

## USMERNENIE PRE ZABEZPEČENIE KVALITY RÁDIOTERAPEUTICKÝCH RÖNTGENOVÝCH OŽAROVAČOV

### OBSAH

1.	VŠEOBECNÉ USTANOVENIA	4
2.	POPIS PRÍSTROJA A ÚLOŽNÉHO STOLA PACIENTA	4
2.1	Popis osí rotačných a posuvných pohybov	4
2.2	Nulová presnosť stupníc	5
3.	KONTROLA ÚPLNOSTI VYBAVENIA, SIGNALIZÁCIE A FUNKČNOSTI	5
3.1	Úplnosť a funkčnosť vybavenia podľa dokumentácie	5
3.2	Signalizácia stavu prístroja	5
3.2.1	Signalizácia na ožarovači	6
3.2.2	Signalizácia pri vstupných dverách do ožarovne	6
3.2.3	Signalizácia na ovládacom paneli rtg ožarovača	6
3.2.4	Zobrazenie prevádzkových hodnôt	6
3.2.5	Systém sledovania pacienta	6
3.3	Mechanické a elektronické bezpečnostné systémy	7
3.3.1	Vstupné dvere do rtg ožarovne	7
3.3.2	Núdzové vypínače	7
3.3.3	Zaistenie proti samovoľnému zapnutiu	7
3.3.4	Chladenie röntgenky	7
3.3.5	Funkčnosť antikolízneho systému	7
3.3.6	Neporušenosť filtrov	7
3.3.7	Tubusy	8
3.3.8	Kontrola pohybov, aretácie ožarovača a ožarovacieho stola	8
3.4	Bezpečnosť zariadenia vzhľadom na zväzok žiarenia	8
3.4.1	Voľba prídavného filtra	8
3.4.2	Voľba tubusu s trvalo pripevneným filtrom	8
3.4.3	Systém aplikácie dávky	8
3.4.4	Systém sledovania pacientov	9
4.	SKÚŠKY MECHANICKÝCH A OPTICKÝCH PARAMETROV	9
4.1	Súhlas medzi geometrickou osou kolimátora, osou rotácie kolimátora a svetelnou osou	9
4.2	Ožarovacia vzdialenosť	9
4.3	Symetria kolimátora, rovnobežnosť a kolmosť vymedzovačov rtg zväzku	9
4.3.1	Symetria kolimátora	10
4.3.2	Rovnobežnosť a kolmosť kolimátora (tubusu)	10
4.4	Veľkosť svetelného poľa	10
5.	CHARAKTERISTIKY RADIČNÉHO POĽA	10
5.1	Veľkosť radiačného poľa	10
5.1.1	Zhoda svetelného a radiačného poľa	10

5.1.2	Zhoda svetelnej osi (osi tubusa) a osi zväzku žiarenia	11
5.1.3	Zhoda radiačného poľa s údajom tubusa (stupnice)	11
5.2	Homogenita radiačného poľa	11
5.3	Symetria radiačného poľa	11
5.4	Polotieň radiačného poľa	12
5.5	Ochranné vlastnosti krytu röntgenky a kolimačného systému	12
6.	DOZIMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY	12
6.1	Absorbovaná dávka v referenčnom bode	12
6.2	Kvalita žiarenia. Meranie polohrúbky	13
6.3	Percentuálne hĺbkové dávky	13
7.	SYSTÉM MONITOROVANIA DÁVKY	14
7.1	Kontrola ožarovacieho času	14
7.2	Efekt zapnutia	14
7.3	Kontrola monitora aplikovanej dávky	14
8.	SKÚŠKY ÚLOŽNÉHO STOLA PACIENTA	15
	VYBAVENIE A POMOCKY POTREBNÉ NA VYKONÁVANIE SKÚŠOK	16
	PERIODICKÉ KONTROLY RTG. OŽAROVAČOV	17
	TOLERANČNÁ TABUĽKA	18

## 1. VŠEOBECNÉ USTANOVENIA

Štandardný pracovný postup bol vypracovaný z dôvodu aplikácie legislatívy Európskej únie v našom právnom poriadku. Vychádza z Nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 340/2006 Z. z. o ochrane zdravia osôb pred nepriaznivými účinkami ionizujúceho žiarenia pri lekárskom ožiarení a Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 345/2007 Z. z. o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením.

V súlade s odporúčaním MAAE sú rtg. prístroje v tomto dokumente rozdelené do dvoch skupín:

1. nízkoenergetické s napätím do 100 kV (povrchová terapia)
2. konvenčné s napätím nad 100 kV (polohľbková a hľbková terapia)

Predmetom odporúčania sú pracovné postupy pri skúškach dlhodobej stability a pravidelných kontrolách rtg. ožarovačov. Sú to testy a merania rtg. ožarovačov po inštalácii a opravách prístrojov, na rádioterapeutických pracoviskách. Cieľom je overiť, či parametre, fyzikálne charakteristiky a funkčnosť daného prístroja, deklarované výrobcom sú dlhodobo stabilné, teda namerané hodnoty zostávajú v požadovanej tolerancii.

