

A large, white, multi-jointed robotic arm is the central focus of the image. It is positioned in a clinical or hospital room, with its end effector (a dark, rectangular component) hovering just above a patient table. The room has light-colored walls, a wooden floor, and a framed picture of flowers on the left wall. The lighting is bright and even.

# Teorijska pozadina radioterapije

Ibrahimović Amra

# Šta je radioterapija?

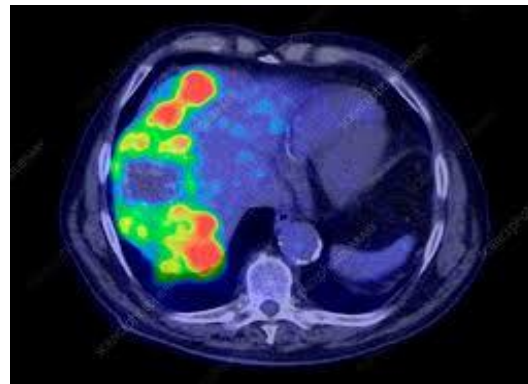
- ▶ Radioterapija je vrsta liječenja karcinomnih oboljenja ali mnogih drugih bolesti
- ▶ U radioterapiji se koristi energetski snop (fotona, hadrona i jona) da bi se ubile kancerogene ćelije.
- ▶ Terapija sa može vršiti sa:
  - ❖ Elektronima
  - ❖ Fotonima
  - ❖ Hadronima (protoni i neutroni)
  - ❖ Teškim jonima (npr. Karbonskim jonima)
- ▶ Vrste radioterapije:
  - ❖ Eksterna radioterapija
  - ❖ Brahiterapija
- ▶ Primjena radioterapije
  - ❖ U smislu izlječenja
  - ❖ U palijativne svrhe (tj. Ublažavanje bolova kod pacijenta, ne izlječenja)

# Kako se karcinom detektuje?

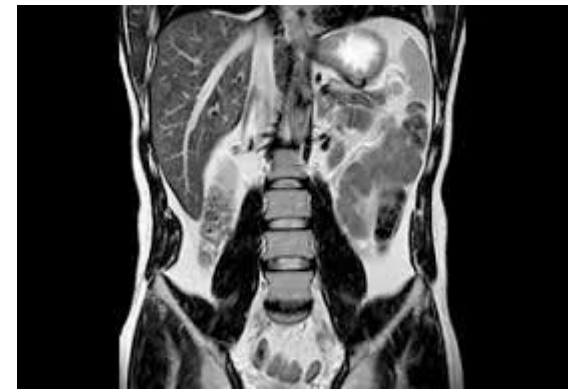
- ▶ Dijagnostičke pretrage se vrše na aparatima kao što su:
  - ❖ CT (Kopjuterizirana Tomografija)
  - ❖ PET (Pozitronska Emisiona Tomografija)
  - ❖ MRI (Slikanje Magnetnom Rezonancom)



CT slika (anatomska, dobivena x-zračenjem)



PET slika (metabolička, dobivena pomoću beta emitera)



MRI slika (anatomska, dobivena interakcijom sa magnetnim poljem)

# Veličine i mjerne jedinice u radioterapiji

- ▶ Energiju koju čestice ostavljaju u tijelu uzrokuju pojavu doze.
- ▶ Vrste doza:
  - ❖ Apsorbovana doza
  - ❖ Ekvivalentna doza
  - ❖ Efektivna doza

# Apsorbovana doza

- ▶ Definiše se kao uskladištena energija usljed jonizacije po jedinici mase. Mjerna jedinica je Gray.
- ▶ 1 Gy predstavlja 1 J/Kg

$$1 \text{ Gy} \longrightarrow 1 \frac{J}{kg}$$

# Ekvivalentna doza

- ▶ Definiše se kao apsorbovana doza pomnožena sa težinskim faktorom zračenja.
- ▶ Težinski faktor zračenja je procjenjen na osnovu količine štete koju pravi u našem tkivu.
- ▶ Mjerna jedinica je Sivert

Radiation type	Radiation weight factor
X-rays	1
$\gamma$ -zrake	1
Electrons and positrons	1
Neutrons	Energy dependence
Protons 2 MeV	2
$\alpha$ particles and heavy ions	20

$$H_T = D \times w_R$$

$H_T$  – ekvivalentna doza

$D$  – apsorbovana doza

$w_R$  – težinski faktor zračenja

# Efektivna doza

- ▶ Definiše se kao ekvivalentna doza pomnožena sa težinskim faktorom osjetljivosti za svaki organ i sumira se za cijelo tijelo.
- ▶ Najosjetljiviji organi su očne leće, ovarije i testisi.
- ▶ Predstavljena jednim brojem

