama, promene se prenose na ćelije potomka koje izgrađuju zahvaćeni organ.

Međutim, ako su promene na strukturi gena u polnim ćelijama, promene se prenose na sve buduće generacije.

Recesivnog su tipa tj. štetne posledice zračenja će se ispoljiti ako oba roditelja poseduju isti oštećeni gen. Ispoljavanje se ne očekuje u prvoj generaciji, najranije u trećoj a moguće je i nakon 30 generacija potomaka.






U proceni oštećenja važna je analiza vrste hrom. aberacije.

(Asimetrične - delecija, duplikacija, dicentrični hrom., prstenasti hrom.

Simetrične - recipročna translokacija, para i pericentrične inverzije)



**1946** Nobel prize in
Physiology or Medicine
**Hermann Joseph Muller**

b. 1890

d. 1967

Indiana University,
Bloomington, IN, USA



"for the discovery of the production of mutations by means of X-ray irradiation"

# Kliničke manifestacije oštećenja bioloških sistema

Za ispoljavanje efekata na organizam važna je doza i vreme ozračivanja.

Prema obuhvatnosti organizma

- **Opšta** nakon ozračivanja celog tela, i ispoljavaju se posle određenog vremenskog perioda.
- **Lokalna** javljaju na ozračenim mestima.

Prema vremenu javljanja

- **Rane** u prvih nekoliko sati, najčešće u tkivima koja se progresivno dele i direktna su posledica oštećenja stem ćelija (leukopenija, crvenilo kože, opadanje dlaka, mučnina povraćanje)
- **Kasne** posle nekoliko meseci ili godina

Prema vremenu trajanju

- **Prolazne**, **Trajne**, **Letalne**

Prema vrsti efekta

- **Somatski** na pojedinim organima kao strukturna i funkcionalna oštećenja.
- **Genetski** kao trajne promene na genima – mutacije.

# Biološko dejstvo uz talasa

Dobijanje što kvalitetnije slike manjom energijom.

2D uz kod odraslih bezopasna metoda.

Kavitacija mehaničko oštećenje tkiva sa stvaranjem šupljina naročito kod embriona i fetusa (color i pulsni doppler).

Ograničenje snage 3D/4D uz sondi na 94 $mW/cm^2$.



# Biološki dejstvo magnetnog polja

Statičko mag.polje

0,0015T glavobolja, vertigo, insomnija, malaksalost, bol u srednjogrudju, svrab,

0,1T povećanje amplitude T talasa,

1,5T ne izaziva promene u $T^0$, bioelektrične osobine

Gradijentno mag.polje

ventik.fibrilaciju, aritmije, remete rad pace makera, epileptogeni potencijal, bol u kostima, vizuelne senzacije

RF impulsi $T^0$ rožnjače za 1,8$^0$C

**Mere opreza**

- NE u prva 3 mes. trudnoće

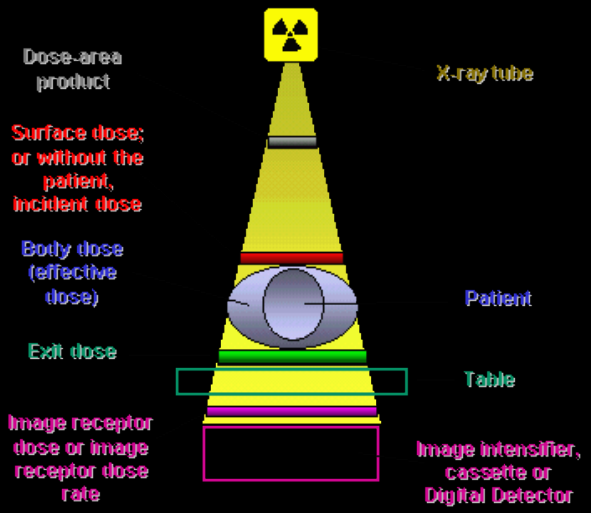
  DA u 2 i 3 mes. kada druge nejonizujuće metode nisu adekvatne



**Zaštita od zračenja nikad nije potpuna**

# Dozimetrija

Savremeni sistem dozimetrijskih veličina prati redosled interakcija zračenja sa materijom.




| | |
|---|---|
| Expoziciona doza | C/kg |
| Fotoni predaju energiju elektronima | **Kerma** |
| Kinetička en. elektrona se deponuje u materiji | **Gy** |
| Deponovana en. izaziva biološke efekte | **Sv** |