Pri spracovaní odporúčania boli použité dokumenty:

Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v rádioterapii: Rentgenové ozařovače, SÚJB – Radiační ochrana, březen 2000

P. Bednář: Metodika merania rádioterapeutických rtg ožarovačov 10 – 300 kV ,  
Medicontrol, september 2001

P. Marko: Kontrola kvality rádioterapeutických röntgenových simulátorov,  
Komisia MZ SR pre zabezpečenie kvality v rádiológii, máj 2004

Prevádzkové pokyny pre bezpečnú prácu so zdrojmi ionizujúceho žiarenia: TUR-250.  
Medicontrol 2002

## 2. POPIS PRÍSTROJA A ÚLOŽNÉHO STOLA PACIENTA

Rtg ožarovač sa skladá z:

- ramena (gantry),
- röntgenky (rtg. lampy), krytu rtg. lampy a kolimačného systému ,
- riadiaceho a ovládacieho systému,
- úložného stola.

### 2.1 Popis osí rotačných a posuvných pohybov

Na rtg ožarovači je možné definovať osi pohybov:

- os rotácie ramena
- os rotácie kolimátora

- os rotácie pre bočné naklápanie hlavice
- os rotácie pre čelné naklápanie hlavice
- os zvislého posuvu hlavice
- os vodorovného posuvu hlavice
- os rotácie dosky stola

Prístroj musí byť inštalovaný tak, aby os rotácie ramena bola vodorovná a ostatné osi boli na túto os kolmé resp. s ňou rovnobežné.

Na rtg. ožarovači sú definované tri hlavné roviny:

- hlavná horizontálna rovina  
je vodorovná rovina obsahujúca os rotácie ramena
- hlavná sagitálna rovina  
je zvislá rovina obsahujúca os rotácie ramena
- hlavná transversálna rovina  
je zvislá rovina kolmá na os rotácie ramena  
a obsahuje os rotácie kolimátora

Pri základnej polohe rtg. ožarovača smeruje zväzok kolmo na zem.

Tieto definície platia pre konvenčné rtg. ožarovače nemajú význam pre nízkoenergetické rtg. ožarovače, u ktorých sú iné konštrukčné požiadavky.

## 2.2 Nulová poloha a presnosť stupníc

Ak má ožarovač svetelnú os, vykoná sa kontrola nulovej polohy ramena spustením olovnice na zem. Olovnica je upevnená približne v štandardnej ožarovacej vzdialenosti tak aby splývala so svetelnou osou. Na zemi sa označí na papier priemet svetelného kríža a poloha hrotu olovnice. Odčíta sa vzdialenosť medzi odpočítanými bodmi, ktorá sa prepočíta na stupne.

Tolerancia:  $\leq 1^\circ$

Presnosť stupníc sa overuje min pre 3 hodnoty rovnomerne rozložené v rozsahu stupnice.

Tolerancia:  $\leq 1^\circ$  (pre uhlové stupnice), resp.  $\leq 2$  mm (pre lineárne stupnice)

## 3. KONTROLA ÚPLNOSTI VYBAVENIA, SIGNALIZÁCIE A FUNKČNOSTI

### 3.1 Úplnosť a funkčnosť vybavenia podľa dokumentácie

Kontroluje sa prítomnosť všetkých častí prístroja a doplnkového vybavenia, vrátane ich funkčnosti a výrobných čísel.

Preveruje sa kompletnosť dokumentácie, hlavne zrozumiteľnosť návodu k obsluhu.

Kontrola : F

### 3.2 Signalizácia stavu prístroja

### Varovné svetlá

Kontroluje sa pracovný stav prístroja indikovaný červeným výstražným svetlom. Červené výstražné svetlá sú umiestnené pri všetkých vstupoch do ožarovne. Pracovný stav je indikovaný aj na ovládacom paneli prístroja.

Postupom podľa návodu k obsluhu sa aktivujú jednotlivé druhy signalizácie a kontroluje sa vizuálne správnosť signalizácie v kľudovom a pracovnom stave rtg. ožarovača.

Kontrola : F

#### 3.2.1 Signalizácia na ožarovači

Kontroluje sa funkčnosť výstražných indikačných zariadení umiestnených na vlastnom ožarovači.

Kontrola : F

#### 3.2.2 Signalizácia pri vstupných dverách do ožarovne

Kontroluje sa, či výstražná signalizácia nad dverami do ožarovne indikuje odpovedajúcim spôsobom.

Kontrola : F

#### 3.2.3 Signalizácia na ovládacom paneli rtg. ožarovača

Kontrolujú sa svetelné návestia na ovládacom paneli rtg ožarovača v súlade s normou STN EN 60601-1-1/A1.

Tieto farby:

- |  |         |
|--|---------|
| - akcia bezprostredne vyžadujúca zastavenie ožarovania   | červená |
| - pracovný stav ožarovača ( zapnuté žiarenie)  | žltá    |
| - stav definitívnej pripravenosti ( všetky parametre zvolené, ožarovač pripravený k spusteniu žiarenia ) | zelená  |

Kontroluje sa vizuálne funkčnosť a správnosť svetelnej indikácie na ovládacom paneli v kľudovom aj pracovnom stave prístroja.

Kontrola : F

#### 3.2.4 Zobrazovanie prevádzkových hodnôt

Kontroluje sa funkčnosť zobrazovania nastavenia prevádzkových hodnôt prúdu a napätia röntgenky, prídavných filtrov a ožarovacieho času.

Kontrola : F

#### 3.2.5 Systém sledovania pacienta

Vizuálne sa kontroluje možnosť sledovania pacienta počas ožarovania .

