

USMERNENIE PRE ZABEZPEČENIE KVALITY RÁDIONUKLIDOVÝCH OŽAROVAČOV PRE EXTERNÚ RÁDIOTERAPIU

1.	VŠEOBECNÉ USTANOVENIA	3
2.	POPIS PRÍSTROJA A ÚLOŽNÉHO STOLA PACIENTA	4
2.1	Popis rotačných osí a posuvných pohybov rovín:	4
2.2	Uhlové stupnice	4
2.2.1	Delenie stupníc	4
2.2.2	Nulové polohy a presnosť stupníc	5
2.2.3	Stupnica uhlovej rýchlosti	5
2.3	Stupnice pre posuvný pohyb	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
3.2.3	Signalizácia na ovládacom paneli RO	6
3.2.4	Systém sledovania pacienta	6
3.3	Mechanické a elektronické bezpečnostné systémy	7
3.3.1	Vstupné dvere do ožarovne	7
3.3.2	Núdzové vypínače	7
3.3.3	Núdzové uzatvorenie zdroja žiarenia	7
3.3.4	Funkčnosť antikolízneho systému	7
3.3.5	Koncové polohy	8
3.3.6	Bezpečnostné zariadenia vzťahujúce k vzájomnému pohybu ožarovača a ožar. stola	8
3.4	Ožarovacie pomôcky	9
3.5	Bezpečnosť zariadenia vzhľadom na zväzok žiarenia	9
3.5.1	Kontrola funkčnosti systému monitorovania dávky	9
3.6	Systém sledovania pacienta	10
4	SKÚŠKY MECHANICKÝCH A OPTICKÝCH PARAMETROV	10
4.1	Súhlas medzi geometr.osou kolimátora, osou rotácie kolimátora a svetelnou osou	10
4.3	Mechanický zameriavač a optický diaľkomer	11
4.4	Symetria kolimátora, rovnobežnosť a kolmost' lamiel	11
4.5	Veľkosť svetelného poľa	12
5.	CHARAKTERISTIKY RADIAČNÉHO POĽA	12
5.1	Veľkosť radiačného poľa	12
5.1.1	Zhoda svetelného a radiačného poľa	12
5.2	Homogenita a symetria štvorcových polí	12
5.2.1	Stabilita homogenity štvorcových polí v závislosti na uhlovom nastavení	13
5.3	Symetria radiačného poľa	13
5.4	Polotieň radiačného poľa	13
5.5	Klinový faktor W_f	14

5.6	Žiarenie prenikajúce kolimačným systémom	14
5.6.1	Únikové žiarenia zvonka maximálneho radiačného poľa	14
6.	DOZIMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY 15	
6.1	Reprodukovateľnosť monitorovania dávky	15
6.2	Linearita systému monitorovania dávky	15
6.3	Závislosť dávky na uhlovom nastavení.	15
6.4	Závislosť dávky na otáčaní ramena	16
6.5	Závislosť na tvare ožarovacieho poľa	16
6.5.1	Faktory veľkosti poľa	16
6.5.2	Faktor podložky	16
6.6	Stabilita kalibrácie	16
6.6.1	Stabilita	16
6.6.2	Stabilita pri pohybovej rádioterapii	17
6.7	Určenie dávky	17
6.7.1	Reprodukovateľnosť nastavenia veľkosti poľa	17
6.7.2	Faktor zoslabenia tieniacim blokom	17
6.7.3	Závislosť od ožarovacej vzdialenosti (OK)	17
7.	SYSTÉM MONITOROVANIA DÁVKY	18
7.1	Kontrola ožarovacieho času	18
7.2	Vplyv vysúvania a zasúvania žiariča na dávku	18
7.3	Kontrola časomerača aplikovanej dávky	18
7.4	Uchovanie údajov o ožarovanom a odžiarenom čase	19
8.	SKÚŠKY ÚLOŽNÉHO STOLA PACIENTA	19
8.1	Os izocentrickej rotácie stola a doska stola pacienta, os rotácie dosky stola	19
8.2	Os odchýlenia stola (vodorovnosť)	19
8.3	Zvislý pohyb stola	19
8.4	Izocentrické otáčanie stola	20
8.5	Rovnobežnosť rotačných osí stola	20
8.6	Pevnosť stola	20
8.6.1	Pozdĺžna pevnosť stola	20
8.6.2	Priečna pevnosť stola	20
8.6.3	Stálosť nastavenia výšky stola:	21
9.	TESNOST UZAVRETÉRHO RADIONUKLIDU	21
	VYBAVENIE A POMÔCKY POTREBNÉ NA VYKONÁVANIE SKÚŠOK	22
	PERIODICKÉ KONTROLY RO	23
	TOLERANČNÁ TABUĽKA	24

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. 345/2006 Z. z. o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením.

Predmetom usmernenia sú pracovné postupy pri skúškach dlhodobej stability a pravidelných kontrolách RO. Sú to testy a merania po inštalácii, opravách a pravidelných kontrolách prístrojov na rádioterapeutických pracoviskách. Cieľom je kontrola, 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: Rádionuklidové ozařovače, SÚJB – Radiační ochrana, květen 2003

P.Aletti, P.Bey: Recommendations for a quality assurance programme in external radiotherapy, ESTRO Booklet Nr.2 1995

2. POPIS PRÍSTROJA A ÚLOŽNÉHO STOLA PACIENTA

RO sa skladá z:

- ramena (gantry),
- rádionuklidu ^{60}Co , krytu a kolimačného systému
- riadiaceho a ovládacieho systému,
- úložného stola.

2.1 Popis rotačných osí a posuvných pohybov rovín:

Na RO je možné definovať osi pohybov:

- os rotácie ramena
- os rotácie kolimátora
- os izocentrickej rotácie stola
- os rotácie dosky stola
- os zvislého (vertikálneho) posuvu dosky stola
- os priečného (bočného) posuvu dosky stola
- os pozdĺžneho posuvu dosky stola
- os rotácie pre bočné naklápanie hlavice
- os rotácie pre čelné naklápanie hlavice

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

Na RO sú definované tri hlavné roviny:

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

Ďalej sú definované polohy ožarovača:

- základná poloha ožarovača: uhol ramena 0° , smer ožiarenia zvisle dole
- hlavné polohy: dosiahnuté rotáciou ramena okolo svojej osi o 90° , 180°
a 270° od základnej polohy

2.2 Uhlové stupnice

2.2.1 Delenie stupníc

Uhlové stupnice sú delené minimálne po stupňoch s použitím kladných čísiel a stupnica je jednoznačná (napr. 358° , 359° , 1° , 2° ...).