$$E = \sum H_T \times w_T$$

E – efektivna doza

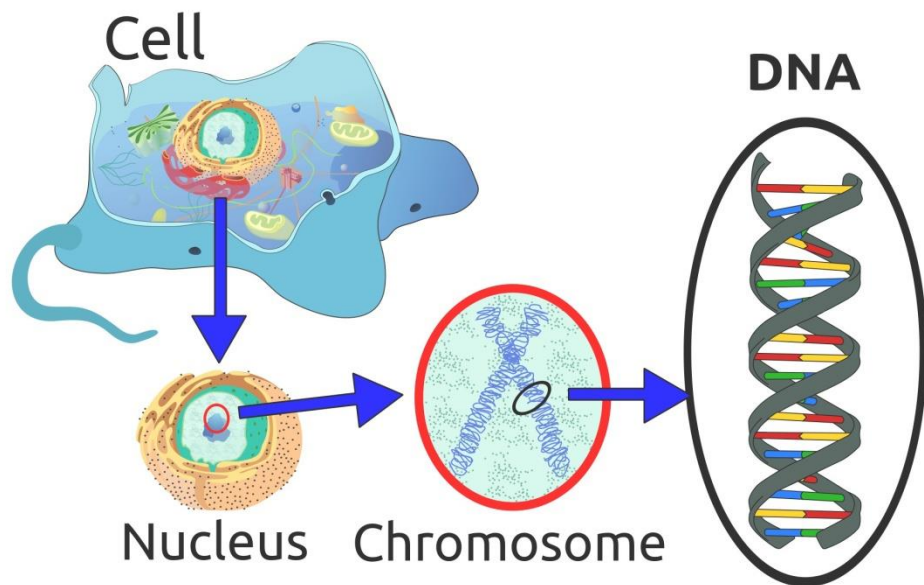
$H_T$  – ekvivalentna doza

$w_T$  – težinski faktor organa

Organs	Tissue weighting factors		
	ICRP30(I36) 1979	ICRP60(I3) 1990	ICRP103(I6) 2007
Gonads	0.25	0.20	0.08
Red Bone Marrow	0.12	0.12	0.12
Colon	-	0.12	0.12
Lung	0.12	0.12	0.12
Stomach	-	0.12	0.12
Breasts	0.15	0.05	0.12
Bladder	-	0.05	0.04
Liver	-	0.05	0.04
Oesophagus	-	0.05	0.04
Thyroid	0.03	0.05	0.04
Skin	-	0.01	0.01
Bone surface	0.03	0.01	0.01
Salivary glands	-	-	0.01
Brain	-	-	0.01
Remainder of body	0.30	0.05	0.12

# Radijacijska šteta

!!! Normalne zdrave ćelije posjeduju reparacioni mehanizam, dok kancerogene nemaju. Zbog toga se koristi frakcionisanje liječenje.



❖ Radijacijska šteta se manifestuje kroz oštećenje genetičkog materijala (*DNK*) u ćelijama organizma.

❖ Vrste oštećenja DNK:

1. Jednostruka
2. Dvostruka

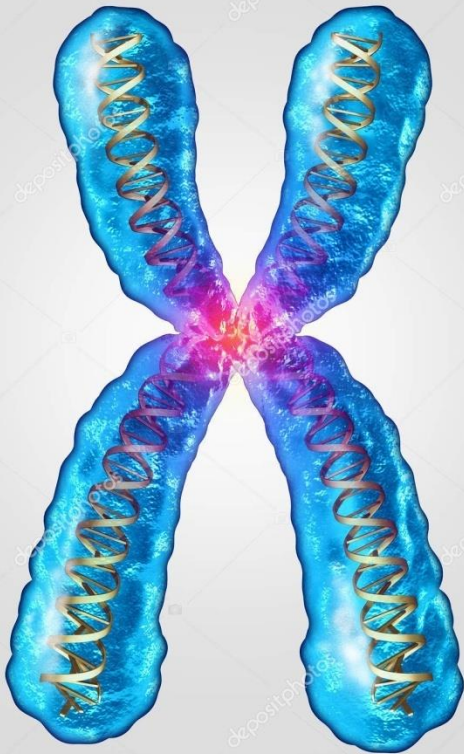
❖ Postoje tri moguća ishoda:

1. Nakon oštećenja ćelija se potpuno korektno reparira, te nastavlja normalno funkcionisati
2. Nepravilno se repara, nastavlja da živi sa mutacijama što u budućnosti može razviti sekundarni karcinom
3. Ćelijska smrt