Kontrola : F

### 3.3 Mechanické a elektronické bezpečnostné systémy

#### 3.3.1 Vstupné dvere do rtg. ožarovne

Kontroluje sa správnosť funkcií blokovania zväzku žiarenia všetkými inštalovanými dvernými kontaktmi :

- a) Pri rozpojení dvernom kontakte nedôjde k spusteniu žiarenia
- b) Rozpojením dverného kontaktu pri zapnutom žiarení dôjde k vypnutiu žiarenia.

Kontrola : F

#### 3.3.2 Núdzové vypínače

Kontroluje sa, či STOP tlačidlo na ovládacom paneli preruší ožarovanie.

Kontrola : F

#### 3.3.3 Zaistenie proti samovoľnému zapnutiu prístroja

Kontroluje sa, či pri prerušení dodávky elektrického prúdu je vylúčené samovoľné spustenie ožarovača. Zapne sa vysoké napätie, vypne sa hlavný sieťový prívod elektrického prúdu a po opätovnom zapnutí hlavného sieťového prívodu vysoké napätie musí zostať vypnuté.

Kontrola : F

#### 3.3.4 Chladenie röntgenky

Kontroluje sa vizuálne, či pri zlyhaní chladenia röntgenky dôjde k vypnutiu vysokého napätia a či pri opätovnom spustení chladenia nedôjde k samovoľnému zapnutiu vysokého napätia.

Kontrola: F

#### 3.3.5 Funkčnosť antikolízneho systému

Tam, kde je motorický úložný stôl pacienta, alebo motorické rameno ožarovača sa kontroluje funkčnosť antikolízneho systému, či sa zablokuje pohyby stola resp. ožarovača. Antikolízny systém musí reagovať najmenej 5 mm nad pacientom alebo predmetom. Pohyby stola musia zastaviť najmenej 2 mm nad pacientom alebo predmetom.

Kontrola: F

#### 3.3.6 Neporušenosť filtrov

Kontroluje sa neporušenosť výmenných prídavných filtrov čo je zásadná požiadavka na ich použitie, nakoľko chýbajúce vrstvy môžu podstatne zmeniť dávkový príkon a kvalitu žiarenia.

Kontrola: F

### 3.3.7 Tubusy

Vykoná sa vizuálna kontrola mechanickej neporušenosti.

Kontrola: F

### 3.3.8 Kontrola pohybov a aretácia ožarovača a ožarovacieho stola.

Kontroluje sa funkčnosť jednotlivých lineárnych a rotačných pohybov ožarovača a úložného stola, pokiaľ to konštrukcia ožarovača umožňuje. Zároveň sa kontroluje funkčnosť aretácie pohybov a funkčnosť koncových blokov pohybov. Pri lineárnych a rotačných pohyboch sa kontroluje koncová poloha po ich zastavení.

Kontrola: F

Tolerancia: Maximálna odchýlka u lineárnych pohybov:  $\pm 2$  mm

Maximálna odchýlka rotačných pohybov  $\leq 1^\circ$

## 3.4 Bezpečnosť zariadenia vzhľadom na zväzok žiarenia

### 3.4.1 Voľba prídavného filtra

Kontrolujú sa nižšie uvedené požiadavky pre rtg. ožarovače, určené na používanie s výmennými prídavnými filtermi:

- jasné a stále označenie každého výmenného prídavného filtra tak aby sa dal identifikovať aj v prípade zasunutia v ožarovacej hlavici,
- zabezpečenie, že sa nedá zapnúť žiarenie, kým obsluha nezvolí na ovládacom paneli predpísanú kombináciu napätia a prúdu röntgenky. Pri automatickom ukončení ožiarovania (po aplikácii predvolenej dávky) musí byť umožnené ďalšie žiarenie až po novom výbere alebo potvrdení prídavného filtra,
- zabezpečenie, že sa nedá pustiť žiarenie pokiaľ nie je výmenný filter, zvolený na ovládacom paneli, umiestnený v správnej polohe v ožarovači.

Kontrola: F

### 3.4.2 Voľba tubusu s trvalo pripevneným filtrom

Kontroluje sa vybavenosť rtg. ožarovačov s výmennými tubusmi, ktoré majú trvalo pripevnené filtre, takým systémom, ktorý neumožní zapnúť žiarenie, pokiaľ nie je výmenný tubus správne orientovaný a pripevnený ku krytu röntgenky. Zvolené napätie musí byť jedno z tých, ktoré sú špecifikované pre použitie s vybraným tubusom.

Kontrola: F

### 3.4.3 Systém aplikácie dávky

U rtg. ožarovačov, ktoré sú vybavené detektorom žiarenia (monitorovú komorou) s displejom pre monitorovanie dávky na ovládacom paneli, sa kontroluje automatické vypnutie žiarenia keď parametre dosiahnu predvolené hodnoty.

Rtg. ožarovač musí byť vybavený zariadením, na ktorom, sa dá predvoliť hodnota parametra (napr. ožarovací čas alebo monitorovacie jednotky), ktorý má vzťah k absorbovanej dávke v referenčnom bode v liečenom objeme.

Kontrola: F

.

#### 3.4.4 Systém sledovania pacienta

Kontroluje sa, či je možné pacienta nepretržite vizuálne sledovať (pozorovacie okienko do ožarovne, resp. TV systém kamery a monitor) a či je funkčná obojstranná akustická komunikácia.

