

Viri sevanja v medicini

Uroš Čotar, univ. dipl. fiz.,
odgovorna oseba za varstvo pred sevanji
Onkološki Inštitut, Ljubljana

Vsebina

- Definicija
- Uporaba
- Viri na oddelkih:
 - NM
 - RTG
 - BRT
 - TRT
 - EVPIS
 - BIO
- Zaščita pred sevanjem

Definicija

- Odprti viri (open sources): možna je kontaminacija (razlitje, razsutje, ingestija, inhalacija).
 - Sem spadajo tudi raztopine v steklenih in plastičnih posodah.
 - Lamelle na kobaltovem obsevalnem aparatu (DU)
- Zaprti viri (sealed sources): kontaminacija ni možna. Ščit je dovolj močan.
 - Radioaktivni viri
 - Naprave s pospeševalno cevjo

Uporaba

- Diagnostika
- Terapija
- Interne kalibracije, preizkušanje naprav
- Raziskovalna dejavnost

Odprti viri (open sources)

- Oddelek nuklearne medicine
 - Diagnostika: Tc-99m, I-123, I-131, In-111, Ga-67, F-18
 - Terapija: I-131, Sr-89, Sm-153 in Y-90

Odprti viri - diagnostika (1)

- Priprava radiofarmaka: vroči laboratorij
- Radiofarmak se aplicira bolniku in porazdeli po telesu
- Slikanje s kopičenjem radioizotopa v posameznih organih (limfni sistem, ščitnica, kosti...)

Odprti viri - diagnostika (2)

- Najpogostejši izotopi : Tc-99m, I-131, F-18
- Kratki razpolovni časi : nekaj ur do nekaj dni
- Aktivnosti do 1100 MBq: ambulantna obdelava bolnika
- po slikanju na γ kamerah gre bolnik lahko domov

Odprti viri - terapija

- Oralno v obliki kapsul ali v tekoči obliki (primer: I-131 pri karcinomu ščitnice)
- Aktivnosti: do 7.4 GBq
- Bolnik je hospitaliziran 3 dni na BRT oddelku (jodove sobe)
- Aktivnost pada zaradi razpada izotopa in izločanja (fizikalni in biološki razpolovni čas)
- Zakonska omejitev za odpust: 800 MBq preostale aktivnosti (50 μ Sv/h na razdalji 1m)

Razpolovni časi

Tc-99m	6h	Co-57	270 dni
I-123	13 h	Ge-68	270 dni
I-131	8 dni	Cs-137	30 let
Ga-67	3.3 dni	Ba-133	10.5 let
Sr-89	50.6 dni	Sr-90	29 let
Sm-153	46.7 h	Ir-192	74 dni
F-18	< 2h	Na-22	2.6 let

Dozimetrija

- Obvezna uporaba TL dozimetra (mesečni odčitki)
- Uporaba ročnih in prstnih dozimetrov za določitev ekvivalentne doze na ekstremitete
- Uporaba elektronskega dozimetra z nastavljenim alarmom predvsem za opozarjanje na visoko dozno hitrost

PET-CT



Ekstremiteti

- efektivna mesečna doza 2,3 mSv – april 2008
- ekvivalentna mesečna doza na roke 22 mSv – februar 2010
- efektivna mesečna doza 3.8 mSv – maj 2011 (nenamerno obsevanje dozimetra?)
- ekvivalentna mesečna doza na roke 42 mSv – september 2012 (nenamerno obsevanje dozimetra?)

Primeri zaščite



Odprti viri – radioaktivni odpadki

- Odprti viri v medicini so kratkoživi – razpolovni čas je krajši od 8 dni (za I-131)
- Najbolj problematičen odpadki predstavljajo:
 - uporabljen radiofarmak
 - injekcijske igle
 - Tc-99m generatorji
- Shranjevanje v posebnih sodčkih, v skladišču radioaktivnega materiala
- V vrečah se hranijo smeti in perilo z BRT oddelka iz "jodovih sob"
- Iznos: najprej pregled pooblaščen inštitucije, nato opustitev nadzora ali v CS RAO

Radioaktivni odpadki – skladiščenje



Radioaktivni odpadki - tekoči



- Hranjenje minimalno 2 meseca
- Odvzem vzorcev in merjenje specifične aktivnosti (zakonsko določilo UV1, tabela 3)
- Izpust

Zaprti viri (sealed sources)

