

USMERNENIE ZABEZPEČENIA KVALITY PLÁNOVACÍCH SYSTÉMOV V RADIAČNEJ ONKOLÓGII

OBSAH

1	VŠEOBECNÉ USTANOVENIA	4
2	PRENOS DÁT A POPIS ZÁKLADNÝCH ÚDAJOV PRE PLÁNOVANIE LIEČBY	5
2.1	Prenos obrazov z CT prístroja do TPS	5
2.1.1	Orientácia pacienta	5
2.1.2	Znázornenie CT čísla	5
2.2	Zadanie obrysov z ostatných zariadení	5
2.2.1	Linearita vstupu digitizéra	5
2.2.2	Linearita vstupu filmového skenera	5
2.3	Použitie obrazov	6
2.3.1	Geometria rekonštruovaných obrazov	6
2.3.2	Orientácia rekonštruovaných obrazov	6
2.4	Použitie a kontrola ostatných periférnych zariadení	6
2.4.1	Zariadenia pre tlač a kreslenie	6
2.4.2	Zariadenie na vyrezávanie blokov	6
2.4.3	Archivácia a opätovné načítanie dát pacienta	6
3	GEOMETRIA OŽAROVACIEHO ZVÄZKU A DÁVKOVEJ DISTRIBÚCIE	7
3.1	Geometria ožarovacieho zväzku	7
3.1.1	Definícia zväzku	7
3.1.2	Zobrazenie zväzku	8
3.1.3	Geometria zväzku	8
3.2	Geometria dávkovej distribúcie – zhodnotenie a optimalizácia plánu	9
3.2.1	Zobrazenie dávky	9
3.2.2	3D zobrazenie a BEV	9
3.2.3	Dávkovo-objemové histogramy (DVH)	10
3.2.4	Zložené plány	10
4	DOZIMETRICKÉ MERANIA PRI SKÚŠKACH PLÁNOVACÍCH SYSTÉMOV	11
4.1	Všeobecné podmienky	11
4.2	Dozimetrické skúšky fotónových zväzkov	11
4.2.1	Súbor dát opisujúcich zväzok žiarenia	11
4.2.2	Otvorené a klinové zväzky žiarenia pre polia, ktoré sa nepoužívajú pre opis zväzku	12
4.2.3	Polia nepravidelné, asymetrické, s dynamickými klinmi, s MLC	12
4.2.4	Co (kobalt) – premenová krivka	13
4.2.5	Korekcie na nehomogenity, nepravidelnosti povrchu a šikmý dopad polí	13

4.2.6	Štandardné liečebné plány (3D výpočty, rotačná technika, viacero polí)	13
4.3	Dozimetrické skúšky elektrónových polí	14
4.3.1	Dáta popisujúce zväzok žiarenia	14
4.3.2	Otvorené zväzky žiarenia pre polia, ktoré sa nepoužívajú pre opis zväzku	14
4.3.3	Nepravidelné tvary polí, asymetrické polia, šikmý dopad	15
4.3.4	Korekcia nehomogenít a nepravidelností povrchu	15
4.3.5	Štandardné liečebné plány	16
5	SKÚŠKY PO ZAVEDENÍ NOVEJ VERZIE SOFTVÉRU	16
5.1	Skúšky pre nové verzie softvéru, ktoré nemajú vplyv na výpočtové algoritmy	16
5.1.1	Nedozimetrické skúšky	16
5.1.2	Dozimetrické skúšky	16
5.1.3	Verifikácia všetkých možností plánovacieho systému	17
6	SKÚŠKY PO DODANÍ NOVÉHO OŽAROVACIEHO PRÍSTROJA ALEBO PO ZAVEDENÍ NOVÝCH DÁT OŽAROVACIEHO ZVAZKU	17
7	SKÚŠKY TPS PRE BRACHYTERAPIU	17
7.1	Overenie matematických modelov a ich parametrov pre plánovací softvér	17
7.2	Kontrola databázy údajov používaných v brachyterapii	18
7.3	Kontrola rekonštrukčného procesu štandardným výpočtom	18
7.4	Kontrola presnosti modelu dávkovej distribúcie štandardným výpočtom	18
8	SKÚŠKY DLHODOBEJ STABILITY	18
8.1	Všeobecné odporúčania	18
8.2	Skúšky a frekvencie	18
8.2.1	Periférne zariadenia	19
8.2.2	Geometria ožarovacieho zväzku	19
8.2.3	Monitorové jednotky (MU)	19
8.2.4	Štandardný liečebný plán	20
8.2.5	„Kontrolný súčet“ (checksum)	20
9	SYSTÉMOVÝ MANAGEMENT A BEZPEČNOSŤ	20
9.1	Počítačový systém (hardvér) management	20
9.2	Softvér management	20
	PREBERACIE SKÚŠKY	21
	SKÚŠKY DLHODOBEJ STABILITY	25

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.

