

ZVD d.o.o.

Laboratorij za dozimetrijo

Onkološki inštitut

Sektor radioterapije

Oznaka dokumenta:	LDOZ-PRT/2014-UZ
Revizija:	1
Datum:	18.07.14
Datum prejšnje revizije:	14.11.08

Protokol preverjanja tehnične kakovosti linearnih pospeševalnikov za obsevanje v radioterapiji

Dokument izdelali:	Datum in podpis:
Vodja oddelka za radiofiziko OI asist. Božidar CASAR, univ.dipl.fiz.	
Vodja laboratorija za dozimetrijo ZVD mag. Urban Zdešar, univ.dipl.fiz.	
Dokument odobrili:	Datum in podpis:
Vodja sektorja radioterapije OI doc. dr. Irena Oblak, dr. med.	
Vodja Centra za fizikalne meritve ZVD dr. Gregor Omahen, univ.dipl.fiz.	

Kazalo

1. Uvod.....	3
2. Opis meritev.....	5
2.1. Dozimetrični testi za fotone (DF).....	5
2.1.1. Dozimetrična oprema.....	5
2.1.2. Določitev absorbirane doze v vodi	5
2.1.3. Testi.....	7
2.2. Dozimetrični testi za elektrone (DE).....	10
2.2.1. Dozimetrična oprema.....	10
2.2.2. Določitev absorbirane doze v vodi	10
2.2.3. Testi.....	12
2.3. Mehanski testi (M).....	14
2.4. Preverjanje načrtovanja obsevanja.....	19

1. Uvod

Radioterapija je zdravljenje bolezni z ionizirajočim sevanjem, bodisi samostojno bodisi v kombinaciji z drugimi načini zdravljenja (kirurgijo, kemoterapijo). Gre za lokalni način zdravljenja, saj je učinek omejen na mesto absorpcije ionizirajočega sevanja.

Za ustrezen učinek zdravljenja mora tumorski (klinični) volumen prejeti čim večjo dozo sevanja, medtem ko mora biti doza na ostala tkiva in organe kar se da nizka. Zato mora biti obsevanje v radioterapiji načrtovano za vsakega pacienta posebej. Že napake v dozi velikosti nekaj procentov povzročijo, da je zdravljenje neuspešno – če tumor prejme premajhno dozo nismo uspešno ustavili njegovega razvoja, na drugi strani pa se lahko pri previsoki dozi pojavijo težave zapleti pri obsevanih zdravih tkivih.

V procesu radioterapije je vrsta korakov, zato je potreben skrben nadzor vsakega od njih. Ker lahko že razmeroma majhne napake pomembno vplivajo na končni izid zdravljenja, ima zagotavljanje in preverjanje kakovosti v radioterapiji precej daljšo tradicijo, kot v drugih vejah uporabe sevanja v medicini.

Sektor radioterapije Onkološkega inštituta v Ljubljani je trenutno edina zdravstvena ustanova v Sloveniji, ki izvaja radioterapijo. Za zagotavljanje kakovosti ima vzpostavljen in izvaja svoj sistem kakovosti. Za nadzor tehnične kakovosti radiološke opreme je zadolžen oddelek za radiofiziko oziroma pooblaščen izvedenec medicinske fizike. Poleg tega *Pravilnik o uporabi virov sevanja in sevalni dejavnosti (Uradni list RS, št. 27/2006)* v nekaterih členih predvideva še neodvisen nadzor in sicer:

- v 48. členu (dozimetrična umeritev radioterapevtskih naprav)
 - (1) *Pred klinično uporabo radioterapevtskih naprav mora pooblaščen izvedenec medicinske fizike izvesti dozimetrično umeritev za vse vrste in energije sevanja, ki jih naprava proizvaja oziroma se bodo klinično uporabljale, preveriti pa jo mora še en neodvisni izvedenec medicinske fizike.*
- v 92. členu (programi zagotavljanja kakovosti v medicini)
 - (3) *Program preverjanja kakovosti oziroma postopke in rezultate testov mora vsaj enkrat letno preveriti neodvisni izvedenec medicinske fizike.*

Izhodišča za neodvisno preverjanje tehnične kakovosti v radioterapiji so nastala na pobudo Uprave Republike Slovenije za varstvo pred sevanji in so bila objavljena v poročilu LDOZ-194/2008-UZ. S tem smo v celoti zagotovili izpolnjevanje zakonodaje s področja varstva pacientov pred sevanji. Protokol je nadgradnja osnovnih izhodišč iz leta 2008 in je del programa zagotavljanja kakovosti sektorja radioterapije. Protokol vsebuje naslednje sklope:

- dozimetrično preverjanje, ki vključujejo vsa fotonska in elektronska sevalna polja, ki se uporabljajo na posameznem pospeševalniku (testi **DF** in **DE**),
- mehansko preverjanje, ki vključuje tako preverjanje geometrijskih lastnosti sevalnih snopov, kot tudi mehanske in druge teste (testi **M**) in

- preverjanje načrtovanja radioterapije prek merjenja doze pri nereferenčnih poljih oziroma v nereferenčnih točkah (testi **P**)

Preverjanje dozimetrične umeritve (absolutna dozimetrija) obsevalnih naprav je najpomembnejši sklop, zato so vse meritve v celoti neodvisne od uporabnika. Neodvisni izvedenec medicinske fizike mora torej uporabiti **svojo merilno in drugo opremo, ki je potrebna za meritve**. Zlasti to velja za merilnike doze (elektrometer in ionizacijske celice), ki morajo biti tudi umerjeni neodvisno od uporabnika. Poleg tega se uporablja tudi poseben vodni fantom za obsevanje, saj je s fantomom povezana nastavitev merilnih celic v sevalnem snopu. Z uporabo fantoma, ki ga uporablja tudi uporabnik, bi se morebitna napaka pri nastavljanju oziroma premikanju prenesla tudi v neodvisno preverjanje in tako ostala neopažena.