2.2.2 Nulové polohy a presnosť stupníc

Pre základnú polohu majú stupnice ôs hodnotu 0 (pri pohľade v smere hlavica - statív, u kolimátora pri pohľade smerom ku zdroju), hodnoty v smere pohybu hodinových ručičiek rastú.

Nulová poloha ramena sa kontroluje pomocou olovnice a priemetu svetelného kríža, ich vzdialenosť sa prepočíta na stupne v rozsahu stupnice.

Tolerancia: $\leq 1^\circ$.

2.2.3 Stupnica uhlovej rýchlosti

Stupnica uhlovej rýchlosti pre pohybovú terapiu je delená min. po 1 stupni za minútu. Kontrola sa robí min. pre 3 hodnoty (najmenšiu a najväčšiu nastaviteľnú rýchlosť a ešte aspoň 1 ďalšiu hodnotu). Odchýlka skutočnej uhlovej rýchlosti pohybu od nastavenej hodnoty sa udáva v % nastavenej hodnoty.

Tolerancia: $\pm 2\%$.

2.3 Stupnice pre posuvný pohyb

Kontroluje sa linearita stupnice, ktorá je delená pre posuvný a pre zvislý pohyb stola po 1mm. K popisu sa používajú iba nezáporné čísla a stupnica musí byť jednoznačná.

Tolerancia posuvného a zvislého pohybu: $\pm 2\text{ mm}$.

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 funkčnosti a výrobných čísel. Preveruje sa kompletnosť dokumentácie, hlavne zrozumiteľnosť návodu k obsluhu.

Kontrola: F

3.2 Signalizácia stavu prístroja

Kontroluje sa vybavenie prístroja systémom, ktorý rozlišuje kľudový a pracovný stav prístroja v prípade:

- keď odozva systému je odvodená mechanicky priamo zo zmien polohy zdroja žiarenia alebo tieniacich prvkov bez sprostredkujúcich vplyvov ďalších častí prístroja.
- keď systém, rozlíši kľudový a pracovný stav prístroja na základe intenzity zväzku ionizujúceho žiarenia.

V prípade nesúladu údajov oboch systémov musí byť vysielaný akustický a optický signál. Systémy musia byť funkčné aj v prípade výpadku sieťového napájania.

Kontrola: F

Varovné svetlá

Kontroluje sa pracovný stav prístroja indikovaný príslušnými farebnými výstražnými svetlami. Červené výstražné svetlá sú inštalované pri všetkých vstupoch do ožarovne. Pracovný stav je indikovaný aj na ovládacom paneli prístroja.

Kontrola sa robí postupom podľa návodu k obsluhu, aktivujú sa jednotlivé druhy signalizácie a kontroluje sa vizuálne správnosť signalizácie v kľudovom a pracovnom stave RO.

Kontrola : F

3.2.1 Signalizácia na ožarovači

Na ožarovacej hlavici je trvale umiestnený znak radiačného nebezpečia. 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 RO

Kontrolujú sa svetelné návestia na ovládacom paneli RO, či sú v súlade s farebným označením, uvedeným v norme 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 |
| - ožarovač zapnutý v pracovnej polohe | biela |

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

Kontrola : F

3.2.4 Systém sledovania pacienta

Kontroluje sa funkčnosť vizuálneho sledovania pacienta a akustického dorozumievania s ním počas ožarovania.

Kontrola : F

3.3 Mechanické a elektronické bezpečnostné systémy

3.3.1 Vstupné dvere do ožarovne

Kontroluje sa správnosť funkcií blokovania žiarenia všetkými inštalovanými dvernými kontaktmi: pri rozpojení ktoréhokoľvek kontaktu dverí nemôže sa zapnúť žiarenie.

Kontroluje sa, či bezpečnostný spínač preruší žiarenie v okamžiku otvorenia dverí, resp. pri prerušení svetelnej závery. Ak je vchod do ožarovne vybavený tieniacimi dverami, sú tieto dvere konštruované tak, aby ich bolo možné zvonku aj zvnútra otvoriť elektrickým spínačom. Zvonku sa musia dať otvoriť aj ručne (v prípade prerušenia dodávky elektrickej energie).

Kontrola : F

3.3.2 Núdzové vypínače

Kontroluje sa inštalácia dvoch typov havarijných tlačidiel :

- a) núdzové tlačidlá, ktoré prerušia elektrické napájanie pohybov ožarovača. Nachádzajú sa v ožarovni pri ovládacom paneli, v obsluhovni na ovládacom paneli a na stene pre ovládanie pohybu dverí.
- b) ostatné, tzv. STOP tlačidlá, ktoré zabezpečujú prerušenie ožarovania a všetkých elektricky riadených pohybov v núdzovom prípade

Nové spustenie žiarenia je možné len z ovládacieho panela.

Kontrola : F

3.3.3 Núdzové uzatvorenie zdroja žiarenia

Kontroluje sa :

- a) či je ožarovač skonštruovaný tak, aby pri výpadku dodávky elektrickej energie došlo k uzavretiu zdroja žiarenia do kľudovej polohy,
- b) či je ožarovač vybavený mechanickým zariadením (napr. kľukou) umožňujúcim ručné uzavretie zdroja žiarenia nezávisle od hlavného pohonu. Uloženie tohto zariadenia a smer pohybu či rotácie ovládajúceho prvku pre uzatvorenie žiariča sú na prístroji zreteľne vyznačené,
- c) či je ožarovač vybavený STOP tlačidlom na ovládacom paneli, umožňujúcim kedykoľvek uzavrieť zdroj žiarenia,
- d) či konštrukcia prístroja umožňuje diaľkové uzavretie kolimačného systému z obsluhovne nezávisle na sieťovom napätí.

Kontrola : F

3.3.4 Funkčnosť antikolízneho systému

Kontrolujú sa všetky funkcie antikolízneho zastavenia pohybov ožarovača, tieniaceho štítu a ožarovacieho stola. Kontroluje sa či antikolízny systém reaguje najmenej 5 mm nad pacientom alebo predmetom. Pohyby sa musia zastaviť najmenej 2 mm nad pacientom alebo predmetom.

Kontrola : F

3.3.5 Koncové polohy

Kontroluje sa: - funkcia koncových spínačov pri pohyboch ramena ožarovača,
 - koncové polohy pri ožarovanom stole,
 - zastavenie pohybu stola pri dobehu do koncových pozícií.