Kontrola: F

### 4. SKÚŠKY MECHANICKÝCH A OPTICKÝCH PARAMETROV

Kontroluje sa či na každom tubuse je trvalo a jasne označený nominálny rozmer radiačného poľa na konci tubusu a nominálna vzdialenosť od ohniska ku koncu tubusu. Takáto kontrola sa robí aj na kolimačnom zariadení zobrazenia nominálnych rozmerov radiačného poľa a nominálnej vzdialenosti ohnisko – koža na displeji.

Kontrola: F

#### 4.1 Súhlas medzi geometrickou osou kolimátora, osou rotácie kolimátora a svetelnou osou

Kontroluje sa stabilita polohy stredu svetelného kríža pri rotácii kolimátora v definovanej vzdialenosti OK.

Kolimátor má os symetrie, okolo ktorej sa otáča pričom sa kontroluje či je táto os zhodná so svetelnou osou, definovanou priemetom stredového kríža.

Test sa vykoná pri uhle ramena  $0^\circ$ .

Tolerancia zhody medzi svetelnou a rotačnou osou:  $\leq 2$  mm.

#### 4.2 Ožarovacia vzdialenosť ohnisko – koža ( OK )

U rtg. ožarovačov s premennou ožarovacou vzdialenosťou sa kontroluje správnosť nastavenia vzdialenosti (mechanický pointer, optický zameriavací systém). Kontrola sa vykoná pre všetky používané vzdialenosti pre základnú polohu (kolmo na zem) a pre horizontálne polohy.

Tolerancia nastavenia vzdialenosti:  $\leq 2$  mm

4.3 Symetria kolimátora, rovnobežnosť a kolmosť clôn vymedzujúcich rtg. zväzok resp. tubusu.



Parametre sa kontrolujú pre základnú polohu gantry a pre obidve polohy s horizontálnym zväzkom pri veľkosti poľa (10 cm x 10 cm) a pri maximálnej veľkosti ožarovacieho poľa v štandardnej ožarovacej vzdialenosti, vždy pre dve polohy kolimátora navzájom pootočené o 90°. Rovnobežnosť a kolmosť konca tubusu sa kontroluje u všetkých tubusov.

#### 4.3.1 Symetria kolimátora

Kontrola sa realizuje meraním vzdialenosti medzi svetelnou osou kolimátora a stredmi strán svetelného poľa a stanoví sa rozdiel medzi najmenšou a najväčšou nameranou hodnotou.

Tolerancia:  $\leq 2$  mm

#### 4.3.2 Rovnobežnosť a kolmosť kolimátora resp. tubusu

Kontrola sa robí zmeraním uhlov medzi susednými a protíahlými clonami kolimátora, resp. tubusu, alebo meraním uhlov strán svetelného poľa, resp. štvoruholníka vzniknutého obkreslením konca tubusu na papier.

Tolerancia:  $\pm 1^\circ$

#### 4.4 Veľkosť svetelného poľa

Veľkosť svetelného poľa sa kontroluje priamym meraním vzdialenosti medzi protíahlými okrajmi zobrazeného svetelného poľa, v obidvoch osiach poľa, v rovine kolmej na os zväzku žiarenia v danej vzdialenosti OK, pre všetky veľkosti polí, alebo v prípade možnosti plynulého nastavenia veľkosti polí, najmenej pre 5 rôznych veľkostí.

Pre jednu veľkosť poľa a vzdialenosť OK sa svetelné pole meria pri polohe gantry  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  a  $270^\circ$ .

Tolerancia medzi požadovanou a nameranou veľkosťou poľa:  $\leq 2$  mm

### 5. CHARAKTERISTIKY RADIAČNÉHO POĽA

#### 5.1 Veľkosť radiačného poľa

Veľkosť radiačného poľa je daná rozmerom plochy, vymedzenej 50% izodózou (100% leží v osi zväzku žiarenia), v rovine kolmej na os zväzku žiarenia v štandardnej ožarovacej vzdialenosti. Kontroluje sa pre jedno pole strednej veľkosti (10cm x 10 cm), pre jedno malé pole a jedno maximálne pole.

Tolerancia medzi veľkosťou radiačného poľa a údajom na kolimátore, resp. tubuse:  $\leq 2$  mm

##### 5.1.1 Zhoda svetelného a radiačného poľa

Kontroluje sa snímkom na film, umiestnený na povrchu fantómu, alebo vyhodnotením profilov, zmeraných detektorom s veľkou rozlišovacou schopnosťou. Meranie sa vykoná v základnej polohe ožarovača pre pole (10 m x 10 cm), pre všetky používané kombinácie napätia röntgenky a prídavných filtrov. Pre jedno napätie a filtráciu (najčastejšie používané v klinickej praxi) sa vykoná aj meranie s najmenším a najväčším poľom.

Pre jedno pole a jednu kvalitu rtg žiarenia sa zmeria zhoda aj v horizontálnej polohe. Vyhodnocuje sa maximálna vzdialenosť medzi okrajom svetelného poľa a okrajom radiačného poľa.

Tolerancia:  $\leq 2$  mm

### 5.1.2 Zhoda svetelnej osi (osi tubusu) a osi zväzku žiarenia

Kontrola sa vykonáva vyhodnotením vzdialenosti medzi priemetom svetelnej osi (resp. stredom tubusu) a priemetom osi zväzku žiarenia (priesečník uhlopriečok radiačného poľa, stanoveného v časti 6.1.1) do roviny kolmej na os zväzku žiarenia v štandardnej ožarovacej vzdialenosti.