- Kolektivni dozimetri (stacionarni, pokretni – Gaiger-Müler-ov)
- Lični  (termoluminescentni, elektronski)







Maksimalno dozvoljene doze na godišnjem nivou:

- Osobe koje rade sa izvorima jon.zračenja 20 mSv
- Stanovništvo 1 mSv

# Osnovni principi zaštite




Rastojanje




Vrema trajanja ozračivanja

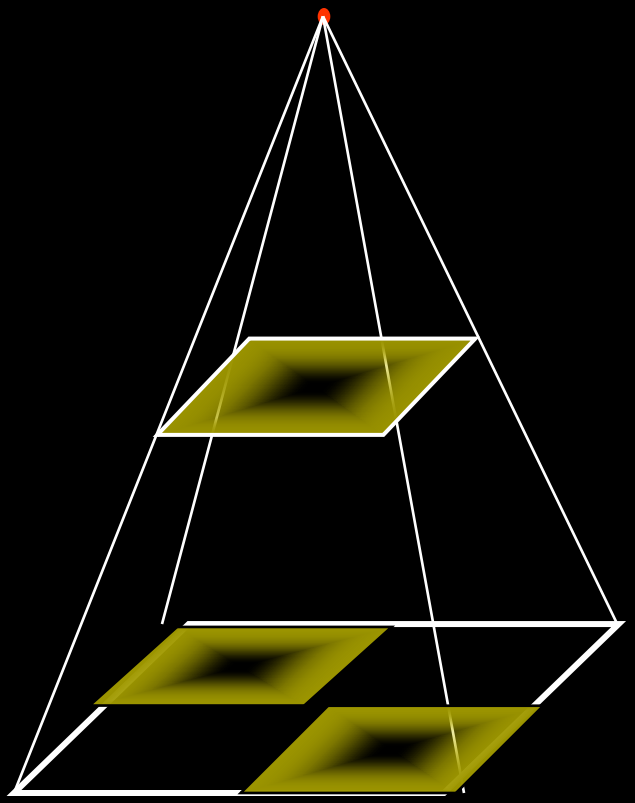



Zaštitna sredstva

- Rastojanje

Intenzitet opada sa kvadratom rastojanja.

povećanjem rastojanja od 2m intenzitet opada 4x,



- Vrema trajanja ozračivanja

  - Imperativ zaštite i pri najmanjim dozama pacijenata i profesionalno izloženih lica.
  - Odgovornost snosi radiolog koji *odobrava* i *primenjuje* dg.postupak

**ALARA** princip

(As Low As Resonable Achievable)

Toliko nisko, koliko je razumno moguće



- Zaštita

1. **Zaštita prostora**
   Građevinsko prostorni elementi zaštite
2. **Zaštita uređaja**
   Tehnički elementi zaštite rtg cevi
3. **Zaštita osoblja**
   Lična zaštita
   Zajednička zaštita
4. **Zaštita pacijenata**
5. **Zakonodavna zaštita**
   Zakon o zaštiti od jonizujućeg zračenja

# 1. Zaštita prostora

- Projektovanje radiološke dijagnostike prema tipu zdr.ustanove
- Površina radiološkog kabineta
- Projektovanje vodova visokog napona
- Debljina i sastav zidova
- Izmena vazduha u prostorijama



# 2. Tehnički elementi zaštite rendgen aparata

Sprovode se od strane proizvođača med.opreme

- Zaštita kućišta rendgen cevi
- Posavljanje odgovarajućih filtera
- Konstrukcija primarnih brana
- Postavljanje zaštitnih pregača i katedri



# 3. Zaštitna osoblje

- Zaštitna kecelja
- Zaštita za tiroideu
- Zaštitne rukavice
- Zaštitne naočare
- ...