Pri drugih testih pa gre za enostavnejša preverjanja večinoma s pasivno opremo, ki ne zahteva umeritev (fantomi, različna merila...) zato se ti testi lahko izvedejo tudi z opremo uporabnika in to ne vpliva bistveno na neodvisnost testa.

Poleg dozimetričnih in mehanskih testov je v preverjanje vključen tudi sistema za načrtovanje obsevanja. Preverjanja tako vključujejo meritve doze pri nekaterih nereferenčnih poljih oziroma v nereferenčnih točkah v vodnem in v antropomorfnem fantomu. Preverjanje se izvede tako, da se dogovorimo za set polj oziroma merilnih točk, oddelek radiofizike Onkološkega inštituta naredi načrt obsevanja, z meritvijo pa se potem preveri ujemanje načrtovane doze z izmerjeno.

2. Opis meritev

2.1. Dozimetrični testi za fotone (DF)

Dozimetrične meritve za fotonska polja so usklajene z dokumentom Mednarodne agencije za atomsko energijo IAEA TRS-398: *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water*.

2.1.1. Dozimetrična oprema

Ionizacijske celice

Za referenčno dozimetrijo uporabljamo vodotesne valjaste ionizacijske celice Farmerjevega tipa. V primeru, da nimamo vodotesne celice lahko uporabljamo vodotesno cevasto zaščito iz pleksi stekla (»waterproof sleeve«). Debelina zaščite naj ne bi bila večja kot 1 mm.

Dozimetrični fantom

Za absolutno kalibracijo uporabljamo vodni fantom. Horizontalne dimenzije fantoma morajo biti take, da so stene fantoma vsaj 5 cm oddaljene od kateregakoli roba polja, ki ga uporabljamo. V navpični smeri mora biti dno fantoma oddaljeno najmanj 5 cm od največje globine, v kateri merimo.

2.1.2. Določitev absorbirane doze v vodi

Formalizem

Absorbirana doza v vodi je podana z:

$$D_{w,Q} = M_Q N_{D,w,Q_0} k_{Q,Q_0}$$

$$M_Q = M \cdot k_{T,p}$$

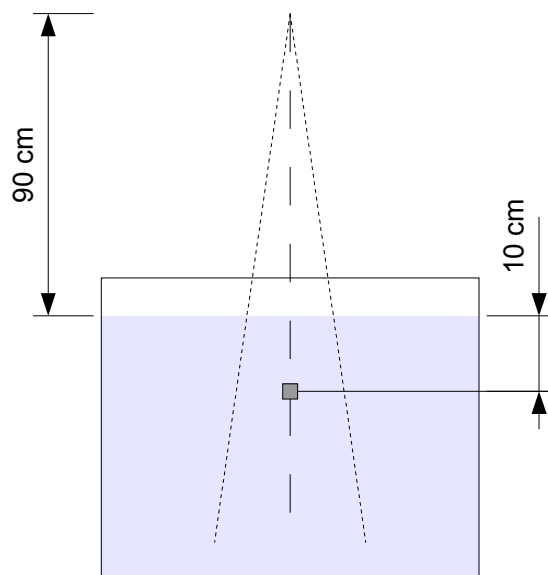
$$k_{T,p} = \frac{p_0(273,15 + T)}{p(273,15 + T_0)}$$

kjer je:

D_{w,Q_0}	absorbirana doza v vodi na mestu centra celice, ko celico odstranimo
M_Q	korigiran odčitek zbranega naboja s fotonskim snopom kvalitete Q
N_{D,w,Q_0}	kalibracijski faktor celice kalibrirane v fotonskem snopu kvalitete Q_0
k_{Q,Q_0}	korekcijski faktor za fotonski snop kvalitete Q, ki je različna od Q_0
M	nekorigiran odčitek zbranega naboja
$k_{T,p}$	korekcijski faktor za gostoto zraka v ionizacijski celici
p_0	referenčna vrednost za tlak (1013.25 hPa)
T_0	referenčna vrednost za temperaturo (običajno 20°C)
p	absolutna vrednost tlaka v času meritve
T	temperatura v času meritve

Nastavitev

SSD = 90 cm; globina $d_{\text{ref}} = 10$ cm, referenčna točka celice je na njeni osi v centru aktivnega volumna celice; velikost polja $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Referenčna točka celice mora biti v referenčni globini. Shema nastavitve ionizacijske celice v vodnem fantomu je na sliki 1, fotografija pa na sliki 2.



Slika 1: Shema nastavitve ionizacijske celice v vodnem fantomu za meritve v fotonskih poljih



Slika 2: Namestitev ionizacijske celice za merjenje fotonskih sevalnih snopov s pomočjo laserjev

2.1.3. Testi

Vsi v nadaljevanju navedeni dozimetrični testi se izvedejo za vse kvalitete (energije) fotonских snopov (žarkov), ki se klinično uporabljajo pri posameznem linearnem pospeševalniku.

DF1 Absolutni output - kalibracija

Namen testa:

S tem testom preverjamo natančnost absolutne kalibracije za fotone visokih energij.

Izvedba testa:

Preverjanje absolutne kalibracije sledi dozimetričnemu protokolu Mednarodne agencije za atomsko energijo »IAEA TRS-398«.