Tolerancia zhody :  $\leq 2$  mm

### 5.1.3 Zhoda radiačného poľa s údajom tubusu (alebo stupnice)

Postup ako v časti 5.1.1. Kontrola sa vykoná pre jednu kombináciu napätia a filtrácie pre všetky tubusy a pre jeden tubus a všetky používané kvality rtg. žiarenia.

Vyhodnocuje sa rozdiel medzi veľkosťou radiačného poľa a údajom tubusu resp. stupnice.

Tolerancia zhody :  $\leq 2$  mm

## 5.2 Homogenita radiačného poľa

Kontrola sa vykonáva meraním pre maximálnu veľkosť ožarovacieho poľa a pre jednu strednú veľkosť ožarovacieho poľa, pre všetky používané kvality žiarenia, pre najmenšiu vzdialenosť OK, vo vzduchu, exponovaním filmu, ktorý je umiestnený kolmo na os zväzku žiarenia, pričom pri denzitometrickom vyhodnutí je nutné mať overenú závislosť dávky na sčernení. Meranie sa dá vykonať aj detektorom s rozmerom max. 4 mm.

Výsledky merania sa spracovávajú podľa definície.

Kontrola sa dá vykonať aj polovodičovým 48 kanálovým hrebeňovým detektorom, s priamym vyhodnotením. Meranie touto metódou sa dá vykonať pre pole väčšie ako 6cm x 6 cm s napätím na rtg lampe väčším ako 60 kV.

Tolerancia homogenity:  $< 1,16$

### 5.3 Symetria radiačného poľa

V rámci kontroly sa vykoná meranie pre maximálnu veľkosť ožarovacieho poľa a pre jednu strednú veľkosť ožarovacieho poľa, pre všetky kvality žiarenia, pre najmenšiu vzdialenosť OK, vo vzduchu, exponovaním filmu, ktorý je umiestnený kolmo na os zväzku žiarenia, pričom pri denzitometrickom vyhodnutí sa pracuje s overenou závislosťou dávky na sčernení. K meraniu sa dá využiť aj detektor s rozmerom max. 4 mm.

Meranie sa dá vykonať tiež polovodičovým 48 kanálovým hrebeňovým detektorom, s priamym vyhodnotením pre pole väčšie ako 6 cm x 6 cm s napätím na rtg lampe väčším ako 60kV.

Tolerancia: symetria musí byť  $< 1,05$  pre napätie nad 60kV a  
 $< 1,1$  pre napätie pod 60kV.

## 5.4 Polotieň radiačného poľa

Kontrola sa vykonáva meraním pre všetky kvality žiarenia, vzdialenosti OK a vždy najmenej 3 veľkosti poľa v referenčnej hĺbke ( podľa kvality žiarenia) vo vodnom fantóme, ionizačnou komôrkou s malým objemom (do  $0,6 \text{ cm}^3$ ) alebo polovodičovým detektorom, alebo sa uskutoční pomocou 48 kanálového polovodičového hrebeňového detektora. Pre jednu konfiguráciu sa vykoná meranie aj pre gantry  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  a  $270^\circ$ . Meranie sa vykoná vždy pre obe osi poľa.

Meranie podľa predchádzajúceho popisu sa dá vykonať pre rtg. žiarenie pri napätí rtg. lampy nad 60kV.

Pre nižšie energie a veľké polia sa meranie vykoná planparalelnou komôrkou pre mäkké žiarenie v špeciálnom fantóme.

Pre nižšie energie a malé polia sa odhaduje pomocou fotodenzitometrie.

Veľkosť polotieňa je vzdialenosť medzi 20% a 80% izodóznou krivkou.

Tolerancia:  $< 11 \text{ mm.}$  od referenčnej hodnoty

## 5.5 Ochranné vlastnosti krytu röntgenky a kolimačného systému

Kontrolujú sa dozimetrom s nepresnosťou max. 20 % v rozsahu energií 10 až 300 kV s plochou detektoru približne  $100 \text{ cm}^2$  (pre meranie vo vzdialenosti 1 m) a s plochou približne  $5 \text{ cm}^2$  pre meranie vo vzdialenosti 5 cm.

Kontrola sa vykoná pri maximálnom vysokom napätí a prúde, pri zakrytom výstupnom okienku (minimálne 20 polovrstiev olova) najmenej v 6. bodoch vo vzdialenosti 1 m od povrchu krytu röntgenky.

Kontrola únikového žiarenia kolimátorom sa vykonáva rovnakým zariadením (detektor s plochou max.  $5 \text{ cm}^2$ ) pri rovnakých parametroch kV a mA v najmenšej používanej vzdialenosti OK pri najmenšej veľkosti poľa v oboch osiach poľa, zvonku, vo vzduchu.

Tolerancia: tubusy alebo kolimačný systém musia zoslabiť kermový príkon mimo primárneho zväzku na max 2 % hodnoty kermového príkonu v osi zväzku užitočného žiarenia v danej rovine kolmej na os zväzku.

## 6. DOZIMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY

### 6.1 Absorbovaná dávka v referenčnom bode

Kontrolné meranie sa vykoná pre rozsah napätí na rtg. lampe do 90 kV planparalelnou ionizačnou komorou (mäkké rtg. žiarenie) v špeciálnom fantóme, kalibrovanou spolu s vyhodnocovacím zariadením v SMÚ, s celkovou nepresnosťou  $< 1\%$ , po korekcii na tlak a teplotu.