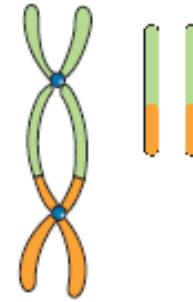


# Neke vrste muracija

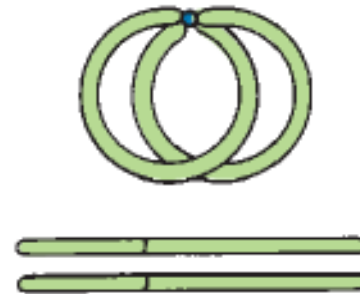
Normalni zdravi hromosom



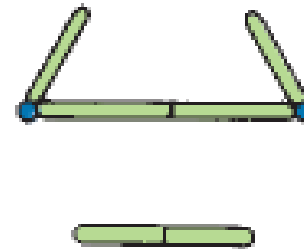
Dicentrični hromosomi

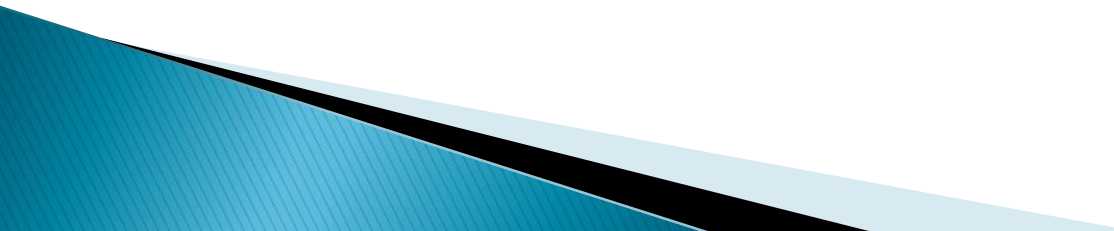


Ringovi i acentrični fragmenti

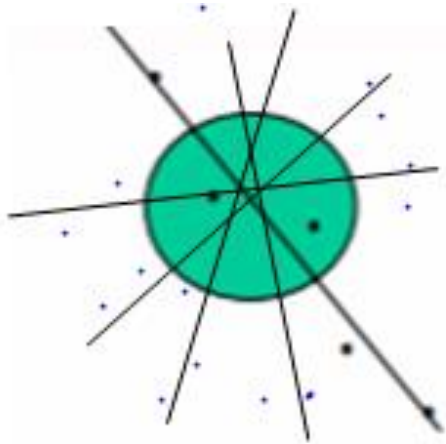


Anafazni mostovi i acentrični fragmenti



- ▶ Dva razloga zašto se ulaže u razvoj čestične radioterapije:
    1. Hadroni i čestice prekidaju **oba lanca DNK** čime se sprječavaju mutacije
    2. Imaju snagu da unište **radiorezistentne tumore**
- 

# RBE (Relativna biološka efikasnost)



Zračenje koje ima nizak prenos energije



Zračenje koje ima visok prenos energije

Zračenje koje ostavlja više energije po jedinici puta pravi više jonizacija na jednom regionu, a zračenje koje ostavlja malo energije po jedinici puta tj. Pravi manje jonizacija stvara veću štetu jer će jonizacije biti raširene izvan željenog regiona te tako više šteti organu/tkivu.

**RBE – Relativna biološka efikasnost** predstavlja poređenje količine štete u organizmu. Ovim faktorom se pokazuje kolika doza pravi istu štetu kao neko referentno zračenje(npr. X-zračenje ili Co60 gama zračenje)

# Fantomi

Fantomi se koriste u radioterapiji i dijagnostici kako bi se provjeravali parametri masine i snopa, jer fantomi simuliraju ljudsko tijelo.