Kontrola : F

3.3.6 Bezpečnostné zariadenia vzťahnuté k vzájomnému pohybu ožarovača a ožarovacieho stola

Kontroluje sa správna funkcia bezpečnostných ovládacích prvkov a prvkov ovládajúcich jednotlivé pohyby (hlavne STOP tlačidiel) pre ručné ovládanie ožarovača a ožarovacieho stola.

Kontrola : F

Rotácia ramena ožarovača

Ak je ožarovač určený pre stacionárnu aj pohybovú terapiu (tj. pohyb ramena, ožarovacieho stola alebo kolimačného systému v priebehu ožarovania), kontroluje sa, či nie je možné spustiť žiarenie, pokiaľ nie je prevedená správna voľba na ovládacom paneli ožarovača. (Voľba sa vykonáva pred každým ožarovaním).

Kontroluje sa, či pri pohybovej terapii je na ovládacom paneli signalizovaný zvolený smer pohybu a jeho rýchlosť.

Kontroluje sa aby min. jedna rýchlosť neprekročila 1°/s, žiadna 7°/s. Kontroluje sa tiež zvyškový pohyb ramena a stola pri zastavení pohybu.

Kontrola: F

Kontrola mechanického ovládania stola

Konštrukcia stola musí byť zabezpečená tak, aby v prípade výpadku el. energie bolo jednoduché uvoľnenie pacienta spod prístroja. Kontroluje sa, či je možné posunúť stôl do jeho najnižšej polohy.

Na ručnom ovládači ožarovača a ožarovaciom stole sa kontroluje funkčnosť bezpečnostných ovládacích prvkov a prvkov ovládajúcich jednotlivé pohyby.

Kontroluje sa či s výnimkou pohybovej terapie a pohybov lamiel kolimátora sa dajú realizovať pohyby ramena, resp. rotáciu kolimátora, pohyby ožarovača a pohyby ožarovacieho stola len súčasným stlačením dvoch oddelených tlačidiel obsluhou. Každé z týchto tlačidiel je zapojené tak, aby nezávisle zabezpečilo zastavenie pohybu ramena, resp. rotácie kolimátora, pohybov ožarovača alebo ožarovacieho stola. Ovládače majú byť umiestnené tak, aby pri ich obsluhu asistent videl pacienta.

Kontrola : F

3.4 Ožarovacie pomôcky

Kontrolujú sa funkcie kódovacieho zariadenia (poloha a druh pomôcok – klinové filtre, podložky blokov, a iné) a súhlas indikácie na ovládacom paneli v obsluhovni a vo verifikačnom systéme (ak je pripojený).

Kontrola: F

Stav ožarovacích pomôcok

Vizuálne sa kontroluje kompletne príslušenstvo, ktoré sa používa pri ožarovaní pacientov – napr. klinové filtre, držiaky blokov, fixačné zariadenia.

Kontrola: F

3.5 Bezpečnosť zariadenia vzhľadom na zväzok žiarenia

3.5.1 Kontrola funkčnosti systému monitorovania dávky

Pri kontrole monitorovania dávky, ktorá je zabezpečené dvoma systémami monitorovania dávky musia tieto spĺňať nasledujúce podmienky:

- chybná funkcia jedného systému monitorovania dávky nesmie ovplyvniť správnu funkciu druhého systému,
- pri poruche akéhokoľvek spoločného prvku, ktorý môže spôsobiť zmenu odozvy jedného zo systémov monitorovania dávky o viac ako 5%, musí dôjsť k ukončeniu ožarovania,
- systémy monitorovania dávky majú byť usporiadané buď v redundantnej kombinácii alebo v kombinácii primárneho a sekundárneho systému monitorovania dávky. V prípade redundantnej kombinácie systémov monitorovania dávky oba systémy musia fungovať v súlade s popisom v technickej dokumentácii. V prípade kombinácie primárneho a sekundárneho systému monitorovania dávky min primárny systém musí fungovať podľa určeného popisu,
- pred zahájením nového ožarovania sa vynulujú všetky displeje. Ožarovanie nie je umožnené, pokiaľ nie je na ovládacom paneli navolený predpísaný ožarovací čas,
- údaj o odžiarenom čas v okamihu výpadku hlavného napájania, ktorý spôsobí prerušenie alebo ukončenie ožarovania musí byť čitateľný po dobu najmenej 20 minút,
- oba systémy monitorovania dávky sú schopné ukončiť ožarovanie nezávisle na sebe.

Kontrola : F

Kontrola riadiaceho časovača

Kontroluje sa či prístroj vybavený riadiacim časovačom spĺňa tieto požiadavky:

- zaznamenáva časový údaj od nuly smerom nahor,
- je nezávislý na akomkoľvek inom systéme, ktorý ovláda ukončenie ožarovania,
- údaj časovača je uvedený buď v minútach a desatinách minút alebo v sekundách, ale nie v kombinácii oboch,
- pred zahájením ďalšieho ožarovania je údaj časovača vynulovaný,

- zapne sa v okamžiku zahájenia ožarovania a vypne sa pri ukončení ožarovania,
- uchová údaj o odžiarenom čase po prerušení alebo ukončení ožarovania minimálne 20 min,
- vypne ožarovanie po uplynutí predvoleného času v prípade poruchy systému monitorovania dávky,
- nastavená hodnota času na riadiacom časovači neprekročí 120% hodnoty času, ktorý je potrebný k odžiareniu zvoleného ožarovacieho času.

Kontrola: F

3.6 Systém sledovania pacienta

Kontroluje sa, či je možné pacienta v priebehu ožarovania nepretržite sledovať – vizuálne (televízny okruh) aj akusticky, pri ľubovoľnej polohe ramena ožarovača. Pri akustickom reťazci sa kontroluje funkčnosť obojstrannej komunikácie medzi ožarovňou a obsluhovňou aj v prípade poruchy sieťového napájania.

Kontrola : F

4 SKÚŠKY MECHANICKÝCH A OPTICKÝCH PARAMETROV

Na kolimačnom zariadení sú displeje na indikáciu použitých rozmerov radiačného poľa v štandardnej vzdialenosti ohnisko – koža (OK).

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

Kontroluje sa stabilita polohy stredu svetelného kríža pri rotácii kolimátora v štandardnej vzdialenosti OK udanej výrobcom

Pri tejto kontrole sa hľadá priesečník uvedených troch osí s rovinou vedenou kolmo k predpokladanému smeru týchto osí v štandardnej vzdialenosti OK od zdroja žiarenia.

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

Test sa vykoná pri uhle ramena 0°.

Zhoda geometrickej osi kolimátora a svetelnej osi : ≤ 2 mm.