Pre vyššie napätia, t.j. 90 až 300 kV, sa meranie vykoná za rovnakých podmienok, podľa rovnakého protokolu, len miesto planparalelnej komôrky sa použije valcová ionizačná komora s objemom  $0,6 \text{ cm}^3$ . Kontrola je možná meraním vo vzduchu alebo vo vodnom fantóme

s rozmermi minimálne 30 cm x 30 cm x 30 cm .Nameraná hodnota je v tom prípade uvedená ako kerma vo vzduchu alebo dávka vo vode.

Meranie sa vykoná v základnej polohe gantry pre všetky predpísané kvality žiarenia, veľkosti ožarovacieho poľa a vzdialenosti OK a okrem toho aspoň pre jednu kvalitu žiarenia pri uhle gantry 90°,180° a 270°.

Každé meranie sa opakuje najmenej 3-krát.

Detektor musí byť umiestnený vo vzdialenosti >1m od okolitého materiálu, aby nedochádzalo k nedefinovaným odrazom.

Tolerancie: pre rozsah 10-60 kV max. odchýlka od udanej hodnoty  $\pm 7\%$ .

pre rozsah nad 60 kV max. odchýlka  $\pm 3\%$ .

## 6.2 Kvalita žiarenia. Meranie polohrúbky

Pre kontrolu kvality žiarenia sa meria polohrúbka, pre stanovenie ktorej sa používa zoslabovací materiál hliník, (max. do polohrúbky 8 mm) a meď pre polohrúbky > 8 mm Al. Ionizačná komora s energetickou závislosťou < 2,5 % v danom energetickom rozsahu, sa umiestni do vzdialenosti > 80 cm od ohniska zdroja rtg žiarenia v osi zväzku a dostatočne ďaleko (> 1 m) od predmetov, ktoré by mohli spôsobiť rozptyl žiarenia. Vzdialenosť medzi ionizačnou komorou a prídavnými meracími filtermi je 30 cm až 50 cm. Hrúbka prídavných meracích filtrov sa postupne zvyšuje, pokiaľ sa zaznamená polovičná odozva detektora oproti odozve detektora pri meraní nefiltrovaného zväzku. Hrúbka prídavného meracieho filtra je 1.polohrúbka.

Na stanovenie 2.polohrúbky sa zväčšuje hrúbka prídavného meracieho filtra, zodpovedajúca štvrtinovej odozve komory

Zníženie nepresnosti merania sa dosiahne dodržiavaním rovnakých geometrických podmienok.

Určenie polohrúbky sa vykoná pre všetky kvality rtg žiarenia (konfigurácia kV a prídavných filtrov), používané s daným rtg ožarovačom v klinickej praxi.

Pre napätie na rtg. lampe < 60 kV sa musí použiť planoparalelná ionizačná komora pre mäkké rtg žiarenie. Pre napätie > 60 kV sa používa valcová komora, napr. 0,6 cm<sup>3</sup>. Celková nepresnosť detekčného systému musí byť < 2% .

Pomer 1. a 2. polohrúbky dáva stupeň homogenity.

Dobrá zhoda určenia 1. a 2. polohrúbky pri opakovaných kontrolách svedčí o stabilite energetickej distribúcie vo zväzku rtg žiarenia . V tomto prípade sa nekontrolujú všetky hĺbkové dávky.

Pri meraní polohrúbok kontaktných rtg. ožarovačov je vzdialenosť ohnisko-filter-detektor úmerne menšia, podľa vzdialenosti OK.

Tolerancia: zhoda v určení polohrúbok s referenčnou hodnotou je

pre napätie do 60 kV : < 14 %

pre napätie nad 60 kV : < 7 %

Odporúčaná hodnota stupňa homogenity: 0,6

## 6.3 Percentuálne hĺbkové dávky

Kontrolujú sa meraním vo vodnom fantóme polovodičovým detektorom alebo ionizačnou komorou o priemere max. 6 mm, pre všetky kvality žiarenia, vzdialenosti OK a veľkosti polí, minimálne v 4 rôznych hĺbkach a v hĺbke maxima ionizácie.

Pre nízkoenergetické rtg ožarovače (< 60 kV) je prípustné použiť podľa zmeranej polohrúbky pre dané kV a filtráciu hodnoty uvedené v 1) Priame meranie sa dá vykonať vo vodnom fantóme diskovými TLD dozimetrami s hrúbkou max. 0,1 mm alebo pomocou kalibrovaného filmu (exponovaného tiež vo vodnom fantóme) s denzitometrickým vyhodnotením.

Hodnoty z publikácie 1) možno použiť aj pre rtg nad 60 kV, za predpokladu súhlasu polohrúbok a hĺbkových dávok pre jednu veľkosť ožarovacieho poľa, jednu vzdialenosť OK, avšak všetky konfigurácie kV, mA a filtrov, používané v klinickej praxi.

Tolerancia: Maximálna odchýlka od referenčnej hodnoty  $\pm 2\%$  pre 100 kV až 300 kV

Maximálna odchýlka od referenčnej hodnoty  $\pm 3\%$  pre 60 kV až 100 kV

Maximálna odchýlka od referenčnej hodnoty  $\pm 7\%$  pre 10 kV až 60 kV

1) BJR Supplement 25 „Central Axis Depth Dose Data for Use in Radiotherapy,“ 1996

## 7. SYSTÉM MONITOROVANIA DÁVKY

### 7.1 Kontrola ožarovacieho času

Overujú sa zabudované hodiny definujúce ožarovací čas.