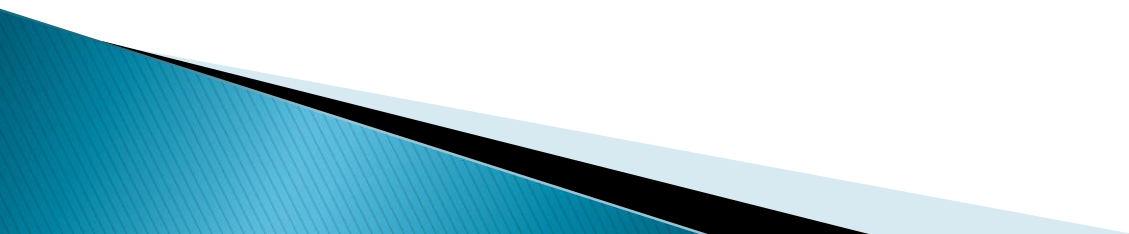


Fantom za CT od  
pleksiglasa



Vodeni radioterapijski  
fantom

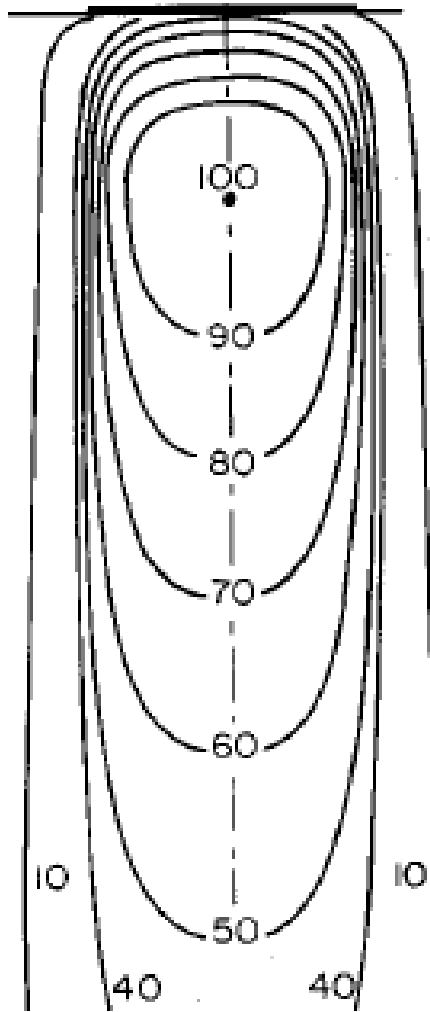
# Planiranje radioterapijskog tretmana



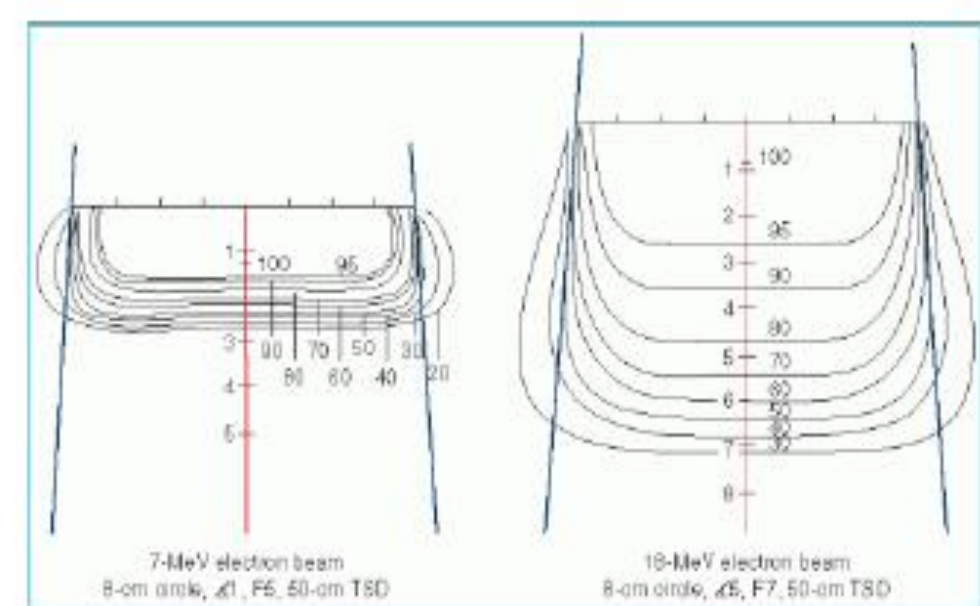
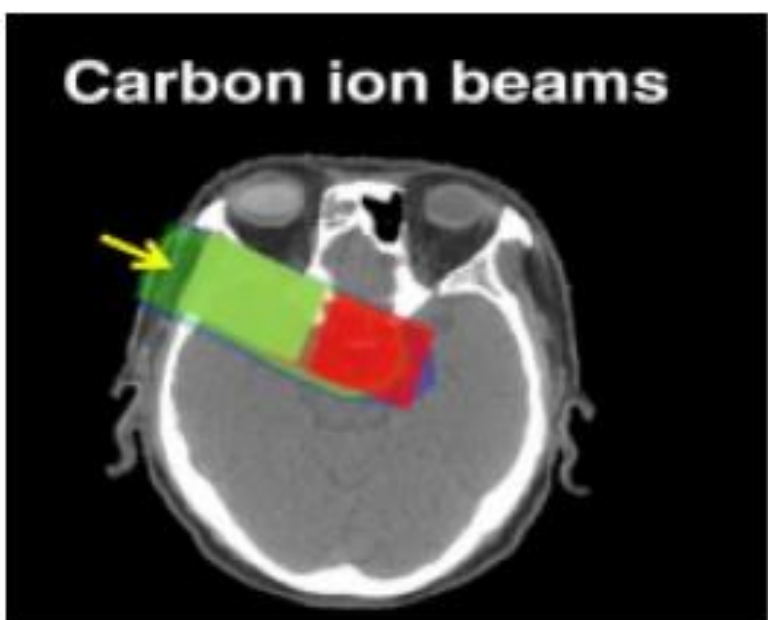