Geometrickou osou kolimátora sa rozumie os objemu vymedzeného vnútornými hranami lamiel kolimátora. Poloha osi sa určuje pomocou poľa < 2 cm x 2 cm pre najčastejšiu vzdialenosť OK. Za priesečník geometrickej osi s rovinou kolmou k predpokladanému smeru osi kolimátora sa považuje stred priemetu svetelného poľa do tejto roviny.

Osou rotácie kolimátora sa rozumie stred najmenšej kružnice opísanej priesečníkom geometrickej osi pri rotácii kolimátora v rovine kolmej k predpokladanému smeru osi rotácie.

Kontrola nulovej polohy ramena.

Odchýlka geometrickej osi kolimátora a osi rotácie kolimátora : ≤ 2 mm

Kontrola nulovej polohy stupníc.

Za priesečník svetelnej osi s rovinou kolmou k osi rotácie kolimátora v uvažovanej vzdialenosti sa považuje priemet svetelného kríža do tejto roviny.

Osou rotácie svetelnej osi sa rozumie stred najmenej kružnice opísanej priesečníkom svetelnej osi s rovinou kolmou k osi rotácie kolimátora v uvažovanej vzdialenosti.

Zhoda osi rotácie kolimátora a svetelnej osi musí byť ≤ 2 mm

4.2 Poloha izocentra

Kontrola izocentra sa uskutočňuje množinou bodov vytvorených koncovými bodmi mechanického pointra pri rotácii ramena a vytvárajúcou „obálku“ s určitým max priemerom.

Nepresnosť izocentra pri rotácii hlavice musí byť ≤ 2 mm.

4.3 Mechanický zameriavač a optický diaľkomer

Mechanický zameriavač a optický diaľkomer sú ciachované v mm, s delením po 1 mm. Odčítanie diaľkomera musí byť viditeľné v každej polohe ramena v celom rozsahu ožarovacích vzdialeností.

Kontroluje sa presnosť ožarovacej vzdialenosti ako vzdialenosť od určenej časti zariadenia, ktorá bezprostredne súvisí s polohou zdroja. Súhlas mechanického zameriavača s osou kolimátora sa kontroluje pomocou polohy koncového bodu mechanického zameriavača. Svetelný zameriavač sa kontroluje pomocou mechanického zameriavača a dĺžkového meradla.

Zhoda koncového bodu mechanického zameriavača s osou kolimátora musí byť ≤ 2 mm.

4.4 Symetria kolimátora, rovnobežnosť a kolmosť lamiel

Kontroluje sa pre všetky hlavné roviny polohy prístroja pri veľkosti poľa $10 \times 10 \text{ cm}^2$ a pri maximálnej veľkosti ožarovacieho poľa v štandardnom OK vždy pre 2 polohy kolimátora navzájom pootočené o 90° okolo osi rotácie kolimátora.

Symetria kolimátora

Pri kontrole sa meria vzdialenosť medzi svetelnou osou a stredmi strán svetelného poľa a určí sa rozdiel medzi najmenšou a najväčšou nameranou hodnotou

Tolerancia: ≤ 2 mm

Rovnobežnosť a kolmosť lamiel

Pri kontrole sa zmerajú uhly medzi susednými a protiľahlými clonami kolimátora, alebo sa merajú uhly strán svetelného poľa.

Tolerancia: $\pm 1^\circ$

4.5 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 štandardnej vzdialenosti OK, pre všetky veľkosti polí, alebo v prípade možnosti plynulého nastavenia veľkosti polí, najmenej pre 5 rôznych veľkostí.

Pre jednu veľkosť poľa v štandardnej vzdialenosti OK sa svetelné pole meria pri polohe gantry 90° , 180° a 270° .

Odchýlka medzi nameranou veľkosťou svetelného poľa a údajom na stupnici kolimátora, resp. tubusu musí byť ≤ 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 vo vodnom fantóme v hĺbke 5 cm. Kontroluje sa veľkosť poľa (5 cm x 5 cm), (10 cm x 10 cm) a (30 cm x 30 cm) (resp. pole maximálnych rozmerov).

5.1.1 Zhoda svetelného a radiačného poľa

Pre kontrolu sa nastaví ožarovacie pole veľkosti 10cm x 10 cm pomocou číselnej indikácie. Detektorom žiarenia sa zmerajú dávkové profily na oboch hlavných osiach ožarovacieho poľa v rovine ležiacej v štandardnej ožarovacej vzdialenosti v referenčnej hĺbke merania vo vodnom fantóme. Bez zmeny nastavenia ožarovacieho poľa sa určenou absorbovanou dávkou ožiari necitlivý skiagrafický film v rovine ležiacej v normálnej ožarovacej vzdialenosti v referenčnej hĺbke merania v pevnom fantóme. Prenesie sa poloha bodov, v ktorých bola detektorom žiarenia zmeraná 50 % -ná absorbovaná dávka na skiagrafický film a v týchto bodoch sa zmeria optická denzita skiagrafického filmu.

Meranie ožarovacích polí pomocou skiagrafického filmu :

Opakuje sa ožiarenie skiagrafického filmu danou dávkou vo fantóme pre všetky merania ožarovacích polí pomocou skiagrafického filmu, nájde sa na hlavných osiach ožarovacieho poľa tá istá denzita, aby bolo možné určiť okraje ožarovacieho poľa. Odstránia sa vrstvy fantómu, ležiace na skiagrafickom filme a na filme sa vyznačia okraje svetelného poľa. Porovná sa číselná indikácia ožarovacieho poľa s meraným ožarovacím poľom. Porovná sa okraj svetelného poľa s okrajom meraného ožarovacieho poľa.

Tolerancia: ± 2 mm

5.2 Homogenita a symetria štvorcových polí

Za cieľom kontroly sa zmerajú relatívne dávkové profily na oboch hlavných osiach ožarovacieho poľa v štandardnej ožarovacej vzdialenosti v odporúčanej hĺbke merania vo vodnom fantóme. Z dávkových profilov sa vypočíta homogenita a symetria.

Homogenita je pomer maximálnej absorbovanej dávky určenej v ktoromkoľvek mieste radiačného poľa (spriemerovanej z plochy nie väčšej ako 1 cm^2) k minimálnej absorbovanej dávke v homogenizovanej oblasti tohoto radiačného poľa veľkosti $0,9 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm}$ rozmeru poľa (spriemerovanej z plochy nie väčšej ako 1 cm^2), oboje v referenčnej hĺbke.

