

ODREĐIVANJE APSORBOVANE DOZE U VODI KOD X-ZRAČENJA SREDNJIH ENERGIJA
 (OD 100 DO 300 kV)

 Gordana Nišević, Vojnomedicinska akademija u Beogradu;
 Vesna Spasić Jokić, Savezni zavod za mere i dragocene metale.

Sadržaj - U radu je dat metod za određivanje apsorbovane doze u vodenom fantomu kod X-zračenja srednjih energija, koji preporučuje IAEA [1], a koji se primenjuje na Odeljenju za radioterapiju Instituta za radiologiju Vojnomedicinske akademije u Beogradu. Referentna tačka merenja uzeta je, prvo na dubini od 5 cm (prema: [1], [2] i [3]), a zatim na dubini od 2 cm, kako je preporučeno u [4]. Prikazani su eksperimentalni rezultati u cilju uvođenja novog dozimetrijskog koncepta koji se zasniva na korišćenju kerma kalibracionog faktora jonizacione komore i koji se preporučuje za primenu u našim radioterapijskim centrima [5].

1. UVOD

Jačina apsorbovane doze je jedan od najvažnijih parametar u kliničkoj dozimetriji. Određuje se metodom zasnovanom na merenju kalibrisanom cilindričnom jonizacionom komorom u vazduhu [2], ili u vodenom fantomu [1].

1.1. Uređaj. Merenja su vršena na radioterapijskom uređaju Philips RT 305, sa rendgenskom cevi TRC 300, čija je inherentna filtracija 1.5 mmCu. Da bi uslovi pri merenju bili što sličniji terapijskim uslovima, korišćen je aplikator (tubus) sa zatvorenim krajem, dimenzija 10 x 15 cm, FKD = 30 cm (FKD - skraćenica od: rastojanje od fokusa do komore). Kvalitet snopa je određen naponom na cevi (300 kV), ukupnom filtracijom (5.1 mmCu) i prvom filterskom poluvrednošću (4.3 mmCu)

1.2. Jonizaciona komora. U opsegu energija od interesa (100 - 300 kV), energetska zavisnost jonizacione komore treba da bude u okviru 5%. Debljina zida treba da bude manja od 0.5 mm (50 mg cm²), kako sekundarni elektroni nastali van komore nebi ušli u mernu zapreminu. Mnoge komercijalne jonizacione komore zadovoljavaju ove uslove, ali na klinikama se najčešće koristi cilindrična jonizaciona komora NE 2571 (Nuclear Enterprises Limited), zapremine 0.69 cm³, koja zadovoljava sve potrebne uslove [6], [7]. Mi smo koristili cilindričnu jonizacionu komoru NE 2571, koja je kalibrisana od strane Saveznog zavoda za mere i dragocene metale u Beogradu. Podaci o komori dati su u Tabeli 1. Prateći elektrometar je Farmer NE 2570.

1.3. Merni fantom. Apsoorbavana doza određivana je u vodenom fantomu NE 2545/3A, dimenzija 300x300x220 mm. Zidovi fantoma su od akrila, komora se stavlja u tanku cev od akrila koja je pričvršćena u fantomu.

Tabela 1. Podaci za cilindričnu jonizacionu komoru NE 2571.

| vlasnik | VMA |
|----------------------------|---|
| tip komore i serijski broj | NE 2571, No. 365 |
| rang | radni etalon |
| kalibracioni faktori: | |
| N_k | 4.693 R/nC |
| N_A | $4.1145 \cdot 10^{-2}$ |
| prva kalibracija | NE 02.03.1982. |
| tehničke karakteristike: | |
| zapremina komore | 0.69 cm ³ |
| unutrašnji poluprečnik | 3.15 mm |
| materijal i debljina zida | grafit, 0.36 mm ili 0.065 g/cm ² |
| materijal elektrode | aluminijum, 1 mm |
| spoljašnji prečnik | |

2. METODOLOGIJA

Prema ICRU metodi [2], apsorbovana doza se određivala na sledeći način:

$$D = R k_{p,T} k_N F \quad (1)$$

gde je:

D - apsorbovana doza merena u vodenom fantomu, u referentnoj tački,
 R - očitavanje na elektrometru,
 $k_{p,T}$ - korekcija za pritisak i temperaturu,
 k -faktor koji se odnosi na spektralnu raspodelu kalibracionog i korisničkog polja zračenja,
 N - kalibracioni faktor ekpozicije,
 F - konverzioni koeficijent.
 Konverzioni koeficijent zavisi od kvaliteta snopa i od medijuma u kome se meri. Izračunava se na sledeći način:

$$F = (W/e) (\mu_{en}/\rho)_{air} \quad (2)$$

Prema IAEA metodi [1], apsorbovana doza u vodi se izračunava na sledeći način:

$$D_w = M_p N_k k_p (\mu_{en}/\rho)_{air} P_p \quad (3)$$

gde je:

D_w - apsorbovana doza u vodi, u referentnoj tački merenja (Gy),
 M_p - očitavanje na elektrometru (nC),
 N_k - kalibracioni faktor vazdušne kerme,
 k_p - faktor koji se odnosi na spektralnu raspodelu kalibracionog i korisničkog polja zračenja,
 $(\mu_{en}/\rho)_{air}$ -odnos srednjeg masenog apsorpcionog koeficijenta za vodu i vazduh,
 P_p - perturbacioni korekcionni faktor.
 Veza između kalibracionih faktora je sledeća:

$$N_k = N_A (W/e) / (1-g) \quad (4)$$

pri čemu je uzeto da je $g = 0.00035$ (CCEMRI (D85-18), a $W/e = 33.97$ J/kg.

k_p je korekcionni faktor koji uzima u obzir razliku u spektru kada se komora nalazi u vazduhu i u referentnoj tački u mernom fantomu. Prema [3], za prvu filtersku poluvrednost $HVL = 4.3$ mmCu, $k_p = 1$. Vrednosti za $(\mu_{en}/\rho)_{air}$ su uzete iz reference [1], a prema referenci [8]. Perturbacioni korekcionni faktor, koji uzima u obzir zamenu vode sa jonizacionom komorom, u [2] nije uzet u obzir, samo je rečeno da je greška koja se time pravi manja od 1%. O načinu na koji se P_p određuje i od čega on zavisi, videti reference: [1], [9] i [12].