Stupnica zabudovaných hodín musí byť delená najmenej po 0,2 s.

Meria sa pomocou vonkajších stopiek skutočný čas medzi spustením a vypnutím ožarovania a to najmenej trikrát pre štyri rôzne hodnoty nastaveného času. Pre určenie reprodukovateľnosti jedna hodnota nastaveného času sa meria najmenej desaťkrát.

Tolerancia: Súhlas medzi nastaveným a meraným časom musí byť  $\pm 0,5\%$  .

### 7.2 Efekt zapnutia

Kontroluje sa prídavná dávka, spôsobená „nábehom“ a „poklesom“ ionizujúceho žiarenia po štarte a vypnutí žiarenia.

Odozva dozimetra na stanovenie dávky D žiarenia na centrálnej osi primárneho zväzku sa meria po dobu 120 s. V rovnakom bode za rovnakých podmienok sa meria rozdelená dávka  $D_f$  aplikovaná v ôsmich 15 sekundových frakciách.

Prídavná dávka je  $(D_f - D) / 7$

Meranie sa vykoná pre najmenej 3 rôzne kvality rtg žiarenia ionizačnou komorou o objeme  $0,6 \text{ cm}^3$ , vo vzduchu pre rozsah napätia na rtg lampe 90 až 300 kV. Pre rtg žiarenie < 90 kV sa používa špeciálna planparalelná komora v plastovom fantóme.

Odozva je vyhodnocovaná elektromerom s nepresnosťou max.  $\leq 1\%$  .

Tolerancia: Prídavná dávka musí byť  $< 0,01 \text{ Gy}$  , alebo  
odpovedajúci prídavný čas musí byť  $< 0,5\%$

(Poznámka: pri prídavnom čase do 3 s je prevádzka povolená len za predpokladu vytvorenia vhodného algoritmu, ktorý tento čas koriguje.)

### 7.3 Kontrola monitora aplikovanej dávky

Presnosť aplikovanej dávky sa určuje pre všetky kvality žiarenia, veľkosti polí, OK a referenčnú hĺbku, podľa postupu v časti 7.2 (efekt zapnutia) pri nastavení dávky na monitore. Toto meranie sa musí vykonávať v integrálnom režime. Ožarovanie ukončuje monitor dávky.

Linearita monitora sa overuje pre najnižšiu, strednú a najvyššiu energiu rtg. žiarenia pre jednu veľkosť poľa a vzdialenosť OK, pri nastavení 0,5 , 1,0 , 1,5 , 2,0 , 3,0 , 4,0 a 5,0 Gy na monitore dávky. Aplikovaná dávka sa meria ako v časti 7.2 .

Reprodukovateľnosť monitora sa testuje pri strednej energii rtg. žiarenia, pre jednu veľkosť poľa a jednu vzdialenosť OK. Desaťkrát sa opakuje aplikácia rovnakej dávky. Aplikovaná dávka sa meria ako v bode časti 7.2 .

Tolerancia: Presnosť aplikovanej dávky  $\leq 2 \%$  pre napätie rtg lampy nad 60 kV

Presnosť aplikovanej dávky  $\leq 4 \%$  pre napätie rtg lampy do 60 kV

Linearita  $\leq 1 \%$  .

Reprodukovateľnosť  $\leq 1 \%$  .

Ožarovač musí byť vybavený zdvojeným systémom, t.j. monitorom aplikovanej dávky a hodinami alebo druhým monitorom aplikovanej dávky, pričom druhý systém vypína s oneskorením 5 až 10 % pri zlyhaní prvého.

## 8. SKÚŠKY ÚLOŽNÉHO STOLA PACIENTA

Kontrola stálosti nastavenia výšky stola: meria sa pokles výšky stola, zaťaženého predmetom hmotnosti 100 kg počas 10 minút.

Priehyb dosky stola sa meria pri zaťažení dosky stola na jeho okraji bližšie k rtg. ožarovaču predmetom s hmotnosťou asi 50 kg, ako rozdiel vzdialenosti okraja dosky stola od podlahy pri minimálnom a maximálnom priečnom, resp. pozdĺžnom vysunutí dosky ožarovacieho stola.

Tolerancia: Pokles výšky stola max.  $\pm 2$  mm

Priečny priehyb dosky stola max.  $\pm 2$  mm

Pozdĺžny priehyb dosky stola max.  $\pm 2$  mm

## VYBAVENIE A POMÔCKY POTREBNÉ NA VYKONÁVANIE SKÚŠOK

Subštandardný kalibrovaný dozimeter alebo elektrometer

Kalibrovaná ionizačná komora pre subštandardný dozimeter

- valcová pre konvenčné rtg. ožarovače
- planparalelná pre nízkoenergetické rtg ožarovače

Kontrolný zdroj (Sr + Y) pre subštandardný dozimeter

Rutinny dozimeter

Ionizačná komora pre rutinný dozimeter

Detektor s veľkou rozlišovacou schopnosťou (napr. ionizačná komora s vnútorným priemerom menším než 5 mm, polovodič)

Vodný fantóm pre konvenčné rtg. ožarovače

Špeciálny fantóm pre nízkoenergetické ožarovače

Sada hliníkových a medených filtrov (čistota 99,9 %)

Filtre s držiakom pre meranie polohrúbky.