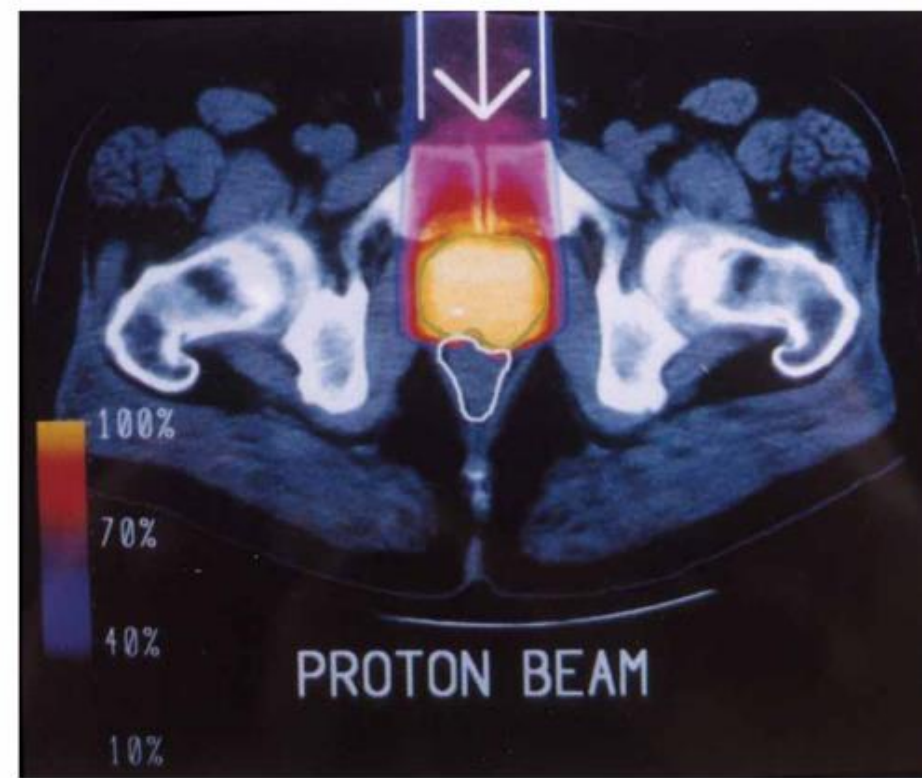
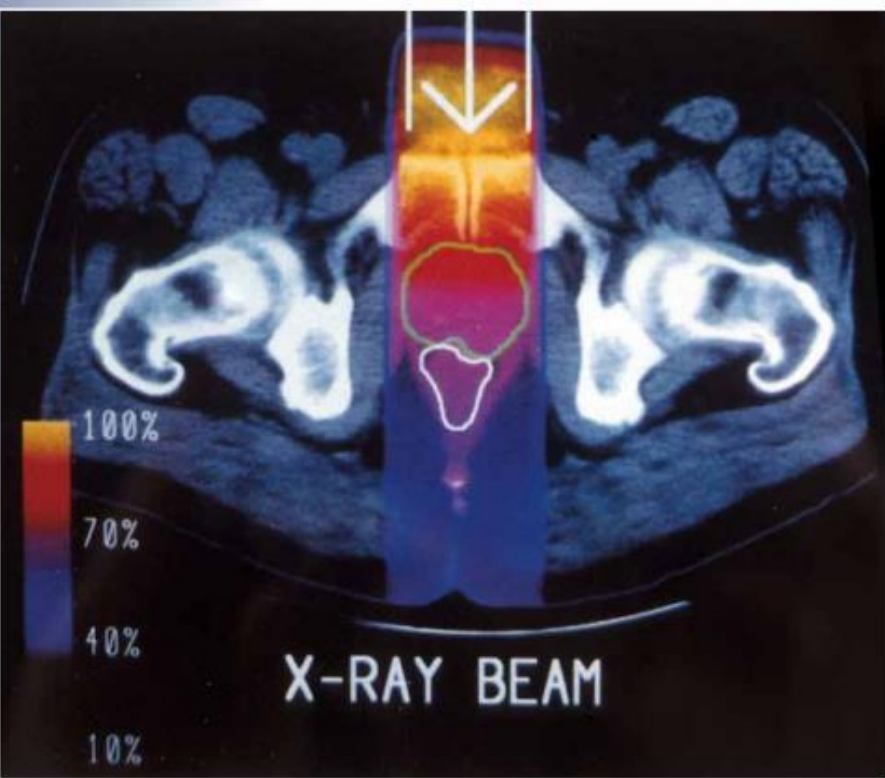
# Ključne riječi

- ▶ SSD–udaljenost od izvora do površine kože
- ▶ SAD–udaljenost od izvora do izocentra
- ▶ IZOCENTAR–centar tumora kroz koji prolazi osa rotacije aparata