Dopustno odstopanje:

$\pm 2 \%$ glede na kalibracijsko vrednost

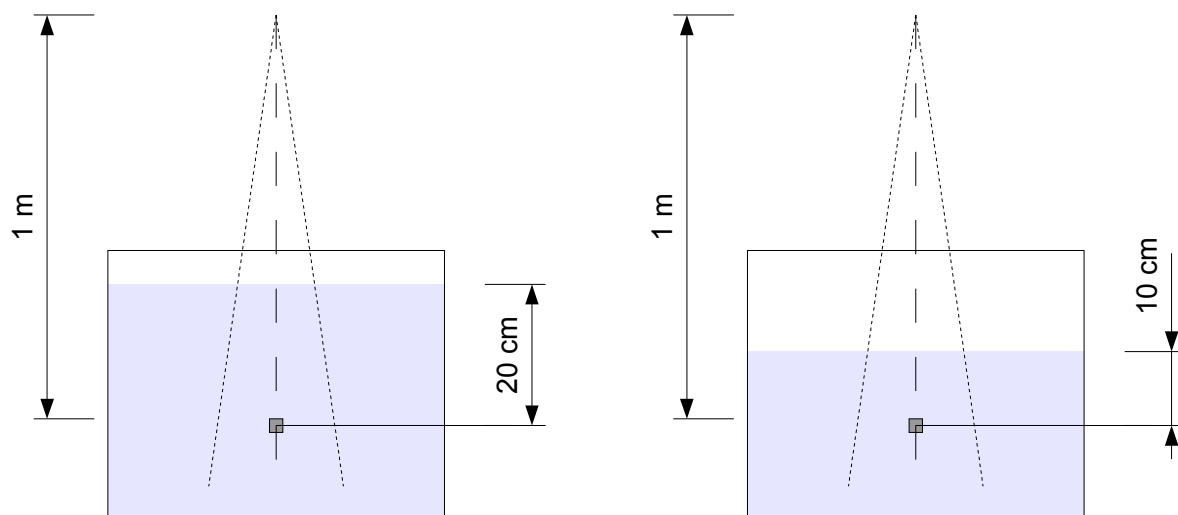
DF2 Energije fotonских žarkov

Namen testa:

Z meritvijo prodornosti žarkov preverjamo stabilnost energijskega fotonskega spektra.

Izvedba testa:

Izvedemo meritve absorbirane doze v vodnem fantomu pri velikosti obsevalnega polja $10 \times 10 \text{ cm}^2$ v globinah 10 cm in 20 cm tako, da je SCD (razdalja od izvora do ionizacijske celice) vedno 100 cm (skica meritve je na sliki 3). Za globino 10 cm je SSD = 90 cm, za globino 20 cm pa je SSD = 80 cm. Izračunamo razmerje med obema meritvama - $\text{TPR}_{20,10}$ (»tissue phantom ratio«), s katerim je specifikirana kakovost fotonских žarkov.



Slika 3: Shematičen prikaz meritve $\text{TPR}_{20,10}$ v referenčnem polju

Dopustno odstopanje:

$\pm 2 \%$ glede na pričakovani (nominalni) $\text{TPR}_{20,10}$, ki se uporablja za klinično delo.

DF3 Relativni output faktorji za odprta poljaNamen testa:

S testom preverjamo relativne output faktorje pri različno velikih odprtih simetričnih obsevalnih poljih in jih primerjamo s tistimi faktorji, ki jih uporabljamo pri kliničnem delu.

Izvedba testa:

Meritve izvajamo v vodnem fantomu za nekaj velikosti kvadratnih obsevalnih polj v referenčni globini. Izračunamo razmerja med posameznim kvadratnim obsevalnim poljem in referenčnim obsevalnim poljem.

Nastavitve in pogoji:

Obsevalna polja: $5 \times 5 \text{ cm}^2$, $10 \times 10 \text{ cm}^2$, $15 \times 15 \text{ cm}^2$; SSD = 100 cm (ali 90 cm, če so bili osnovni faktorji pomerjeni pri SSD = 90 cm); $d_{\text{ref}} = 10 \text{ cm}$.

Dopustno odstopanje:

$\pm 2 \%$ glede na pričakovane vrednosti, ki se uporabljajo za klinično delo.

DF4 Relativni faktorji klinovNamen testa:

S testom preverjamo faktorje prepustnosti za različno velika simetrična obsevalna polja oblikovana s klinastimi filtri in jih primerjamo s tistimi faktorji, ki jih uporabljamo pri kliničnem delu.

Izvedba testa:

Merimo absorbirano dozo za določeno obsevalno polje oblikovano s klinastim filtrom in absorbirano dozo za odprto obsevalno polje pod enakimi pogoji. Izračunamo njuno razmerje in ga primerjamo z vrednostmi, ki se uporabljajo pri kliničnem delu.

Nastavitve in pogoji:

Velikost obsevalnih polj $10 \times 10 \text{ cm}^2$; $d_{\text{ref}} = 10 \text{ cm}$; $t = 100 \text{ MU}$; SSD = 100 cm (ali 90 cm, če so bili osnovni faktorji pomerjeni pri SSD = 90 cm). Preverimo en izbran mehanski klin, ki se klinično uporablja (npr. W15, W30, W45 in W60) in en dinamični, če se dinamični klini uporabljajo. Za vsak klin izmerimo dozo za dva položaja kolimatorja (npr. 0° in 180°) in uporabimo povprečno vrednost za izračun relativnega faktorja klina.

Dopustno odstopanje:

$\pm 3 \%$ glede na pričakovane vrednosti, ki se uporabljajo za klinično delo.

DF5 Simetrija in izravnanost fotonских poljNamen testa:

S testom preverjamo simetrijo in izravnanost fotonских polj v referenčnih pogojih.