Tolerancia: pre pole menšie alebo rovné $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$: 1.06
pre pole väčšie ako $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$: 1.10

5.2.1 Stabilita homogenity štvorcových polí v závislosti na uhlovom nastavení

Kontrola sa robí upevnením fantómu k ožarovacej hlavici tak, aby sa otáčal spoločne s kolimačným systémom. Dva detektory žiarenia sa umiestnia do štandardnej ožarovacej vzdialenosti do referenčnej hĺbky merania: Jeden detektor sa umiestni na os zväzku žiarenia a druhý na jednu z hlavných osí ožarovacieho poľa do $2/3$ vzdialenosti medzi osou zväzku žiarenia a okrajom poľa. Zaznamená sa pomer údajov oboch detektorov žiarenia, ožiarených na každej hlavnej osi za všetkých skúšobných podmienok dávkou približne 1 Gy . Určí sa rozdiel medzi max. a min. hodnotou určených pomerov .

Tolerancia: $\pm 2 \%$ od ref. hodnoty

5.3 Symetria radiačného poľa

Kontrola symetrie radiačného poľa sa určuje z dávkových profilov v homogenizovanej časti ožarovacieho poľa, je definovaná ako maximálny pomer absorbovaných dávok v bodoch ležiacich symetricky vzhľadom ku osi zväzku žiarenia v referenčnej hĺbke (odporúčaná hĺbka je 5 cm).

Kontroluje sa aj symetria stability radiačného poľa v závislosti na uhle ramena pre všetky hlavné roviny polohy ožarovača napr. vo fantóme pripevnenom na ožarovacej hlavici. Odozva detektora umiestneného v referenčnej hĺbke sa určuje v laterálnych bodoch, ktoré ležia na hlavných osiach radiačného poľa vo $2/3$ vzdialenosti medzi stredom a okrajmi radiačného poľa. Určuje sa pomer dávky v laterálnych bodoch ležiacich symetricky vzhľadom ku osi zväzku žiarenia.

Tolerancia je vyjadrená ako krajné body intervalu, v ktorom sa musí určený pomer nachádzať.

Tolerancia: ≤ 1.03

5.4 Polotieň radiačného poľa

Kontrola spočíva v zmeraní dávkových profilov, z ktorých sa vypočíta polotieň definovaný ako vzdialenosť medzi bodmi 80% a 20% absorbovanej dávky v bode na osi poľa zväzku žiarenia v referenčnej hĺbke merania.

Parameter polotieňa je definovaný pre pole $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ a nesmie sa odchyľovať od preberacieho protokolu o viac ako 2 mm pre všetky ožarovacie polia.

Tolerancia: $\leq 11 \text{ mm}$

5.5 Klinový faktor W_f

Pre kontrolu sa stanoví absorbovaná dávka na osi zväzku žiarenia v referenčnej hĺbke s klinovým filtrom a bez klinového filtra a z pomeru týchto dvoch nameraných hodnôt sa spočíta klinový faktor a porovná s údajom klinového faktora používaným dosiaľ

$$W_f = D_{10,10,w} / D_{10,10}$$

kde

- $D_{10,10,w}$ je priemerná hodnota príkonu absorbovanej dávky pre pole 10 cm x 10 cm s klinom v dvoch polohách kolimátora,
- $D_{10,10}$ je hodnota príkonu absorbovanej dávky pre pole 10 cm x 10 cm bez klinu.

Klinový faktor sa určuje v každej možnej polohe klinového filtra v kolimátore.

Tolerancia: $\pm 2 \%$

5.6 Žiarenie prenikajúce kolimačným systémom

Kontroluje sa, či v pracovnom stave RO pre všetky polohy a veľkosti poľa zoslabí kolimačný systém žiarenie tak, aby dávka v štandardnej ožarovacej vzdialenosti, kdekoľvek mimo oblasti, ktorá je vymedzená kolimačným systémom, neprekročila 2% maximálnej absorbovanej dávky pre pole 10 cm x 10 cm merané na osi zväzku žiarenia v rovnakej vzdialenosti od zdroja žiarenia.

Tolerancia: 2%

5.6.1 Únikové žiarenia mimo maximálneho radiačného poľa

Kontroluje sa, či je ožarovač vybavený tienením zdroja, ktoré zoslabí žiarenie, ak je zdroj v pracovnej alebo v tranzitnej polohe:

- A. V kruhu o polomere 2 m so stredom na osi zväzku žiarenia, ležiacom v rovine kolmej k osi zväzku žiarenia, absorbovaná dávka únikového žiarenia neprekročí 0,2 % a priemerná dávka 0,1 % maximálnej absorbovanej dávky meranej v priesečníku osi zväzku a danej roviny pre pole 10 cm x 10 cm. Bod maxima unikajúceho žiarenia sa určí pomocou filmu umiestneného na ožarovacom stole mimo oblasť maximálneho radiačného poľa. Priemerná hodnota unikajúceho žiarenia sa meria asi v 16 bodoch rovnomerne rozložených v popísanej oblasti.

Tolerancia: 0.2 % pre maximálnu absorbovanú dávku na osi zväzku žiarenia
0.1 % pre priemernú absorbovanú dávku na osi zväzku žiarenia

- B. Kontroluje sa, či dávkový príkon spôsobený unikajúcim žiarením vo vzdialenosti 2 m od zdroja nepresiahne 0,2 % maximálneho dávkového príkonu na osi zväzku.

Tolerancia : 0,2 %

6. DOZIMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY

Pri uvedení RO do klinickej prevádzky, po výmene zdroja, po väčšom zásahu v rámci opravy a v pravidelných intervaloch sa robí dozimetrická kontrola dávkového príkonu v referenčnom bode, rozloženie dávky žiarenia pre štandardné polia merané pre zadávanie do plánovacieho systému, stanovenie závislosti dávkového príkonu na veľkosti ožarovacieho poľa a na vzdialenosti OK.

Meranie sa vykoná ionizačnou komorou, kalibrovanou spolu s vyhodnocovacím zariadením v SMÚ, alebo inom SSDL, s celkovou neistotou maximálne 2 % vo vodnom fantóme.

Príslušná hodnota sa získa po korekcii na tlak a teplotu a ďalšie korekcie, podľa 2).

2) IAEA TRS 398 resp TRS 277.

Tolerancia: $\leq 2\%$ od referenčnej hodnoty

6.1 Reprodukovateľnosť monitorovania dávky

Kontroluje sa reprodukovateľnosť systému monitorovania dávky definovaná ako variačný koeficient

$$s = (100/R') \cdot [\sum (R' - R_i)^2 / (n - 1)]^{1/2} \quad \text{v } [\%]$$

kde: R_i je i-ta nameraná hodnota dávky nameranej dozimetrom
 R' je priemer nameraných hodnôt R_i
 n je počet meraní
 \sum je suma pre $i = 1$ až n

Je potrebné vykonať najmenej 10 meraní.