Počítačové plánovacie systémy (ďalej len TPS – „Treatment Planning System“) sa s využívaním CT obrazov sú kľúčovým prvkom pri plánovaní liečby v radiačnej onkológii.

Kontroly zabezpečenia kvality (ďalej aj QA – Quality Assurance) plánovacích systémov pri inštalácii a počas klinickej rutinnej prevádzky sú nevyhnutným predpokladom pre bezpečnosť pacienta a úspešnosť liečby

Cieľom QA je overiť, či parametre a funkčnosť daného prístroja, deklarované výrobcom, sú v súlade s reálne nameranými hodnotami a či si uchovávajú prevádzkovú stálosť a dlhodobú stabilitu.

Pred uvedením TPS do klinickej prevádzky sa kontroluje zhoda značenia – konvencia - geometrie ožarovacích prístrojov a rtg simulátora. Kontroluje sa jednotnosť konvencie technických parametrov prístrojov v reťazci CT – TPS – rtg simulátor – ožarovací prístroj – verifikačný systém.

Prípustné rozsahy a presnosti lineárnych a rotačných stupníc ožarovacích prístrojov musia byť v tolerančných limitoch, stanovených pre jednotlivé prístroje.

Na pracoviskách, kde je prepojenie prístrojov pre radiačnú onkológiu v počítačovej sieti, kontroluje sa testovaný prenos dát z TPS do rtg simulátora a ožarovacích prístrojov.

Kontroluje sa kompletnosť všetkých parametrov, popisujúcich ožarovacie zväzky.

Použitý alebo schválený ožarovací plán na liečbu žiarením, sa archivuje tak, aby aj v prípade potreby jeho nahliadnutia zostal v neporušenej podobe.

Pri spracovaní štandardných postupov boli použité nasledovné dokumenty:

Quality Assurance of 3-D Treatment Plannig Systems, NCS (Holandsko) 2000, www.ncs-dos.org/draft_01.htm , 16.12.2002

Quality control of treatment planning system for teletherapy. Recommendations No.7, SGSMP (Švajčiarsko) 1999, www.sgsmp.ch/r07tps-e.htm , 18.12.2002

European Comission: European Guideliness on Quality Criteria for Computed Tomography. EUR 16262 EN, máj 1998, www.drs.dk/guidelines/ct/quality/index.htm, 16.8.2001

2. PRENOS DÁT A POPIS ZÁKLADNÝCH ÚDAJOV PRE PLÁNOVANIE LIEČBY

Pomocou TPS sa zhotovujú plány pre liečbu žiarením na podklade CT rezov daného pacienta. Úplnosť a presnosť CT obrazov je základom k ďalším krokom v plánovaní liečby: zakreslenie anatomických štruktúr do CT rezov a simulácie ožarovacích techník v TPS.

Pokiaľ to umožňuje TPS na presnejšie zakreslenie jednotlivých orgánov, resp. polohy tumoru sa používajú aj iné zobrazovacie metódy (MRI, PET, obrazy z rtg simulátora).

2.1 Prenos obrazov z CT prístroja do TPS

Kontroluje sa správnosť súboru dát, vytvorených CT prístrojom alebo simulátorom s CT doplnkom, ktorý obsahuje, okrem CT obrazov, rôzne parametre, súvisiace s obrazmi (napr. orientácia pacienta a poloha CT rezu. Hodnoty CT čísiel (HU) musia zodpovedať správnej hustote jednotlivých tkanív.

2.1.1 Orientácia pacienta

Kontroluje sa zobrazenie orientácie pacienta vo všetkých skenovaných orientáciách a FOV pomocou rezov a topogramov. Zhotovia sa CT rezy fantómu s rôznymi orientáciami, ktoré sa používajú (head first, feet first, prone, supine, ľavá strana, pravá strana) najlepšie pomocou fantómu s kontrastnými značkami a rozlíšiteľnou polohou a orientáciou. Vykonajú sa CT rezy s rôznym FOV, používaným v praxi.

Tolerancia: F

2.1.2 Znázornenie CT čísla

Overuje sa správne zobrazenie CT čísiel (HU), ktoré sa môže realizovať hodnotením CT rezov fantómu známeho zloženia a elektrónovej hustoty.

Tolerancia: ± 20 HU pre elektrónovú denzitu vzhľadom k el. denzite vody ≤ 1.5 ,
 ± 10 HU pre elektrónovú denzitu > 1.5 .

2.2 Zadanie obrysov z ostatných zariadení

Overuje sa, či dáta, vytvorené obrysovým zariadením, boli správne prenesené do TPS.