- Diagnostika:
 - rentgen, CT, mamograf, prečni rentgen, mamotom
- Terapija
 - linearni pospeševalnik - Linac
 - terapevtski rentgen (Gulmay)
 - radioizotopi: Ir-192 in Sr-90 (BRT), Co-60 (TRT odstranjen avgusta 2010)
- Interne kalibracije in preizkušanje naprav (NM):
 - γ kamere: Co-57, Cs-137, Ba-133, Gd-153
 - PET/CT: Na-22, Ge-68
- Raziskave:
 - Rentgen: Gulmay Darpac 2000

Značilnosti virov s pospeševalno cevjo

- Sami po sebi **ne sevajo** (v prostoru **ni sevanja, ko je aparat izključen**)!
- Dostop je možen tudi za nesevalne delavce
- Ni kontaminacije
- Ni radioaktivnih odpadkov
- Toda: RTG napravo in cev je potrebno strokovno uničiti
- **UZ, gama kamera** in aparat **MRI niso** viri sevanj

Hitrosti doze ob virih

- Primarni snop
- na razdalji 1m: 10 $\mu\text{Gy/mAs}$ (40 kV) – 200 $\mu\text{Gy/mAs}$ (150 kV)
- CT, mamograf: nekaj 10 mGy/h
- Ob pacientu 10 mSv/h
- Komandni pult: < 1 $\mu\text{Sv/h}$
- Mesečna doza: nekaj μSv , dodatna zaščita ni potrebna

Meritve na aparatih – oktober 2011

Aparat	Merilno mesto	Doza [μSv]
Selenia	zunaj	39
	znotraj	788
	RTG	37427
DiDi	zunaj	20
	znotraj	198
	RTG	662
DORA - ME1	zunaj	45
	znotraj	785
	RTG	9430
Mamotom	zunaj	34
	znotraj	37
	RTG	36
CT	zunaj	44
	Znotraj	719
	RTG	635

OVID mamografija

- HD = 0.5 – 1.5 $\mu\text{Sv/h}$ na stikalnem mestu
- 3000-3600 ekspozicij/mesec
- E < 0.01 mSv/mesec
- E ~ 0.1 mSv/leto

OVID vakuumška biopsija

- HD = 0.5 – 1.5 $\mu\text{Sv/h}$ na stikalnem mestu
- 40-50 biopsij/mesec, 500/leto, 10 ekspozicij na biopsijo
- E < 0.01 mSv/leto

OVID stacionarni RTG

- max 50 ekspozicij/dan
- E < 1 $\mu\text{Sv/mesec}$
- E ~ nekaj 10 $\mu\text{Sv/leto}$

OVID premični RTG aparat

- HD = 0.5 – 1.5 $\mu\text{Sv/h}$ na stikalnem mestu
- max 100 ekspozicij/mesec
- E < 0.1 $\mu\text{Sv/slikanje}$
- E = nekaj $\mu\text{Sv/mesec}$
- E < 0.05 mSv/leto

OVID CT

- 20 posegov/dan
- $E < 10 \mu\text{Sv}/\text{mesec}$
- $E \sim 100 \mu\text{Sv}/\text{leto}$

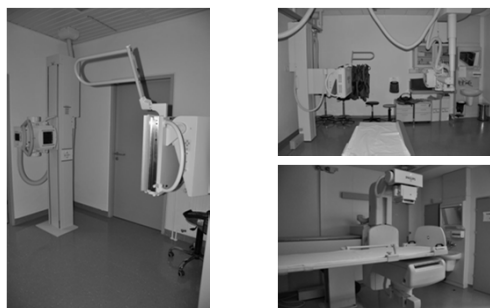
OVID DORA

- $HD < 2 \mu\text{Sv}/\text{h}$ na stikalnem mestu
- 160 ekspozicij/dan
- $E \sim \text{nekaj } \mu\text{Sv}/\text{mesec}$

Dozimetrija

- Obvezna uporaba TL dozimetra (mesečni odčitki)
- Uporaba elektronskega dozimetra ni potrebna
- Možna je ocena doze iz meritev delovnega mesta

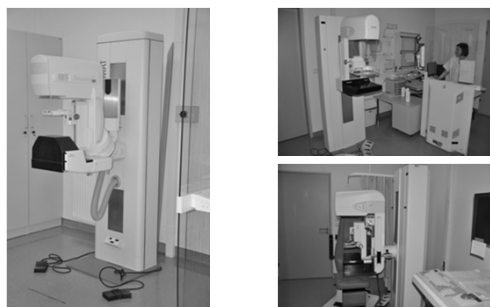
Stacionarni rentgenski aparati



CT – računalniška tomografija



Mamografija



Vakuumska biopsija



Premični aparati



Brahiradioterapija (BRT)