Tolerancia: $\pm 2\%$

6.2 Linearita systému monitorovania dávky

Kontrola linearity systému monitorovania dávky, ktorá je definovaná ako pomer S medzi údajom dozimetrickej sústavy L a odpočtom času t resp. počtom monitorových jednotiek U :

$$S = L / U$$

sa realizuje v základnej polohe ožarovača. Hodnoty S sa stanovujú pre narastajúci čas. Spočíta sa priemerná hodnota S' , max. odchýlka S od priemernej hodnoty má byť menšia ako 2 %.

Tolerancia: $\leq 2\%$

6.3 Závislosť dávky na uhlovom nastavení.

Pri statickej terapii sa kontroluje závislosť systému monitorovania dávky na uhle ramena pre všetky hlavné polohy ožarovača. Určí sa stredná hodnota meraní pre každú z hlavných polôh ožarovača a celková stredná hodnota zo všetkých meraní R .

Pre všetky podmienky merania sa vykoná n meraní R pre veľkosť absorbovanej dávky približne 1 Gy.

Závislosť na uhlovom nastavení je definovaná ako koeficient H :

$$H = 100 \cdot (R_{\max} - R_{\min}) / R,$$

kde R_{\max} a R_{\min} sú maximálna a minimálna stredná hodnota meraní pre jednotlivé hlavné polohy ožarovača.

Tolerancia : $\pm 3 \%$

6.4 Závislosť dávky na otáčaní ramena

Kontroluje sa hodnota absorbovanej dávky pri n-meraní a vypočíta sa priemerná hodnota absorbovanej dávky pre každý zo štyroch kyvov, z ktorých každý má uhol 45° v rôznych sektoroch plného rozsahu otáčania ramena. Určia sa maximálne a minimálne hodnoty absorbovanej dávky a ich rozdiel v percentách od ich strednej hodnoty.

Tolerancia: $\leq 2 \%$

6.5 Závislosť na tvare ožarovacieho poľa

6.5.1 Faktory veľkosti poľa

Kontrolujú sa min. pre 3 štvorcové polia (10 cm x 10 cm, najmenšie a najväčšie pole) v hĺbke referenčnej roviny na osi zväzku. Odporúča sa uskutočniť merania pre obdĺžnikové polia. Pre každé pole s rozmermi (a x b) sa určí faktor veľkosti poľa (OF) podľa vzťahu

$$OF = D_{a,b} / D_{10,10}$$

Kde $D_{a,b}$ je dávkový príkon pre pole a cm x b cm a $D_{10,10}$ je dávkový príkon pre pole 10 cm x 10 cm.

Tolerancia: $\pm 1 \%$ od štvorcového poľa

6.5.2 Faktor podložky

Kontrola sa robí meraním pre všetky používané podložky pod bloky pre pole 10 x 10 cm² v referenčnom bode. Faktor podložky (TF) sa určí zo vzťahu :

$$TF = D_{10,10, \text{podl}} / D_{10,10}$$

kde $D_{10,10, \text{podl}}$ je dávkový príkon pre pole 10 cm x 10 cm s podložkou, $D_{10,10}$ je dávkový príkon pre pole 10 cm x 10 cm bez podložky. Stanoví sa rozdiel medzi dávkovým príkonom nameraným s podložkou a bez podložky.

Tolerancia: $\pm 2 \%$

6.6 Stabilita kalibrácie

6.6.1 Stabilita

Kontroluje sa odčítaním odozvy rutinného dozimetra, pri zvolenom čase a korekcii na tlak a teplotu.

Tolerancia: $\pm 2 \%$ od referenčnej hodnoty

6.6.2 Stabilita pri pohybovej rádioterapii

Kontroluje sa pre ožiarenie ktoré ukončuje uhlové nastavenie ramena. Nastaví sa uhlová rýchlosť kyvu ramena tak, aby boli odžiarené približne 4 Gy pri minimálnej dávke na jednotkový uhol. Porovná sa skutočný údaj systému monitorovania dávky s hodnotou spočítanou vynásobením nastavenej dávky na jednotkový uhol s nastavenou uhlovou dĺžkou kyvu ramena. Skúška sa opakuje pre max. pomer dávky na jednotkový uhol

Tolerancia: $\pm 2 \%$

6.7 Určenie dávky

Kontroluje sa:

- u izocentrických prístrojov sa umiestni vodný fantóm tak, aby izocentrum bolo v štandardnej hĺbke merania.
- u neizocentrických prístrojov sa umiestni vodný fantóm tak, aby jeho povrch bol v štandardnej ožarovacej vzdialenosti.

Zmeria sa relatívna absorbovaná dávka v závislosti od hĺbky na osi zväzku žiarenia. Tieto údaje sa prevedú na absorbovanú dávku voči hĺbke – vykreslenie grafu závislosti percentuálnej hĺbkovej dávky od hĺbky merania.

Relatívna povrchová dávka sa meria planparalelným detektorom žiarenia s postupným pridávaním vzrastového materiálu

Tolerancia: $\pm 2 \%$ k vypočítanej dávke

6.7.1 Reprodukovateľnosť nastavenia veľkosti poľa

Kontrola sa robí nastavením číselnej indikácie ožarovacieho poľa na veľkosť 20 cm x 20 cm, 6-krát za sebou. Nastavenie sa koná striedavo z menších alebo väčších rozmerov poľa. Pokiaľ sa rozdiel medzi ožarovacím poľom a svetelným poľom nebude reprodukovat' s presnosťou lepšou ako 1 mm, potom je potrebné skúšku opakovať spolu s meraním zmeny ožarovacieho poľa.

Tolerancia: $\pm 2 \%$ od referenčnej hodnoty

6.7.2 Faktor zoslabenia tieniacim blokom

Kontrola sa robí pre všetky materiály blokov a pre všetky výšky blokov v hĺbke referenčnej roviny na osi zväzku žiarenia pre pole 10 cm x 10 cm.

Faktor zoslabenia (BF) tieniacim blokom sa určí zo vzťahu :

$$BF = D_{10,10,blok+podl} / D_{10,10 podl.},$$

kde $D_{10,10,blok+podl}$ je príkon absorbovanej dávky príkon pre pole 10cm x 10 cm s blokom a podložkou a $D_{10,10 podl.}$ je príkon absorbovanej dávky pre pole 10 cm x 10 cm s podložkou.