Izvedba testa:

Poseben fantom (Profiler) z vrsto merilnih celic (slika 4) obsevamo s fotonским poljem velikosti $20 \times 20 \text{ cm}^2$ na razdalji SSD = 100 cm. Na fantom položimo ploščo iz pleksi stekla („build-up“). Pri vsaki energiji opravimo dve meritvi: v smeri G-T in v smeri A-B v središču fotonского polja tako, da so celice poravnane s smerjo v kateri merimo. Naprava sama analizira izmerjene vrednosti in rezultate poda na kontrolnem računalniku.

Primer izpisa rezultatov je na sliki 5.

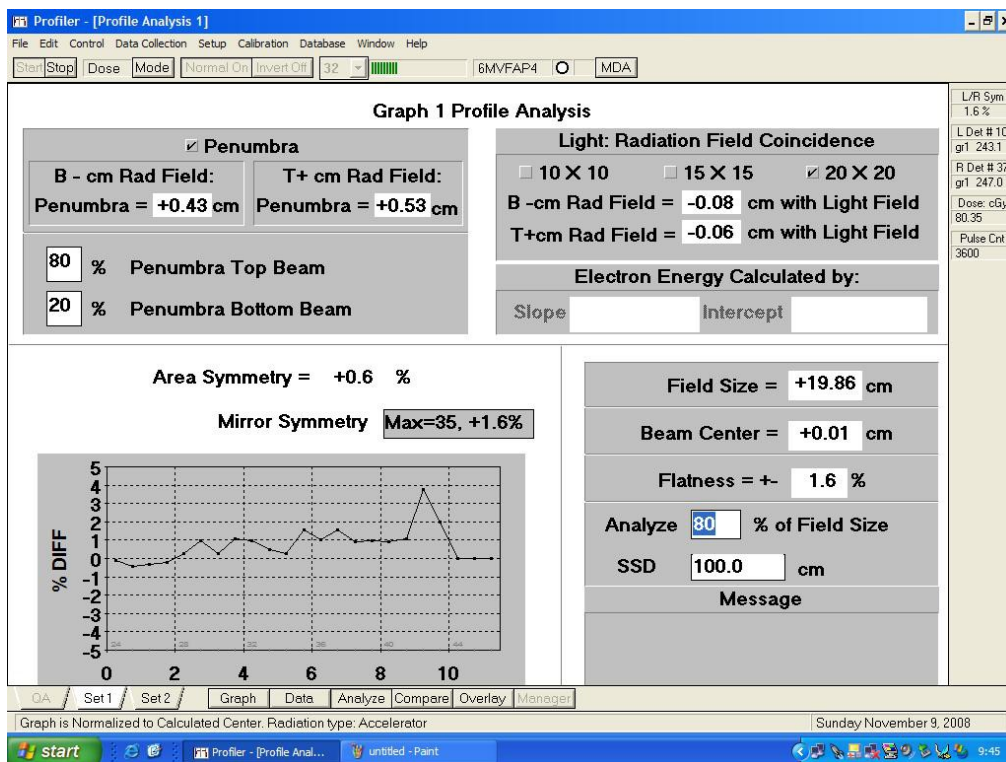
Dopustno odstopanje:

Simetrija: $\pm 3 \%$

Izravnanost: $\pm 5 \%$



Slika 4: Meritev simetrije in izravnanost fotonских polj z napravo "Profiler"



Slika 5: Izpis programa za določanje izravnanosti in simetrije sevalnih polj

2.2. Dozimetrični testi za elektrone (DE)

Dozimetrične meritve za elektronska polja so usklajene z dokumentom Mednarodne agencije za atomsko energijo IAEA TRS-398: *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water*.

2.2.1. Dozimetrična oprema

Ionizacijske celice

Za referenčno dozimetrijo uporabljamo vodotesne planparalelne ionizacijske celice.

Dozimetrični fantom

Za absolutno kalibracijo uporabljamo vodni fantom. Horizontalne dimenzije fantoma morajo biti take, da so stene fantoma vsaj 5 cm oddaljene od kateregakoli roba polja, ki ga uporabljamo. V navpični smeri mora biti dno fantoma oddaljeno najmanj 5 cm od največje globine, v kateri merimo.

2.2.2. Določitev absorbirane doze v vodi

Formalizem

Absorbirana doza v vodi je podana z:

$$D_{w,Q} = M_Q N_{D,w,Q_0} k_{Q,Q_0}$$

$$M_Q = M \cdot k_{T,p}$$

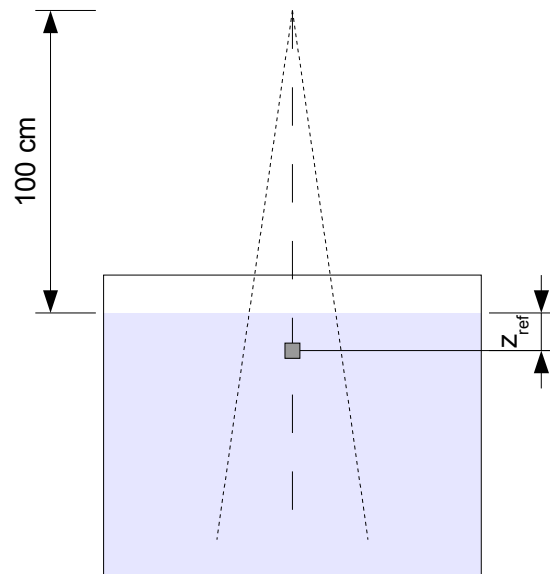
$$k_{T,p} = \frac{p_0(273,15 + T)}{p(273,15 + T_0)}$$

kjer je:

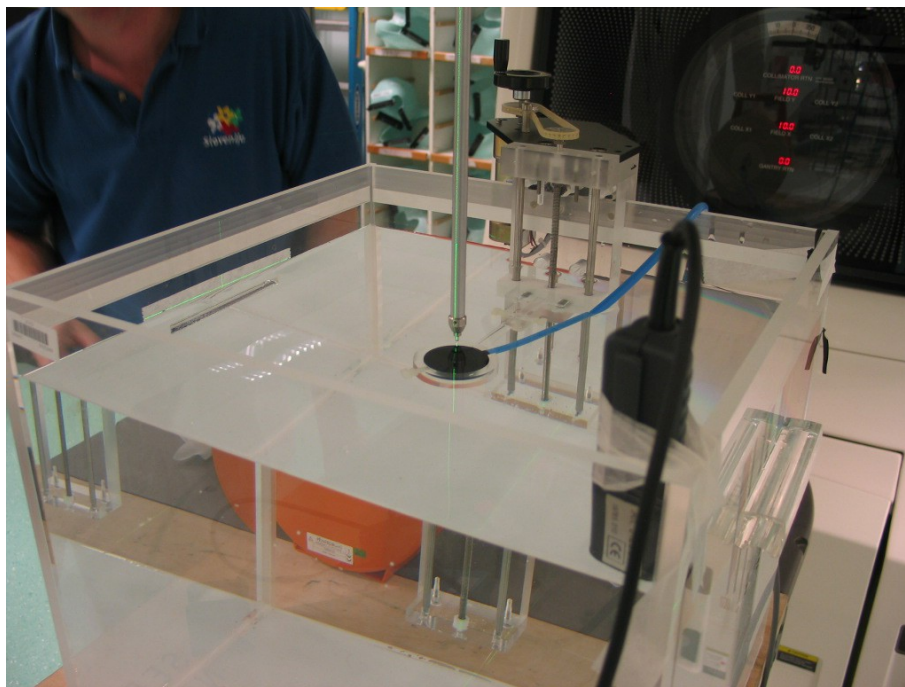
D_{w,Q_0}	absorbirana doza v vodi na mestu centra celice, ko celico odstranimo
M_Q	korigiran odčitek zbranega naboja s fotonskim snopom kvalitete Q
N_{D,w,Q_0}	kalibracijski faktor celice kalibrirane v fotonskem snopu kvalitete Q_0
k_{Q,Q_0}	korekcijski faktor za fotonski snop kvalitete Q, ki je različna od Q_0
M	nekorigiran odčitek zbranega naboja
$k_{T,p}$	korekcijski faktor za gostoto zraka v ionizacijski celici
p_0	referenčna vrednost za tlak (1013.25 hPa)
T_0	referenčna vrednost za temperaturo (običajno 20°C)
p	tlak v času meritve
T	temperatura v času meritve

Nastavitev

SSD = 100 cm; referenčna globina d_{ref} ; referenčna točka celice je na notranji strani vstopnega okna v njegovem centru; velikost polja 10 x 10 cm². Referenčna točka celice mora biti v referenčni globini. Pri nastavitvi pazimo, da na spodnji strani celice ne ostane ujet zračni mehurček. Shema nastavitve ionizacijske celice v vodnem fantomu je na sliki 6 fotografija nastavljanja celice pa je na sliki 7.



Slika 6: Shema nastavitve ionizacijske celice v vodnem fantomu za meritve v elektronskih poljih



Slika 7: Namestitev ionizacijske celice za merjenje elektronskih sevalnih snopov

2.2.3. Testi

Vsi v nadaljevanju navedeni dozimetrični testi se izvedejo za vse kvalitete (energije) elektronskih snopov (žarkov), ki se klinično uporabljajo pri posameznem linearnem pospeševalniku.

DE1 Absolutni output - kalibracija

Namen testa:

S tem testom preverjamo natančnost absolutne kalibracije za elektrone visokih energij.

Izvedba testa:

Za preverjanje absolutne kalibracije uporabljamo protokol, ki sledi dozimetričnemu protokolu Mednarodne agencije za atomsko energijo »IAEA TRS-398«.

Dopustno odstopanje:

$\pm 2 \%$ glede na kalibracijsko vrednost

DE2 Energije elektronskih žarkov

Namen testa:

Z meritvijo prodornosti žarkov (določitev globine 50 % doze – R50,M) preverjamo stabilnost energij elektronskih žarkov.

Izvedba testa:

Absorbirano dozo izmerimo v vodnem fantomu v treh globinah: d_{max} , R50,N - Δx in R50,N + Δx . d_{max} in R50,N sta nominalni globini za maksimalno absorbirano dozo in za 50 % dozo, ki se uporabljata v načrtovalnem sistemu. Izračunamo razliko ΔR_{50} med R50,N in R50,M po formuli

$$\Delta R_{50} = \frac{M_1 + M_2 - M_{100}}{M_1 - M_2} \Delta x$$

kjer je:

M1 izmerjena vrednost naboja v globini R50,N - Δx

M2 izmerjena vrednost naboja v globini R50,N + Δx

M100 izmerjena vrednost naboja v globini d_{max}

$\Delta x = 2 \text{ mm}$

Nastavitve in pogoji:

SSD = 100 cm; aplikator 10 x 10 cm²; t = 100 MU

Dopustno odstopanje:

$\Delta R_{50} = \pm 2 \text{ mm}$

DE3 Relativni output faktorji za različne aplikatorje

Namen testa:

S testom preverjamo relativne output faktorje pri različno velikih elektronskih aplikatorjih in jih primerjamo s tistimi faktorji, ki jih uporabljamo pri kliničnem delu.

Izvedba testa:

Meritve izvedemo v vodnem fantomu. Pri vsaki od energij izberemo enega od elektronskih aplikatorjev. Izračunamo razmerja med posameznim aplikatorjem in referenčnim aplikatorjem (10 x 10 cm²).