3. REZULTATI

U tabelama su date srednje vrednosti pet uzastopnih merenja jačine apsorbovane doze ($D_{x, 15 \text{ cm}}$ i $D_{x, 12 \text{ cm}}$). Merenja su trajala po 1 minut, a struja cevi je bila 10 mA. Sve

izmerene vrednosti se nalaze u opsegu 2 σ . Na osnovu poznatih vrednosti za procentualne dubinske doze - PDD, za RT 305 (PDD)_{5 cm} = 83.3% i PDD_{5 cm} = 59.2% izracunate su D_{0.5 cm} i D_{0.2 cm} i uporedene su odgovarajućim izmerenim vrednostima jačine apsorbovane doze: D_{0.5 cm} i D_{0.2 cm}. Na osnovu izmerenih vrednosti u ref. tačkama merenja i PDD izracunate su jačine apsorbovane doze na površini fantoma: D_{0.5 cm} i D_{0.2 cm}.

Tabela 2. Rezultati merenja pri čemu je referentna tačka uzeta na dubini 5 cm.

| | D ₀ [Gy/min], IAEA | D ₀ [Gy/min], ICRU |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| D _{0.5 cm} | 0.598 | 0.592 |
| D _{0.2 cm} | 0.846 | 0.836 |
| D _{0.1 cm} | 0.841 | 0.833 |
| Δ _{0.2 cm} [%] | 0.595 | 0.360 |
| D _{0.1 cm} | 1.010 | 1.000 |

Tabela 3. Rezultati merenja pri čemu je referentna tačka uzeta na dubini 2 cm.

| | D ₀ [Gy/min], IAEA | D ₀ [Gy/min], ICRU |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| D _{0.2 cm} | 0.846 | 0.836 |
| D _{0.5 cm} | 0.598 | 0.592 |
| D _{0.1 cm} | 0.601 | 0.594 |
| Δ _{0.5 cm} [%] | 0.499 | 0.337 |
| D _{0.1 cm} | 1.016 | 1.003 |

4. ZAKLJUČAK

Naši rezultati su potvrdili, da zbog male procentualne dubinske doze, na većoj dubini u vodenom fantomu, kod kilovoltnog X-zračenja, referentnu tačku merenja treba uzeti na manjoj dubini (2 cm). Generalno je potvrđen princip da sva kalibraciona merenja treba vršiti u geometrijskim uslovima što bližim onim koje imamo na klinikama.

LITERATURA

- [1] International Atomic Energy Agency. Absorbed dose determination in Photon and electron beams. IAEA Report No.277., Vienna, 1987.
- [2] International commission on radiation units and measurements. Measurement of Absorbed Dose in Phantom Irradiated by Single Beam of X or Gamma Rays. ICRU Report No.23.Bathesda, 1973.
- [3] Seuntjens J, Thierens H, Van der Plaetsen A and Segardt O: Determination of absorbed dose to water with ionisation

chambers calibrated in free air for medium-energy X-rays. Phys. Med. Biol. 1989, 33, 10,1171- 1185.

- [4] Klevenhagen SC, Thwaites DI. Kilovoltage X-rays in Radiotherapy physics in practice, In: Williams JR, Thwaites DI, editors. Radiotherapy physics, Oxford: Oxford university press, 1993.
- [5] Andrić S, Spasić Jokić V, Nišević G. Doze terapijskog snopa X-zračenja i elektrona. Beograd: Društvo za biomedicinsko inženjerstvo i medicinsku fiziku SR Jugoslavije, 1998.
- [6] Farmer FT. A sub-standard X-ray dosimeter. Br J Radiol, 28, 330, 1955.
- [7] Aird EGA, Farmer FT. The Design of a Thimble Chamber for the Farmer Dosimeter. Phys Med Biol 1972. 17, (2): 169-174.
- [8] Hubbell JH. Photon mass attenuation and mass energy-absorption coefficients for H, C, N, O, Ar, and seven mixtures from 0.1 keV to 20 MeV, Radiation research 1977;70: 58-81,
- [9] Schneider U, Grosswendt B, Kramer MH. Perturbation correction factor for X-rays between 70 and 280 kV. IAEA SM-298/34, Vienna, 1987.
- [10] Khan FM. The physics of radiation therapy. Baltimore: Williams & Wilkins, 1984.
- [11] Johns HE, Cunningham JR: The physics of radiology. fourth edition. Springfield: Charles C. Thomas, 1983.
- [12] Mijnbeer BJ, Chin LM. Dosimetry of low voltage X-ray beams. IAEA SM-298/78, Vienna, 1987.

Abstract: Absorbed dose determination in water phantom in medium energy X-ray beam, according to IAEA recommendations is given [1]. This method is applied on Radiotherapy department of Military Academy Hospital in Belgrade. Reference points of measurement are on depth of 5 cm and 2cm as it recommended in ref [4]. Experimental results are shown in aim to introduce new dosimetric concept based on air kerma calibration factor recommended for application in our radiotherapy centers[5].

ABSORBED DOSE DETERMINATION IN WATER IN MEDIUM ENERGY X-RAY BEAM

Gordan Nišević
Vesna Spasić Jokić