Tolerancia: $\pm 1 \%$ od referenčnej hodnoty

6.7.3 Závislosť od ožarovacej vzdialenosti (OK)

Kontrola sa robí najmenej pre 3 vzdialenosti OK (štandardná ožarovacia vzdialenosť a maximálna, resp. minimálna, ktorá sa používa) pri nezmenenej veľkosti kolimačného otvoru. Pre ožarovaciu vzdialenosť OK sa stanoví pomer

$$R_{OK} = D_{SSD} / D_{NTD}$$

kde D_{SSD} je dávkový príkon pre vzdialenosť OK a D_{NTD} je dávkový príkon pre štandardnú ožarovaciu vzdialenosť. Tento pomer je porovnaný s referenčným pomerom.

Tolerancia: $\leq 2 \%$.

7. SYSTÉM MONITOROVANIA DÁVKY

7.1 Kontrola ožarovacieho času

Kontrolujú sa zabudované hodiny definujúce ožarovací čas. Stupnica zabudovaných hodín musí byť delená min. po 0,2 s.

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

Tolerancia: Súhlas medzi nastaveným a meraným časom $\leq 0,5 \%$.

7.2 Vplyv vysúvania a zasúvania žiariča na dávku

Kontroluje sa ovplyvňovanie absorbovanej dávky v dôsledku pohyblivého mechanizmu so žiaričom. Kontroluje sa prídavná dávka, spôsobená „nábehom“ a „poklesom“ ionizujúceho žiarenia po štarte a vypnutí žiarenia. Odozva dozimetra na stanovenie dávky D žiarenia v primárnom zväzku na osi centrálného zväzku sa meria po dobu 120 s. Potom v rovnakom bode za rovnakých podmienok meria sa D_f aplikovanú v ôsmich 15 sekundových frakciách.

Potom prídavná dávka je

$$(D_f - D) / 7$$

meria sa s ionizačnou komorou s objemom $0,6 \text{ cm}^3$. Odozva je vyhodnocovaná elektromerom s nepresnosťou max. 1% .

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

(Poznámka: pri prídavnom čase do 3 s je možné prevádzku povoliť za predpokladu vytvorenia vhodného algoritmu, ktorý tento čas koriguje.)

7.3 Kontrola časomerača aplikovanej dávky

Kontroluje sa presnosť aplikovanej dávky pre veľkosti polí, OK a referenčnú hĺbku, podľa postupu v časti 7.2. Efekt zapnutia pri nastavení dávky na časomerači. Merania sa môžu spojiť. Meranie sa musí vykonávať v integrálnom režime. Ožarovanie ukončuje monitor dávky.

Linearita časomerača sa kontroluje pre dávky 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 časomerača sa kontroluje pre jednu veľkosť poľa a jednu vzdialenosť OK. Meranie sa opakuje desať krát pri aplikácii rovnakej dávky. Aplikovaná dávka sa meria ako v bode časti 7.2 .

Tolerancia: Presnosť aplikovanej dávky $\leq 2 \%$

Linearita $\leq 1 \%$.

Reprodukovateľnosť $\leq 1 \%$.

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

7.4 Uchovanie údajov o ožarovanom a odžiarenom čase

Kontroluje sa, či pri poruche napájacej siete zostanú údaje zobrazené na displeji časovača uložené v pamäti s možnosťou znovu zobrazenia po dobu minimálne 20 minút.

Kontrola: F

8. SKÚŠKY ÚLOŽNÉHO STOLA PACIENTA

8.1 Os izocentrickej rotácie stola a doska stola pacienta, os rotácie dosky stola

Kontrola sa robí nastavením všetkých polôh stola na nulu. Nastaví sa uhol ramena a kolimačného systému na nulu. Porovná sa stred a okraje svetelného poľa na doske stola so stredovou čiarou dosky stola. Chyba v indikovanej nulovej hodnote rotačnej stupnice dosky stola sa vypočíta zo vzdialenosti medzi stredovou čiarou dosky stola a stredom ožarovacieho poľa indikovaného svetelným poľom. Chyba v indikovanej nulovej hodnote rotačnej stupnice izocentrického otáčania stola je daná uhlom medzi stredovou čiarou dosky stola a okrajmi ožarovacieho poľa indikovaného svetelným poľom.

Kontrola: F

8.2 Os odchýlenia stola (vodorovnosť)

Vodováhou sa skontrolujú uhly pozdĺžneho sklonu a bočného sklonu stola, či je ich hodnota nastavená na 0.

Tolerancia: ± 2 mm od referenčnej hodnoty

8.3 Zvislý pohyb stola

Kontrola sa robí pomocou skiagrafického filmu v obálke, ktorý sa umiestni na dosku stola a prikryje sa materiálom zabezpečujúcim elektrónovú rovnováhu. Na dosku stola sa umiestni závažie s hmotnosťou 30 kg mimo ožarovacieho poľa. Nastaví sa veľkosť poľa 10 cm x 10

cm. Skiagrafický film sa exponuje pri výške stola približne v izocentre a opäť pri výške o 20 cm nižšie. Zmeria sa posun stredov oboch exponovaných ožarovacích polí. Postup sa opakuje so závažím hmotnosti 135 kg rozloženom na ožarovacom stole.

Tolerancia: ± 2 mm od referenčnej hodnoty

8.4 Izocentrické otáčanie stola

Kontrola sa robí umiestnením závažia s hmotnosťou 30 kg na dosku stola. Umiestni sa na povrchu podopretej dosky stola do výšky, ktorá je blízko výšky izocentra. Prenesie sa poloha izocentra (meraním od konečnej polohy referenčného zameriavača, kapitola 10) k tomuto povrchu otáčaním stola v plnom rozsahu. Zmeria sa max. odchýlka výslednej dráhy. Opakuje sa so závažím s hmotnosťou 135 kg.

Tolerancia: ± 2 mm od referenčnej hodnoty

8.5 Rovnobežnosť rotačných osí stola

V rámci kontroly sa na dosku stola umiestni závažie s hmotnosťou 135 kg. Nastaví sa uhol izocentrickej rotácie stola na 90° a uhol otáčania dosky stola na 90° . Sklonomerom sa zmeria uhol odklonu od horizontálnej roviny obsahujúcej osi stola a dosky stola. Postup sa opakuje pre uhol izocentrického otáčania stola 270° (os 5°) a uhol otáčania dosky stola 270° . Vypočíta sa priemerná hodnota z oboch uhlov odklonu.