# Distribucija doze po dubini



- ▶ Kako zračenje upada u pacijenta ono počinje da interaguje sa njim.
- ▶ Raspodjela doze po dubini u fantomu se mjeri detektorima zračenja.
- ▶ Distribucija doze po dubini sastoji se od familije krivih gdje svaka kriva predstavlja područje iste doze i najčešće je normalizovano na područje gdje se nalazi 100% doze ili gdje je maksimalna doza.
- ▶ Ta interakcija zavisi od nekoliko faktora i svi se moraju uzeti u obzir prilikom planiranja terapijskog tretmana:
  - ❖ Energija snopa
  - ❖ Dubina karcinoma
  - ❖ Veličina polja
  - ❖ Udaljenost od izvora
  - ❖ Kolimacije snopa
  - ❖ Oblik pacijenta
  - ❖ Prisutnost osjetljivih organa



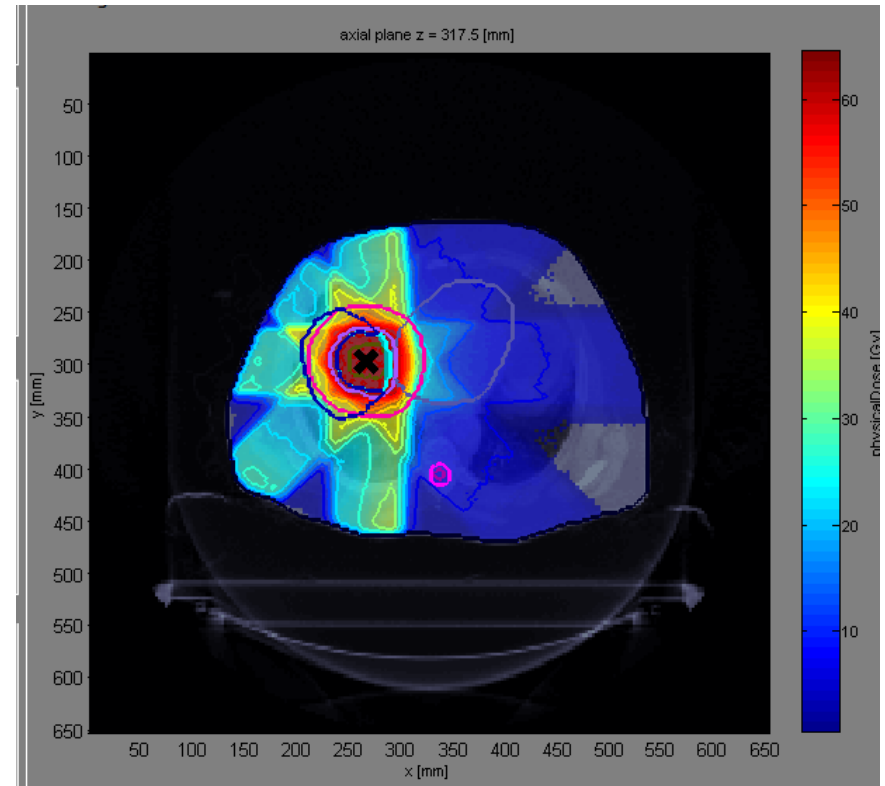


# Višestruka polja

Najvažniji cilj planiranja tretmana je dostavljanje najveće doze u tumor, a najmanje u okolno tkivo. To se najbolje postiže korištenjem više polja iz različitih uglova, nego iz jednog.

## Strategija:

- (a) Korištenje odgovarajuće veličine polja
- (b) povećanjem broja polja
- (c) odabirom odgovarajućih smjerova snopa
- (d) mjenjanjem doprinosa doze od pojedinih polja
- (e) korištenjem odgovarajuće energije snopa
- (f) upotrebom oblikovanja snopa prema obliku tumora

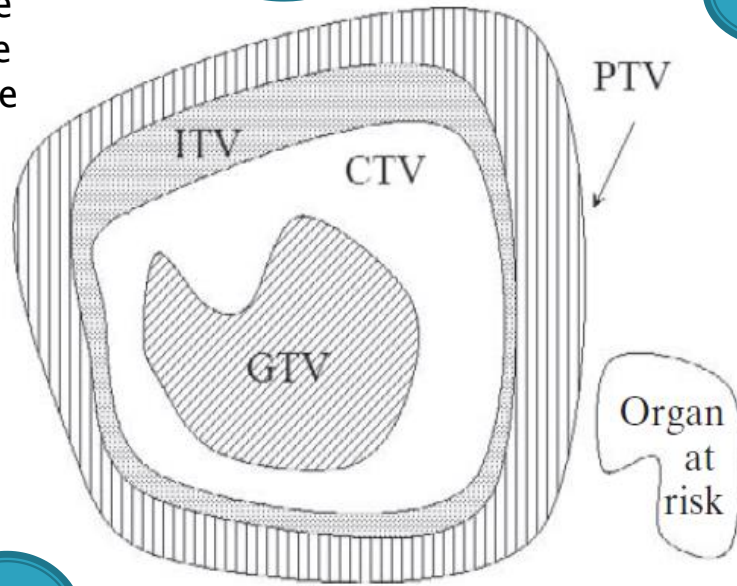


# Stacionarna i rotaciona radioterapija

- ▶ Razlika između stacionarne i rotacione terapije je što u rotacionoj terapiji tretmanski snop kontinuirano kruži oko pacijenta, a kod stacionarne zrači samo u određenim položajima.
- ▶ U obje vrste centar rotacije mašine je u tumoru unutar pacijenta i to mjesto se zove izocentar.