Nastavitve in pogoji:

Gantry = 0°, kolimator = 0°, SSD = 100 cm; globina d_{ref} ; t = 100 MU

Dopustno odstopanje:

± 2 % glede na pričakovane vrednosti, ki se uporabljajo za klinično delo.

DE4 Simetrija in izravnanost elektronskih poljNamen testa:

S testom preverjamo simetrijo in izravnanost elektronskih polj.

Izvedba testa:

Poseben fantom z ionizacijskimi celicami obsevamo z elektronskim poljem velikosti 20 x 20 cm². Na fantom položimo t.i. build-up ploščo iz pleksija. Pri vsaki energiji opravimo dve meritvi: v smeri G-T in v smeri A-B v središču elektronskega polja tako, da so celice poravnane s smerjo v kateri merimo. Vodoravnost fantoma preverimo z vodno tehniko.

Nastavitve in pogoji:

Gantry = 0°; kolimator = 0°; SSD = 100 cm; aplikator 20 x 20 cm²

Dopustno odstopanje:

Simetrija: ± 3 %

Izravnanost: ± 5 %

2.3. Mehanski testi (M)

M1 Svetlobni indikator razdalje

Namen testa:

S testom preverjamo ujemanje med mehanskim in svetlobnim indikatorjem razdalje.

Izvedba testa:

Mehanski indikator (palica ali kljuka) pritrdimo na obsevalno glavo tako, da je razdalja od izvora žarkov do konice SSD = 100 cm. Prižgemo svetlobni indikator razdalje in odčitamo vrednost. Test ponovimo še pri dveh nastavitvah mehanskega indikatorja pri manjši in pri večji vrednosti kot je nominalen SSD npr. pri SSD = 90 cm in SSD = 110 cm. Alternativno lahko uporabimo za meritve mehanske distančnike.

Dopustno odstopanje:

± 2 mm

M2 Pomiki obsevalne mize

Namen testa:

S testom preverjamo natančnost pomikov mize v longitudinalni, vertikalni in lateralni smeri.

Izvedba testa:

Obsevalno mizo postavimo v položaj, ko je vrhnji del mize v izocentru; SSD = 100 cm, miza pa je poravnana v smeri G-T. Preverjamo natančnost pomikov mize v treh ortogonalnih smereh v šestih točkah. Pomike merimo s kovinskim metrom prilepljenim na mizo in primerjamo z odčitki položaja mize na monitorju.

Dopustno odstopanje:

± 2 mm

M3 Natančnost svetlobnega polja

Namen testa:

S testom preverjamo natančnost velikosti obsevalnega polja.

Izvedba testa:

Ploščo z označenimi velikostmi obsevalnih polj ali milimetrski papir postavimo natančno v izocenter; SSD = 100 cm. Velikost svetlobnega polja primerjamo z velikostjo na plošči za vsaj dve različni velikosti polj npr. 10 x 10 cm² in 20 x 20 cm². Preverjamo odstopanja svetlobnih obsevalnih polj od označenih in sicer za vsak rob.

Dopustno odstopanje:

± 2 mm

M4 Mehanska kontrola izocentra**M4.1 Vrtenje kolimatorja**Namen testa:

S testom preverjamo ujemanje centra svetlobnega polja (optični križ) z rotacijsko osjo kolimatorja

Izvedba testa:

Gantry postavimo na 0°. Položaj centra obsevalnega polja (optični križ) preverimo na papirju, ki ga prilepimo na obsevalno mizo. Preverjamo za 4 različne položaje kolimatorja: 0°, 90°, 180° in 270°.

Dopustno odstopanje:

Sredina obsevalnega polja mora pri vseh štirih položajih kolimatorja ležati znotraj krožnice s premerom 2 mm, znotraj katere je tudi izocenter.

M4.2 Vrtenje obsevalne mizeNamen testa:

S testom preverjamo ali rotacijska os obsevalne mize leži znotraj izocentra (izosfere)

Izvedba testa:

Položaj centra obsevalnega polja (optični križ) preverimo na papirju, ki ga prilepimo na obsevalno mizo. Preverjamo za 3 različne položaje mize: 0°, 90° in 270°.

Dopustno odstopanje:

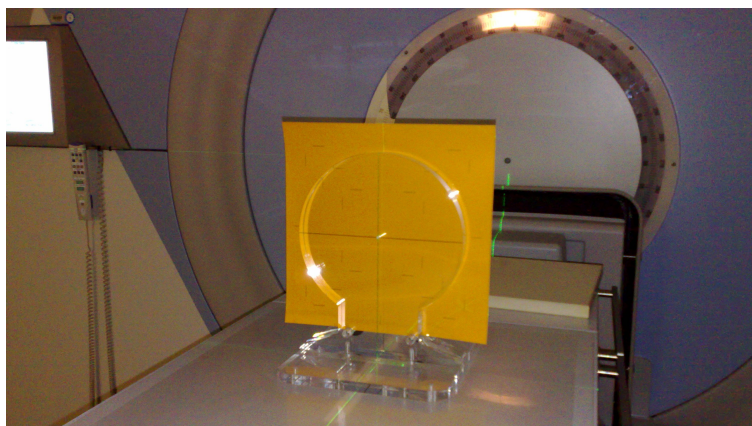
Sredina obsevalnega polja mora pri vseh treh položajih mize ležati znotraj krožnice s premerom 2 mm, znotraj katere je tudi izocenter.

M5 Kontrola žarkovnega izocentraNamen testa:

S testom preverjamo natančnost žarkovnega izocentra v ravnini vrtenja gantryja.