Kontroluje sa, či digitizér (zariadenie na vytvorenie podkladov pre plánovanie na základe dvojrozmerných obrazov) nespôsobuje chyby v celej aktívnej ploche. Lineárne odchýlky sú pravdepodobnejšie pri filmovom skeneri. Ak sú súbory s obrysmi prenesené priamo, kontrola sa vykoná podľa predchádzajúcej časti o prenose CT obrazu.

2.2.1 Linearita vstupu digitizéra

Kontroluje sa vertikálna a horizontálna mierka a umiestnenie všetkých rožných bodov. Táto kontrola sa robí v celej aktívnej ploche digitizéra.

Tolerancia linearity: ± 2 mm od kalibračnej hodnoty

2.2.2 Linearita vstupu filmového skenera

Kontrola sa robí skenovaním objektu s určitými rozmermi na filme. Veľkosť objektu, zobrazená v TPS, sa porovná s reálnou veľkosťou (kontrola v oboch hlavných osiach)

Tolerancia linearity: pre scan hlava: ± 1 mm od predpísanej kalibračnej hodnoty
pre scan panva, trup: ± 2 mm od predpísanej kalibračnej hodnoty

2.3 Použitie obrazov

Rekonštruované obrazy, ktoré sa používajú na rozpoznávanie anatomických štruktúr musia mať správnu geometriu a orientáciu, aj presnosť šedej škály v obrazoch.

2.3.1 Geometria rekonštruovaných obrazov

Zhotovia sa CT rezy fantómu (napr. Rando fantóm) v obvyklej orientácii hlavou vpred dole (head first). Na základe transverzálnych rezov sa urobí rekonštrukcia v sagitálnej a frontálnej rovine. Overí sa geometria v porovnaní s CT obrazmi, získanými s rovnakým fantómom, skenovaným v rovnakej sagitálnej a frontálnej orientácii.

Tolerancia: F

2.3.2 Orientácia rekonštruovaných obrazov

Kontroluje sa správnosť orientácie rekonštruovaných obrazov z predchádzajúceho testu. Pomôckou môže byť zobrazenie priemetu poľa s daným uhlom gantry.

Tolerancia: F

2.4 Použitie a kontrola ostatných periférnych zariadení

2.4.1 Zariadenia pre tlač a kreslenie

Na každom tlačenom alebo kreslenom liečebnom pláne sú dve mierky v oboch smeroch (horizontálny a vertikálny), s centimetrovým značením, minimálne 10 cm dlhé. Mierky sa kontrolujú kovovým meradlom. Musia byť na správnom mieste a neskreslené.

Tolerancia: : ± 2 mm od predpísanej dĺžky

2.4.2 Zariadenie na vyrezávanie blokov

Informácie o tvare blokov sa prenesú z TPS do zariadenia na vyrezávanie blokov, pričom sa kontroluje správne fungovanie prenosu dát overením blokov s klinicky relevantnými tvarmi.

Tolerancia: 0 mm pre prenos,
 ± 1 mm pre automatické vyrezávanie,
 ± 3 mm pre ručné vyrezávanie.

2.4.3 Archivácia a opätovné načítanie dát pacienta

Ak TPS obsahuje systém na archiváciu, musí sa kontrolovať správnosť parametrov liečebného plánu a dát pacienta, načítaných späť z archívneho systému.

Tolerancia: F

3. GEOMETRIA OŽAROVACIEHO ZVÄZKU A DÁVKOVEJ DISTRIBÚCIE

Kontroluje sa korektná reprodukcia vypočítanej dávkovej distribúcie na podklade CT obrazov pacienta, ktorá má v optimalizačnom procese rozhodujúci význam.

3.1 Geometria ožarovacieho zväzku

Počas procesu plánovania sa preveruje zadaná ožarovacia technika, definujú sa vstupy a smery ožarovacích polí, ich veľkosti a tvary, pre rôzne spôsoby zobrazenia, ktoré sa používajú, napr. pohľady v axiálnych alebo neaxiálnych rovinách, BEV obrázky a 3D zobrazenia. Počas zadávania ožarovacej techniky musia osi zvolených polí súhlasiť s aktuálnou polohou poľa, vo vzťahu ku súradnému systému pacienta v TPS.

V TPS sa rozlišuje 3 aspekty popisu ožarovacieho poľa: definícia, zobrazenie a geometria zväzku. Tieto tri aspekty musia byť overené z dôvodu funkčnosti a presnosti.

3.1.1 Definícia zväzku

Základné veličiny pre definíciu geometrie zväzku:

- a) SAD a veľkosť poľa

Základné veličiny pre súlad vnútorných mierok v TPS:

- b) uhol ramena (gantry)
- c) uhol kolimátora
- d) uhol stola
- e) veľkosť (a)symetrického poľa (x_1 , x_2 , y_1 a y_2)
- f) nastavenie MLC
- g) smer vloženia klinu a bloku
- h) vzdialenosť zdroj - koža (SSD)

Niektoré ďalšie všeobecné aspekty týkajúce sa súradníc zväzkov:

- i) poloha izocentra vo vzťahu k súradnicovému systému pacienta.
- j) správna konverzia súradníc zväzku pre urýchľovače, ktoré nie sú v zhode s mierkami v TPS.