# VOI (volumen od interesa) i margine

GTV- gross tumor volume  
CTV- clinical target volume  
ITV- internal target volume  
PTV- planning target volume



GTV- je tačna  
lokacija tumora

CTV- dodatna  
margina sadrži  
primarni tumor i neki  
drugi organ oko  
njega kojeg je  
zahvatio tumor

ITV- dodatna margina  
koja uzima u obzir  
pomjeranje organa i  
promjene u veličini

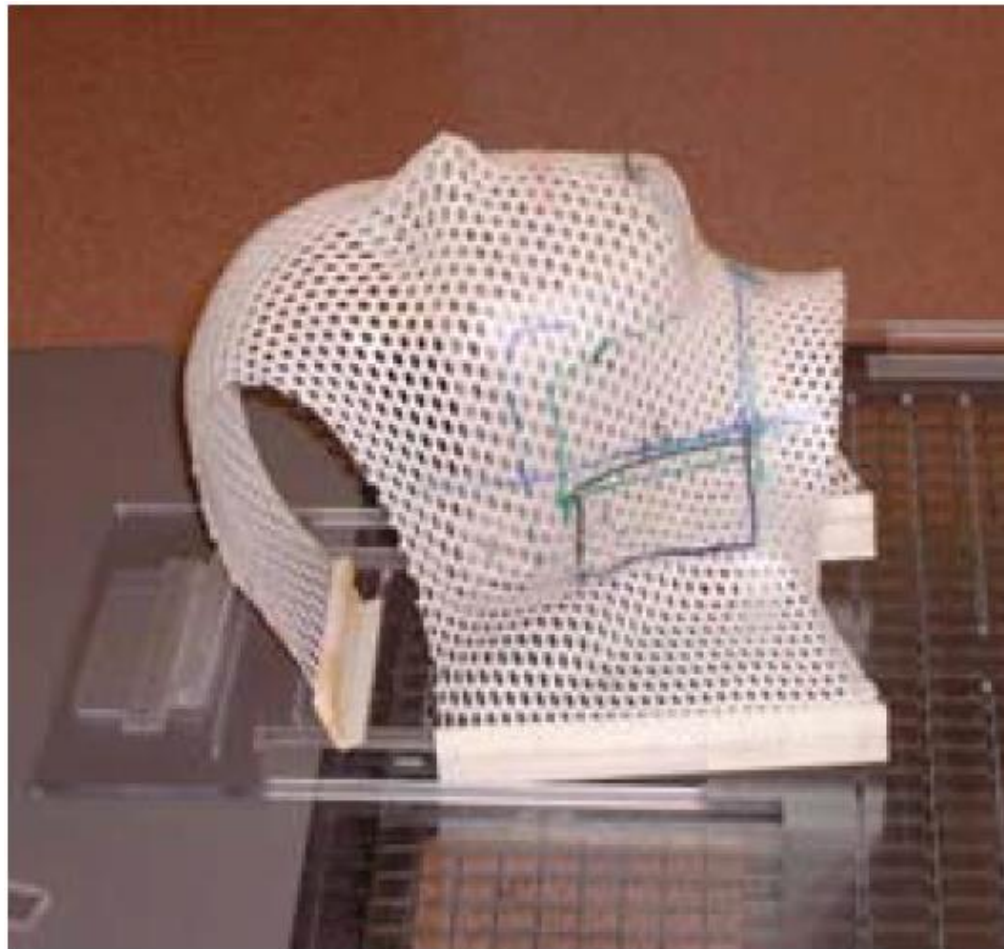
Organ at risk-  
prisutnost organa sa  
velikom osjetljivošću  
na zračenje

PTV- margina koja  
uzima u obzir  
pomjeranje  
pacijenta i  
nesavršenosti  
mašine i snopa

- ▶ Maksimalna doza u meti–najveća doza koju primi neki dio ciljanog volumena
- ▶ Minimalna doza u meti–najmanja doza koju primi ciljani volumen
- ▶ Srednja doza u meti–ukoliko imamo nekoliko područja sa različitim dozama onda tražimo srednju vrijednost tih doza

# Pozicioniranje pacijenta i imobilizacija

- ▶ Pozicioniranje i imobilizacija pacijenta zavisi od postavke tretmana i željene preciznosti.
- ▶ Imobilizacijski uređaji imaju dvije osnovne uloge:
  - ❖ Da imobiliziraju pacijenta u toku tretmana
  - ❖ Da se omogući najbolje očuvanje pozicije pacijenta od simulacije do tretmana ili između dva liječenja
- ▶ Neki imobilizacijski uređaji su maske, jastuci, kajševi, elastični pojasevi, vakumski uređaji