Tolerancia: $\pm 2^\circ$

8.6 Pevnosť stola

8.6.1 Pozdĺžna pevnosť stola

Pre kontrolu sa nastaví uhol ramena na 0° , priečny pohyb dosky stola na 0 a výšku stola približne do izocentra. Umiestni sa koniec dosky stola do stredu svetelného poľa. Závažie s hmotnosťou 30 kg sa umiestni rovnomerne v dĺžke 1 m od tohto konca dosky stola. Zmeria sa výška dosky stola v strede svetelného poľa. Doska stola sa pozdĺžne posunie tak, aby jej koniec bol 1m za stredom svetelného poľa. Závažie s hmotnosťou 135 kg sa umiestni rovnomerne v dĺžke 2 m od tohoto konca stola. Zmeria sa výška dosky stola v strede svetelného poľa. Vypočíta sa rozdiel medzi dvoma zmeranými výškami.

Tolerancia : ≤ 5 mm od referenčnej hodnoty

8.6.2 Priečna pevnosť stola

Pokračuje sa v kontrole so závažím 135 kg, sklonomerom sa zmeria priečny sklon dosky stola pre tieto podmienky:

- a) stôl v max. výške; doska stola priečne vysunutá čo najviac doprava, v strede, čo najviac doľava.
- b) stôl 20 cm pod izocentrom; doska stola priečne vysunutá čo najviac doprava, v strede, čo najviac doľava.

Tolerancia : ≤ 5 mm od referenčnej hodnoty

8.6.3 Stálosť nastavenia výšky stola:

Kontrola sa robí meraním poklesu výšky stola, zaťaženého predmetom o hmotnosti 100 kg počas 10 minút.

Priehyb dosky stola sa meria pri zaťažení dosky stola na jeho okraji bližšie k RO 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. ≤ 2 mm

Priečny priehyb dosky stola ≤ 2 mm

Pozdĺžny priehyb dosky stola ≤ 5 mm.

9. TESNOSŤ UZAVRETÉHO RADIONUKLIDU

Kontrola tesnosti uzavretého rádionuklidového žiariča na základe 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, ktorý je súčasťou RO sa meria nepriamo pomocou oteru tých častí zariadení, ktoré prichádzajú do kontaktu so žiaričom.

Dostupné časti kolimačného systému sa dôkladne otrú kúskom vhodného materiálu s vysokou absorpčnou kapacitou, ktorý je navlhčený kvapalinou, ktorá nekoroduje materiál clôn. Potom sa zmeria aktivita celého použitého materiálu. Ak je nameraná hodnota < 20 Bq, považuje sa uzavretý radionuklid za tesný.

Tolerancia : < 20 Bq

VYBAVENIE A POMÔCKY POTREBNÉ NA VYKONÁVANIE SKÚŠOK

Subštandardný kalibrovaný dozimeter alebo elektrometer
Kalibrovaná ionizačná komora pre subštandardný dozimeter
Kontrolný zdroj ($^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$) pre subštandardný dozimeter
Rutinny dozimeter
Ionizačná komora pre rutinny dozimeter
Detektor s veľkou rozlišovacou schopnosťou (napr. ionizačná komora s vnútorným priemerom menším ako 5mm, polovodič)
Vodný fantóm
Denzitometer
Stopky
Teplomer
Tlakomer
Presné dĺžkové meradlo (do 1m)
Posuvné meradlo
Vodováha
Olovnica
Uhlomer
Overený prístroj pre monitorovanie prostredia
Stojany, držiaky
Predlžovacie káble k detektorom
Závažie o celkovej hmotnosti 135 kg
Verifikačné filmy

PERIODICKÉ KONTROLY RO

Program konania skúšok RO		
Kontrola	Prípustná odchýľka	Nameraná hodnota
Denná kontrola		
Signalizácia prevádzkových hodnôt	F	
Signalizácia činnosti RO	F	
Týždenná kontrola		
Funkčnosť dverných kontaktov	F	
Funkčnosť svetelnej signalizácie pri vstupe	F	
Núdzové vypínače	F	
Veľkosť radiačného poľa	2 mm, resp. 1% z veľkosti poľa	
Vzdialenosť ohnisko - koža pacienta	1 mm	
Správna činnosť hodín ožarovača	1 %	
Mechanická stabilita		
Mesačná kontrola		
Zaistenie pred samovoľným zapnutím		
Zachovanie údajov o dobe ožarovania		
Mechanická neporušenosť ožarovacích pomôcok		
Príslušenstvo ožarovacieho zariadenia		
Príkion ekvivalentnej dávky	2 %	
Kalibrácia monitorovej komory	2 %	
Štvrt'ročná kontrola		
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	
Ročná kontrola		
Zhoda radiačného poľa s údajom na displeji	2 mm, resp. 1 % z veľkosti poľa	
	7 %	
Hĺbková dávka		
Dávka v referenčnom bode	3 %	
Tieniace vlastnosti krytu RO	10 mSv.h ⁻¹ v 1 m	
Linearita expozície	10 %	

TOLERANČNÁ TABUĽKA

Parameter	Tolerancia	
nulová poloha a presnosť stupníc	$\leq 1^\circ$	
maximálny dojazd u lineárnych pohybov	2 mm	
maximálny dojazd u rotačných pohybov	$\pm 2 \%$	
zhoda medzi osou symetrie kolimátora a svetelnou osou	≤ 2 mm	
nastavenie ožarovacej vzdialenosti (OK)	2 mm	
symetria kolimátora	≤ 2 mm	
rovnobežnosť a kolmosť kolimátora resp. tubusu	$\pm 1^\circ$	
veľkosť svetelného poľa	≤ 2 mm	
zhoda svetelného a radiačného poľa	≤ 2 mm	
zhoda svetelnej osi a osi zväzku žiarenia	≤ 2 mm	
homogenita radiačného poľa	$\leq 30\text{cm} \times 30$ cm	1,06
	≥ 30 cm x 30 cm	1,10
symetria radiačného poľa	1,03	
polotieň radiačného poľa	≤ 2 mm	
unikajúce žiarenie vo vzdialenosti 1 m	$\leq 0,02$ mGy.h ⁻¹	
maximálna odchýlka absorbovanej dávky	$\leq 2 \%$	
zhoda medzi nastaveným a meraným časom	$< 0,5 \%$	
maximálna prídavná dávka pri kontrole otvárania a zasúvania žiariča	0,01 Gy	
maximálny prídavný čas pri kontrole otvárania a zasúvania žiariča	0,5 %	
Linearita	$\pm 2 \%$	
reprodukovateľnosť	$\pm 0,5 \%$	
maximálny pokles výšky stola	≤ 2 mm	
maximálny priečny priehyb dosky stola	≤ 2 mm	
maximálny pozdĺžny priehyb dosky stola	≤ 5 mm	