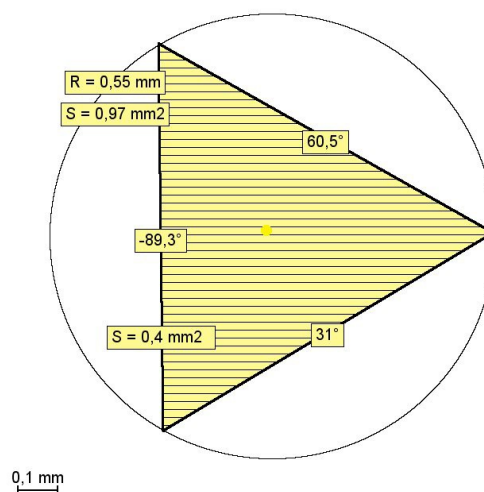
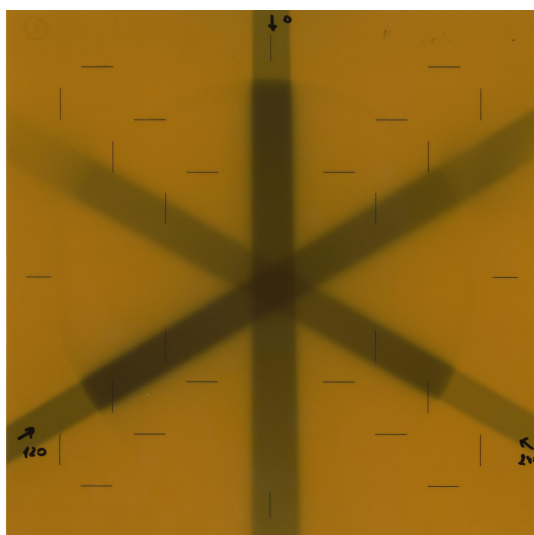
Izvedba testa:

Radiokromski film postavimo na obsevalno mizo navpično med dve plošči iz pleksi stekla (pripomoček QC1) tako, da izocenter sovpada z oznakami na ploščah (slika 8).



Slika 8: Radiokromski film v pripomočku za nastavitev v izocenter (pripomoček QC1)

Obsevalno polje odpremo na velikost $2 \times 20 \text{ cm}^2$ pri legi kolimatorja 0° . Film obsevamo pod tremi različnimi koti gantryja: 0° , 120° in 240° . Slika na filmu bo imela obliko zvezde (slika 9). Za vsako od treh obsevalnih polj poiščemo njihove osi in presečišča teh osi, ki tvorijo trikotnik. Preverjamo premer trikotniku očitane krožnice. Primer takšne analize je na sliki 9.



Slika 9: Levo: Radiokromski film po obsevanju iz treh različnih kotov (treh položajev gantryja 0° , 120° in 240°). Desno: Primer analize velikosti izocentra.

Dopustno odstopanje:

Osi žarkov se morajo sekati znotraj krožnice premera 2 mm, znotraj katere mora ležati tudi oznaka za mehanski izocenter.

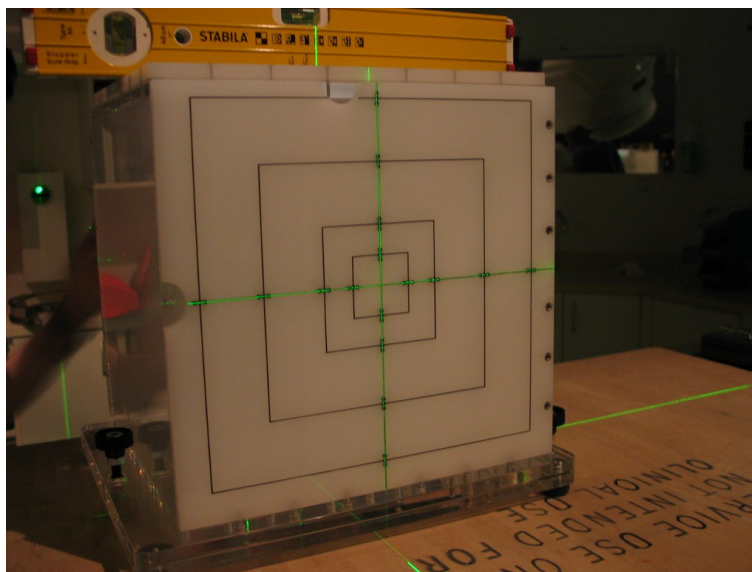
M6 Ujemanje laserjev z mehanskim izocentrom

Namen testa:

S testom preverjamo ujemanje svetlobnega izocentra z laserskim. Preverjamo ujemanje za vse laserje, ki so v obsevalnem prostoru: lateralni, sagitalni in stropni.

Izvedba testa:

Kocko iz pleksi stekla (pripomoček QC2) postavimo na obsevalno mizo in jo niveliramo z vodno tehtnico. S pomočjo centralnega križa svetlobnega polja kocko postavimo v izocenter. Najprej jo po lateralni in longitudinalni smeri nastavimo s svetlobnim križem pri kotu gantryja 0° , po vertikalni smeri pa s svetlobnim križem pri kotu gantryja 90° tako, da se oznake na kocki natančno ujemajo s svetlobnim križem. Pazimo, da je kot kolimatorja 0° , položaj gantryja pa preverimo z vodno tehtnico pri obeh legah. Pri kotu gantryja 270° samo preverimo ujemanje svetlobnega križa z oznakami na kocki. Prižgemo laserje in preverimo ujemanje. Če preverjamo tudi stropni laser, gantry zavrtimo v položaj 45° . Fotografija testa s pripomočkom QC2 je na sliki 10.