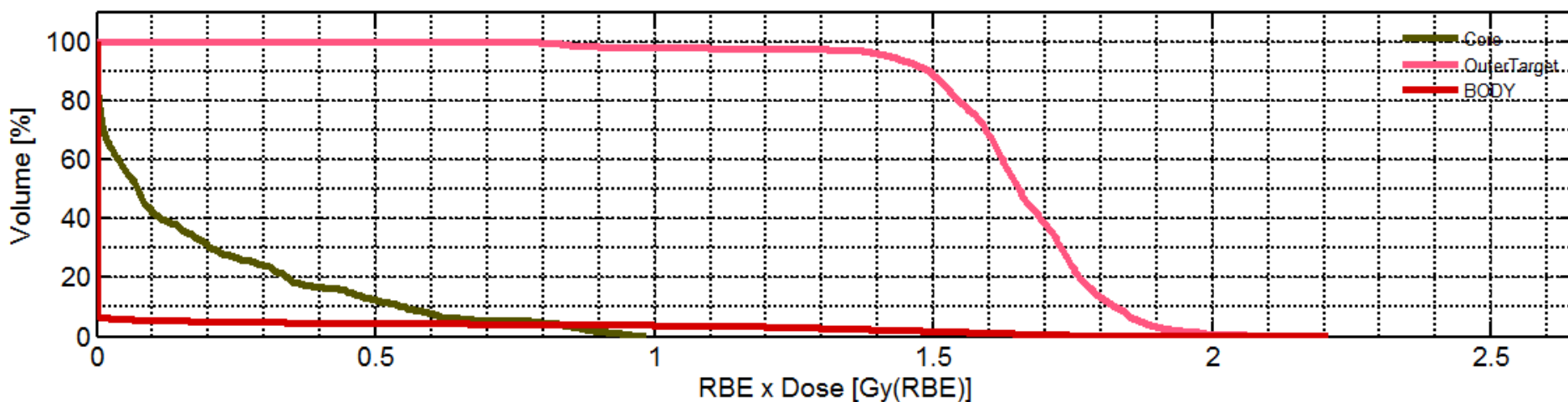
Imobilizacijska maska za glavu



Imobilizacijski jastuci

# DVH–dose volume histogram

- DVH pruža ne samo kvantitativne podatke s obzirom na to kolika se doza apsorbira u nekom volumenu, već i sumira cijelu raspodjelu doze u jednu krivu za svaku anatomsku strukturu od interesa.



	mean	std	max	min	D_2	D_5	D_50	D_95	D_98	V_0Gy	V_0.4Gy	V_0.8Gy	V_1.3Gy	V_...
Core	0.1815	0.2396	0.9866	2.0386e-09	0.8909	0.7849	0.0744	2.4933e-05	6.0723e-07	1	0.1682	0.0470	0	
OuterTarget	1.6449	0.1770	2.1789	0.7475	1.9408	1.8726	1.6533	1.4205	0.9187	1	1	0.9949	0.9722	
BODY	0.0640	0.2912	2.2101	0	1.4572	0.2364	0	0	0	1	0.0462	0.0405	0.0282	



# Moderne metode radioterapije

- ▶ **3D Konformalna radioterapija**–Pod trodimenzionalnom konformnom radioterapijom (3–D CRT) podrazumijevamo tretmane koji se temelje na trodimenzionalnim anatomskim informacijama i koriste lijekove koji se podudaraju što je više moguće s ciljanim volumenom kako bi se tumor dao odgovarajuću dozu i minimalnu moguća doza u normalno tkivo.
- ▶ **Radioterapija moduliranjem intenziteta**–Izraz zračenje modulirano intenzitetom (IMRT) odnosi se na tehniku zračenja u kojoj se pacijentu dovodi nejednak intenzitet zračenja iz bilo kojeg položaja liječenja radi optimizacije raspodjele doze.
- ▶ **Stereotaktna radiohirurgija**–Podrazumjeva dostavljanje kompletne doze jednom frakcijom u predjelu glave.
- ▶ **Stereotaktna radioterapija**–Podrazumjeva dostavljanje ove doze u frakcijama. Obje koriste vrlo tanke snopove zbog ekstremne preciznosti.
- ▶ **Slikom vođena radioterapija**–Može se definisati kao postupak radioterapije koja koristi slikovne metode u različitim fazama procesa: pribavljanje podataka o pacijentu, planiranje liječenja, simulacija liječenja, postavljanje pacijenta i lokalizacija pacijenta prije i za vrijeme liječenja.

**HVALA NA PAŽNJI !!!**