



# Zdravljenje raka in zgodovina radioterapije

Urban Simončič

# Zdravljenje raka

---

- Zdravljenje je usmerjeno v odstranitev rakavih celic ali njihovo uničenje v telesu z zdravili ali drugimi sredstvi.
- Najpogostejše vrste zdravljenja raka so:
  - Kirurško zdravljenje
  - Radioterapija
  - Citostatiki (kemoterapija)
  - Hormonska zdravila (hormonsko zdravljenje)
  - Biološka zdravila
    - Tarčno zdravljenje
    - Imunoterapija
- Pogosto se uporablja več kot en način.

**Lokalizirana terapija**

**Sistemska terapija**

# Kirurško zdravljenje

---

- Kirurgija: fizična odstranitev tumorja
  - Če je mogoče (lokaliziran tumor), običajno prva izbira
  - Morda ni mogoče, če se je rak razširil na druga področja telesa
  - Morda ne bo mogoče, če tumorja ni mogoče odstraniti brez poškodb vitalnih organov, kot so jetra ali možgani
- V Sloveniji je prek 60 % bolnikov z diagnozo raka kirurško zdravljenih.

# Radioterapija

---

- Uporaba ionizirajočega sevanja pri zdravljenju raka
- Sevanje deluje v interakciji z atomi in molekulami tumorskih celic in okolice ter povzroča ionizacije in vzbujanja, ki sčasoma ubijejo celice.
- Različne vrste sevalne terapije:
  - Notranji viri:
    - Brahiterapija (vsajeni viri)
    - Tarčna radioterapija (oralna ali intravenska injekcija)
  - Zunanji viri:
    - Naravni viri (npr. Co-60)
    - Umetni viri (npr. fotoni, elektroni, delci)
- V Sloveniji je dobrih 20 % bolnikov z diagnozo raka zdravljenih z radioterapijo.

# Sistemsko zdravljenje

---

- Zdravljenje z zdravili
  - **Citostatiki** delujejo na vse hitro deleče se celice, tako rakave kot normalne. Zaradi neselektivnosti citostatikov (ozek terapevtski indeks) je odmerjanje citostatikov strogo nadzorovano in načrtovano v okviru kliničnih raziskav.
  - **Hormonsko zdravljenje** deluje v smislu znižanja ravni spolnih hormonov ali preprečevanja vezave spolnih hormonov na hormonske receptorje. Uporablja se za zdravljenje hormonsko odvisnega raka dojk in za zdravljenje raka prostate.
  - **Tarčno zdravljenje** s tarčnimi zdravili deluje na določene tarče v rakasti celici, npr. na tvorjenje žilja v tumorju ali na rastne faktorje v tumorju.
  - **Imunoterapija** je pomembno napredovala z razvojem zdravil, ki spadajo v skupino zaviralcev kontrolnih točk imunskega odziva. Ta zdravila preprečijo rakavim celicam, da zavrejo delovanje imunskega sistema, in omogočijo imunski odziv limfocitov T in drugih imunskih celic proti rakavim celicam.
- V Sloveniji je skoraj 30 % bolnikov z diagnozo raka deležnih sistemskega zdravljenja.

# Namen radioterapije

- Metoda zdravljenja z uporabo ionizirajočega sevanja
  - Ionizirajoče sevanje ubija celice
  - Pomembna je **ionizacija** v tkivu, **ne dvig temperature**
- Uporablja se skoraj izključno za zdravljenje raka
  - Ozdravitev raka
  - Kombinacija z drugimi terapijami
  - Dodatek k drugi terapiji
  - Blaženje simptomov (paliativna terapija)



# Radioterapija v letih 1895-1920

---

- Začetek poskusov takoj po odkritju žarkov X, radioaktivnosti in radija
  - Izvajali so jih **zdravniki** v Franciji, Avstriji in ZDA
- Prva dokazana ozdravitev raka v letu 1899
- V tem času je radioterapija resnično tavalala v temi
  - O fizikalni plati ionizirajočega sevanja je bilo malo znano
  - Še manj je bilo znano o bioloških učinkih
  - Metod za izračun in meritve doze ni bilo
  - Oprema za obsevanje je bila zelo primitivna
- Z radioterapijo so le **redko uničili tumor**, praviloma je prihajalo do različnih komplikacij
  - Takrat si je radioterapija pridobila slab sloves

# Radioterapija v letih 1920-1940

---

- Konec dvajsetih let so definirali dozimetrično enoto (Roentgen)
  - **Začetki dozimetrije**
- Radioterapijo so začeli izvajati v **frakcijah**
  - To se počne še danes
  - Po splošno sprejeti razlagi so v ozadju radiobiološki razlogi
  - Kontraverzna razlaga – razpršitev napake pri obsevanju
- Radiobiologi so začeli raziskovati **povezavo med dozo in biološkim učinkom**
- Radioterapija je še vedno veljala za **paliativno metodo**, z malo ali brez uspeha pri zdravljenju
- Z uvedbo vakuumske katodne cevi z višjo energijo žarkov X je postalo zdravljenje površinskih tumorjev bolj uspešno
- Kmalu je postalo jasno, da so potrebne višje energije žarkov X za zdravljenje globoko ležečih tumorjev



# Radioterapija v letih 1940-1960

- **Kobalt 60**; produkcija v jedrskem reaktorju
- **Visokoenergijske** električne obsevalne naprave
- Višje energije fotonov so prinesle
  - **Manj reakcij kože** zaradi manjše doze na površini
  - Večjo dozo v **globoko** ležečih tumorjih
  - **Večjo natančnost** obsevanja
- Izračun doz s pomočjo **računalnikov** in bolj natančno planiranje
- **Kontrolirani klinični poskusi** so se začeli
  - Znanje o bioloških učinkih radioterapije



Kanadska poštna znamka radioterapija s Co-60

# Radioterapija v letih 1960-2000

---

- Prej razvite visokoenergijske obsevalne naprave in računalniško podprto planiranje so se znatno izpopolnile
  - V začetku so prevladovale obsevalne **naprave na kobalt**
  - **Elektronski pospeševalniki** so jih (v razvitem svetu) v zadnjih desetletjih povsem izpodrinili
- Iz dobro kontroliranih kliničnih študij se je nabralo precej **izkušenj z radioterapijo**
- Razumevanje mehanizmov bioloških učinkov sevanja je precej napredovalo
- Razvoj **3D konformne** radioterapije (osemdeseta leta)
- Razvoj **intenzitetno modulirane** radioterapije (devetdeseta leta)

# Radioterapija po letu 2000

---

- **Slikovno vodenje** radioterapije
  - Natančno pozicioniranje pacienta
  - Spremljanje rasti/regresije tumorjev in adaptacija plana med frakcijami
  - Nadzor gibanja med obsevanjem
- Vodenje terapije z **biološkim slikanjem**
  - Bolniku prilagojena terapija
- Radioterapija s **protoni** in **težjimi ioni**
  - Zmanjšanje doze v zdravem tkivu