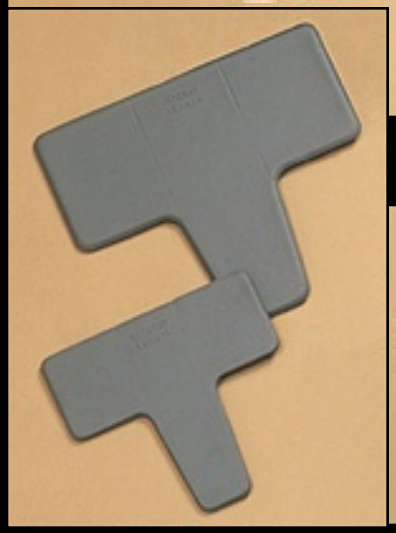






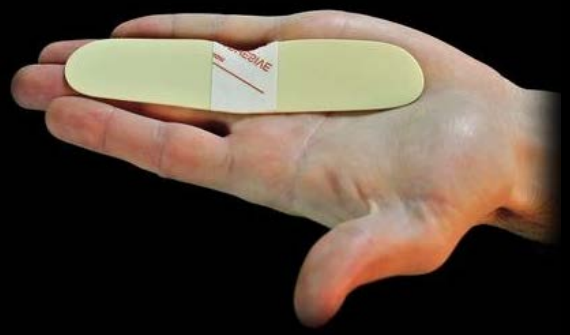
# 4. Zaštita pacijenata







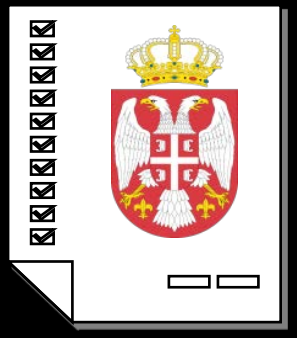


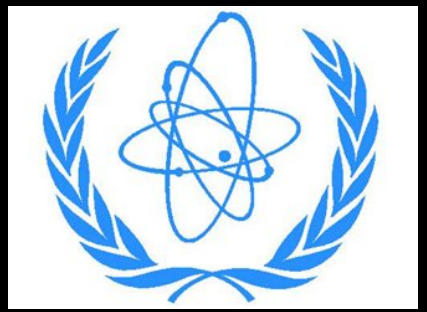


# 5. Zakonodavna zaštita

- Zakon o zaštiti od jon.zračenja i o nuklearnoj sigurnosti (Sl.glasnik RS br. 36/09)
- Agencija za zaštitu od jon.zračenja i nuklearnu sigurnost Srbije

- IEAE (International Atomic Energy Agency)
- ICRP (International Commision on Radiologycal Protection)







# Osnovni principi zaštite pacijenata u radiološkoj dijagnostici

- Svako izlaganje X-zracima je nepoželjno.
- Primena X-zraka je finalna dijagnostička metoda u brzom dijagnostičkom postupku.
- Primeniti samo kod apsolutnih indikacija kod sledećih grupa pacijenata: mlađi od 30 god., trudnice, prof.izloženi zračenju.
- Smanjiti izloženost radiosenzitivnih tkiva

  (gonade, ćelije krvne loze, tiroidea)

# Pravilo 10 dana




Dijagnostički postupak upotrebom X-zraka kod žena koje su u reproduktivnom periodu može se primeniti samo u prvih 10 dana menstrualnog ciklusa.

Izuzetak su:

- Osobe koje koriste “sigurna” kontraceptivna sredstva
- Osobe u post menstrualnom periodu
- Osobe kod kojih postoji vitalna ugroženost

# Prekid trudnoće da ili ne?

Odluka o prekidu trudnoće je individualna i zavisi od mnogo faktora.

- Fetalna doza ispod 100 mGy nije indikacija za prekid trudnoće.
- Fetalna doza manja ili jednaka 100 mGy se ne očekuje nastanak malformacija a nastanak kancera izazvanog zračenjem je oko 1:170.
- Fetalna doza iznad navedenih, trebala bi se raspraviti za svaki pojedini slučaj.



# Procedure u dijagnostičkoj radiologiji

Pre izlaganja zračenju

- Potrebno utvrditi da li je pacijentkinja trudna ili za to postoji mogućnost
- Da li je plod u direktnom snopu X-zraka
- Da li se radi o nisko/visoko doznoj proceduri
- Ako je visokodozna procedura upotrebiti alternativnu nejonizujuću proceduru
- Ako za to ne postoji alternativa - uzeti u obzir gestacijsku dob, proračunati apsorbovane fetalne doze, preispitati indikacije
- Pacijentkinja daje pristanak

Tokom procedure

- Ako fetus nije u direktnom snopu obično nije potrebno modifikovati proceduru. adekvatna zaštita fetusa, suziti zračni snop, smanjiti broj snimaka.
- Ako je fetus u direktnom snopu treba smanjiti apsorbovanu dozu (ALARA)

Nakon izlaganja zračenju

- Procena apsorbovane doze koja ne bi trebalo da pređe 10 mGy.






Univerzitet Priština - Kos.Mitrovica
Medicinski fakultet

Predmet **Radiologija**



http://www.med.pr.ac/katedra/interna-medicina.php