Verifikačné filmy

Denzitometer

Stopky

Teplomer

Tlakomer

Presné dĺžkové meradlo (do 1m)

Posuvné meradlo

Vodováha

Olovnica

Uhlomer

Overený prístroj pre monitorovanie rozptýleného žiarenia v prostredí

Stojany, držiaky

Predlžovacie káble k detektorom

## PERIODICKÉ KONTROLY RTG OŽAROVAČA

<b>Program konania skúšok röntgenového zariadenia</b>		
Kontrola	Prípustná odchýlka	Nameraná hodnota
<b>Denná kontrola</b>		
Signalizácia prevádzkových hodnôt	F	
Signalizácia filtrácie	F	
Signalizácia činnosti röntgenového žiariča	F	
<b>Týždenná kontrola</b>		
Funkčnosť dverných kontaktov	F	
Funkčnosť svetelnej signalizácie pri vstupe	F	
Chladenie röntgenovej lampy	F	
Veľkosť radiačného poľa	2 mm, resp. 1 % z veľkosti poľa	
Vzdialenosť ohnisko - koža pacienta	1 mm	
Neporušenosť filtra	F	
Správna činnosť hodín ožarovača	1 %	
Mechanická stabilita		
<b>Mesačná kontrola</b>		
Zaistenie pred samovoľným zapnutím	F	
Zachovanie údajov o dobe ožarovania	F	
Mechanická neporušenosť tubusov	F	
Príslušenstvo ožarovacieho zariadenia	F	
Príkon ekvivalentnej dávky	2 %	
Kalibrácia monitorovej komory	2 %	
<b>Štvrt'ročná kontrola</b>		
Ochranné pomôcky		
Zhoda svetelného a radiačného poľa	2 mm, resp 1% z veľkosti poľa	
Index homogenity radiačného poľa	1,1	
Index symetrie radiačného poľa	1,04	
<b>Ročná kontrola</b>		
Zhoda radiačného poľa s údajom tubusu	2 mm, resp. 1 % z veľkosti poľa	
Polohrúbka	7 %	
Hĺbková dávka		
Dávka v referenčnom bode	3 %	
Tieniace vlastnosti röntgenovej lampy	10 mSv/h v 1 m	
Tieniace vlastnosti clón a tubusov	max. 2 % z príkonu v rtg zväzku	
Presnosť vysokého napätia	10 %	
Reprodukovateľnosť vysokého napätia	5 %	
Presnosť elektrického prúdu	10 %	
Reprodukovateľnosť elektrického prúdu	5 %	
Linearita expozície	10 %	



## Tolerančná tabuľka

Parameter	Tolerancia	
nulová poloha a presnosť stupníc	$\leq 1^\circ$	
Maximálna koncová poloha u lineárnych pohybov	$\pm 2$ mm	
Maximálna koncová poloha u rotačných pohybov	$\leq 2^\circ$	
zhoda medzi osou symetrie kolimátora a svetelnou osou	$\leq 2$ mm	
nastavenie ožarovacej vzdialenosti (OK)	$\leq 2$ mm	
symetria kolimátora	$\leq 2$ mm	
rovnobežnosť a kolmosť kolimátora resp. tubusu	$\pm 1^\circ$	
veľkosť svetelného poľa	$\leq 2$ mm	
zhoda svetelného a radiačného poľa	$\leq 2$ mm	
zhoda svetelnej osi a osi zväzku žiarenia	$\leq 2$ mm	
zhoda radiačného poľa s údajom tubusu	$\leq 4$ mm	
homogenita radiačného poľa	pre napätie nad 60 kV	$< 5$
	pre napätie do 60 kV	$< 10$
symetria radiačného poľa	pre napätie nad 60 kV	$< 1,05$
	pre napätie do 60 kV	$< 1,1$
polotieň radiačného poľa	$< 12$ mm	
maximálna hodnota kermového príkonu za krytom röntgenky v 1 m	$10 \text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$	
maximálna hodnota kermového príkonu pre kontaktné RTG ožarovače do 60 kV vo vzdialenosti 5 cm od krytu	$1 \text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$	
maximálna odchýlka absorbovanej dávky	pre napätia v rozsahu 10 – 60 kV	7 %
	pre napätie nad 60 kV	3 %
zhoda v určení polohrúbky	pre napätie nad 60 kV	$< 7$ %
	pre napätie do 60 kV	$< 14$ %
maximálna odchýlka percentuálnych hĺbkových dávok	pre napätie v rozsahu 10 – 60 kV	7 %
	pre napätie v rozsahu 60 – 100 kV	3 %
	pre napätie v rozsahu 100 – 300 kV	2%
zhoda medzi nastaveným a meraným časom	$\pm 0,5$ %	
maximálna prídavná dávka	0,01 Gy	
maximálny prídavný čas	0,5 %	
presnosť aplikovanej dávky	pre napätie nad 60 kV	$< 2$ %
	pre napätie do 60 kV	$< 4$ %
Linearita	$< 1$ %	
reprodukovateľnosť	$< 1$ %	
maximálny pokles výšky stola	$\pm 2$ mm	
maximálny priečny priehyb dosky stola	$\pm 2$ mm	
maximálny pozdĺžny priehyb dosky stola	$\pm 2$ mm	