- Brahiradioterapija (BRT) = zdravljenje z radioaktivnimi viri na telesu ali v telesu
- Izotopi: Sr-90 (β sevalec), Ir-192 za PDR in HDR (γ sevalec)
- Aktivnosti:
 - Sr-90 do 1GBq,
 - Ir-192 do 400 GBq

Način vstavljanja

- Ročno: Sr-90
- Naknadno: vir Ir-192 vstavijo naknadno (after-load) poseg je računalniško krmiljen

Napravi za PDR in HDR



Sevalna obremenitev delavcev na brahiterapiji in nuklearni medicini

Brahiterapija:

- srednje sestre:
 - 1997: 5.8 do 10.6 mSv
 - 2004: do 2.5 mSv
 - 2007: do 1.3 mSv
 - 2010: < 1 mSv
- višje sestre:
 - 1997: 2.0 do 4.0 mSv
 - 2004: 0.6 do 1.1 mSv
 - 2007: do 1.1 mSv
 - 2010: < 1 mSv

Izotopni laboratorij:

- priprava radiofarmaka:
 - 1997: 3.4 mSv
 - 2004: 1.0 mSv
 - 2007: 0.9 mSv
 - 2010: 1 mSv
- aplikacija radiofarmaka:
 - 1997: do 11.3 mSv
 - 2004: do 2.6 mSv
 - 2007: do 2.5 mSv
 - 2010: 5 mSv
 - 2013: 6.5 mSv

Teleterapija

- Zdravljenje z obsevanjem na daljavo
- Teleradioterapevtska naprava = zaprt terapevtski vir sevanja, ki ni vstavljen v telo bolnika
- Hitrosti doze v primarnem snopu: 1-2 Gy/min
- Oprema na Onkološkem inštitutu
 - 8 Linacov
 - 1 300kV RTG (Gulmay)
 - 3 simulatorji
 - (teleterapevtski vir s Co-60 Theratron - odstranjen avgusta 2010)

Značilnosti TRT naprav

- Zelo visoke hitrosti doze; smrtna doza (5 do 10 Gy) v nekaj minutah
- Potreba po dobri zaščiti prostorov (zunaj nad pospeševalniki še vedno 2 mSv/h)
- Osebjla med terapevtskim posegom ni v obsevalnem prostoru

Linearni pospeševalniki - Linaci

- so naprave, ki proizvajajo visokoenergijske fotone ali elektrone
- Energije : 4-18 MeV za elektrone in 6-15 MV za fotone (Onkološki Inštitut)
- Možne energije do 25 MeV
- Hitrost doze v primarnem snopu: poljubno prilagajamo, ponavadi 1-2 Gy/min

Obsevanje z visokoenergijskimi fotoni

- Velika prodornost
- Build-up efekt
- Osebna zaščita ni smiselna
- Dobra zaščita prostora (tudi pred nevtroni) za energije nad 10 MeV

Linearni pospeševalnik Varian



- Aparati 4, 6 in 8 so visokoenergijski (15 MV fotoni)
- Aparata 1 in 2 sta nizkoenergijska (6 MV fotoni)

Linearni pospeševalnik ELEKTA Sinergy

- Energije fotonov:
 - 6 MV
 - 15 MV
- Energije elektronov:
 - 6, 9, 12, 15 in 18 MeV



Varian Novalis TX



Obsevalnik Theratron - Co-60



Kalibrirani zaprti viri za interne kalibracije



Kalibrirani zaprti viri za interne kalibracije



Raziskovalna dejavnost

- Obsevanje celičnih in tkivnih vzorcev ter poskusnih živali
- RTG aparat Gulmay Darpac 2000 (220 kV)
- Hitrost doze:
 - v primarnem snopu: 2.2 Gy/min
 - nadzorni pult: $< 1 \mu\text{Sv/h}$
- Mesečne doze: nekaj μSv
- Dodatna zaščita ni potrebna
- Nadzor ni tako strog kot pri medicinskih posegih

Gulmay Darpac 2000



3 načini ščitenja pred sevanjem

- Čas
- Razdalja
- Ščit

Zaščita pred sevanjem

- RTG: zaščitno **Pb steklo** ali tanka stena
- γ : zaščitna obleka **ne pomaga** (ščiti nas samo pred **kontaminacijo**), Pb plašč je primeren samo za Tc-99m, za ostale vire pa ne, zato zmanjšamo čas zadrževanja na minimum in povečamo razdaljo do vira na maksimum
- β : nekaj **mm plastike**
- Linac: **1 m betona**

Hvala lepa za pozornost!

Vprašanja?