Slika 10: Preverjanje ujemanja laserjev z mehanskim izocentrom s pomočjo kocke iz pleksi stekla (pripomoček QC2)

Dopustno odstopanje:

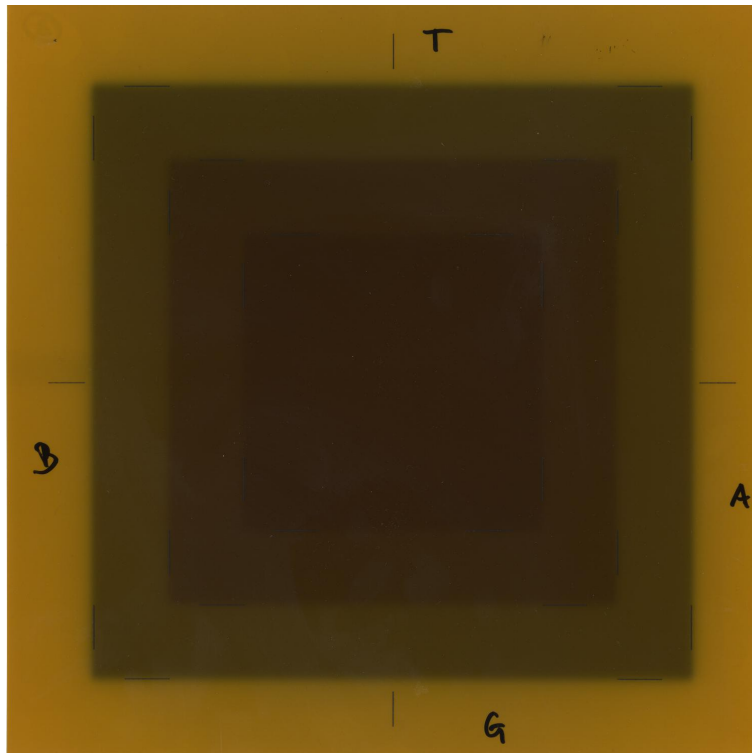
Skladnost laserskih črt in oznak na kocki, ki so indikatorji za mehanski izocenter, mora biti znotraj ± 2 mm.

M7 Sovpadanje optičnega polja z žarkovnimNamen testa:

S testom preverjamo ujemanje velikosti svetlobnega in žarkovnega polja in njuno medsebojno lego.

Izvedba testa:

Vrh obsevalne mize nastavimo na SSD = 100 cm in nanjo prilepimo radiokromski film. Mizo premaknemo v lateralni in longitudinalni smeri tako, da je svetlobni križ v oznaki za center filma. Svetlobno polje opremo na željeno velikost in pazimo, da je poravnano z oznakami na filmu. Film obsevamo pri vsaj dveh poljih. Na filmu (primer je na sliki 11) primerjamo odstopanja med robovi svetlobnih in žarkovnih polj pri vseh robovih polj.



Slika 11: Radiokromski film po obsevanju s tremi simetričnimi polji, s čemer se preveri ujemanje sevalnega polja s svetlobnim indikatorjem

Dopustno odstopanje:

± 2 mm za vse robove

2.4. Preverjanje načrtovanja obsevanja

Preverjanje načrtovanja izvedemo z meritvami doze pri nereferenčnih poljih oziroma v nereferenčnih točkah. Preverjanje se izvede za vsako energijo fotonov pri najmanj treh različnih dogovorjenih poljih v vodnem fantomu in pri treh poljih oziroma v treh točkah v antropomorfnem fantomu. Oddelek za radiofiziko Onkološkega inštituta naredi načrt obsevanja za dogovorjena polja, z meritvijo pa se preveri ujemanje načrtovane in izmerjene doze.

PF1 Načrtovana fotonska polja v vodnem fantomu

Namen testa:

S testom preverjamo natančnost izračunanih obsevalnih časov v načrtovalnem sistemu v nereferenčnih pogojih v vodnem fantomu.

Izvedba testa:

V načrtovalnem sistemu izračunamo obsevalni čas za dogovorjena obsevalna polja oblikovana z večlistnim kolimatorjem (MLC). V vodnem fantomu izmerimo absorbirano dozo v izbrani točki in jo primerjamo z izračunano (predpisano). Preverjamo vse fotonske energije.

Dopustno odstopanje:

$\pm 3 \%$

PF2 Načrtovana fotonska polja v antropomorfnem fantomu

Namen testa:

S testom preverjamo natančnost izračunanih obsevalnih časov v načrtovalnem sistemu v nereferenčnih pogojih v antropomorfnem fantomu.

Izvedba testa:

V načrtovalnem sistemu izračunamo obsevalni čas za dogovorjena obsevalna polja oblikovana z večlistnim kolimatorjem (MLC). V antropomorfnem fantomu (slika 12) izmerimo absorbirano dozo v izbrani točki in jo primerjamo z izračunano (predpisano). Preverjamo vse fotonske energije.



Slika 12: Meritev doze v antropomorfnem fantomu CIRS

Dopustno odstopanje:

$\pm 5 \%$

PE	Elektronska polja za različne SSD-je
-----------	---

Namen testa:

S testom preverjamo pravilnost izračunanih obsevalnih časov za elektronska polja v načrtovalnem sistemu v nereferenčnih pogojih.

Izvedba testa:

V načrtovalnem sistemu izračunamo obsevalne čase za izbrani elektronski aplikator, za vse elektronske energije in za dva različna SSD-ja. V vodnem fantomu izmerimo absorbirano dozo in jo primerjamo z izračunano (predpisano).

Nastavitve in pogoji:

SSD1 = 98 cm; SSD2 = 105 cm; globina d_{ref} ; izbrani elektronski aplikator

Dopustno odstopanje:

$\pm 3 \%$