Kontroluje sa zhodná definícia parametrov ožarovacích polí a mierok v TPS a daným ožarovacím prístrojom. Tieto parametre jasne a presne definujú polohu pacienta v súradných systémoch X,Y,Z pri CT vyšetrení, pri výpočte dávkovej distribúcie v TPS, pri rtg simulácii a pri liečbe na ožarovacom prístroji.

Táto kontrola je najdôležitejšie v prípade, keď nastavenie ožarovacieho prístroja pre liečbu je odoslané priamo do ožarovacieho prístroja (jeho riadiaceho počítača, napr. pri sieťovom prepojení cez verifikačný systém) a ožiarenie pacienta je realizované pomocou automatického nastavenia.

Súlad týchto parametrov prebieha pri certifikácii systému, t.j. je zabezpečený dodávateľom softwaru.

3.1.2 Zobrazenie zväzku

Preveruje sa zobrazenie výberu a definície zväzku s ohľadom na vstup, smer, veľkosť a tvar poľa a výslednej dávkovej distribúcie v TPS, ktoré poskytuje užívateľovi pohľad na jeho lokalizáciu a tvar vo vzťahu k pacientovi. BEV je dôležitou pomôckou k určeniu uloženia a tvaru poľa vo vzťahu ku súradnému systému pacienta.

Zobrazenie zväzku môže byť realizované v axiálnej, sagitálnej, koronálnej alebo šikmej rovine a navyše s použitím BEV a 3D zobrazenia.

Kontroluje sa:

- poloha a tvar poľa, smer klinu v axiálnej a koronárnej rovine cez izocentrum.
- poloha poľa v BEV a 3D projekcii vo vzťahu k obrysu tela a kritickým orgánom.
- súhlas polohy poľa v digitálne rekonštruovanom obraze (DRR) a BEV, čo je možné overiť aj portálovými obrazmi.
- poloha a veľkosť bloku. Zadá sa ručne blok s použitím BEV. Kontroluje sa prezentácia bloku použitím zobrazenia poľa ako v predchádzajúcich bodoch.
- pole tvarované s MLC. Postupuje sa podobne ako v bode d. Zvláštnu pozornosť sa venuje korektnosti ukazovateľov 'AP/PA', 'kranial/kaudal', a 'L/P'.
- zobrazenie svetelného poľa zadaním geometrického fantómu, ktorého bočná plocha zvierá s plochou stola uhol 45° . Zadá sa pole s veľkosťou 20 cm x 20 cm, dopadajúce pod uhlom 45° na danú bočnú plochu a porovná sa dosiahnuté svetelné pole s vypočítanými alebo simulovanými údajmi.

Súlad týchto parametrov prebieha pri certifikácii systému, t.j. je zabezpečený dodávateľom softwaru.

3.1.3 Geometria zväzku

Kontroluje sa poloha, smer, veľkosť a tvar zväzku v súradnom systéme pacienta, s dôrazom na presnosť úplnej geometrickej funkčnosti plánovacieho systému.

V geometrickom fantóme sa zadá 3D pravouhlý cieľový objem a overia sa nasledujúce funkcie:

- automaticky zadaný blok pri použití symetrického poľa s uhlom ramena 0° , definujúci nepravidelný tvar poľa zadaním okrajov v BEV:
 - poloha blokov v axiálnej a koronárnej rovine,
 - poloha lamiel MLC v oboch rovinách,
 - pre MLC vnútorné, stredné a vonkajšie nastavenie lamiel.
- ručne zadaný blok, pri použití symetrického poľa ako v bode a., zadá sa pomocou preddefinovaných súradníc. Overuje sa správnosť konverzie týchto súradníc v BEV pohľade, v pevnej vzdialenosti a pre všetky zobrazenia zväzku uvedené v a.
- posuv poľa, kópia poľa, z-súradnice, pohyb bloku, kópia bloku, čítanie bloku z BEV-súboru, BEV- poloha poľa, BEV: laterálna- ,longitudinálna- rotácia, -pohyb. Overuje sa presnosť týchto funkcií v súradnom systéme pacienta a súhlas medzi výsledkami pohybov v rôznych úrovniach TPS s využitím súradníc a merania vzdialeností.
- zmena SSD sa kontroluje použitím kontroly veľkosti poľa na povrchu a divergencie.

Súlrad týchto parametrov prebieha pri certifikácii systému, t.j. je zabezpečený dodávateľom softwaru.

3.2 Geometria dávkovej distribúcie – zhodnotenie a optimalizácia plánu

3.2.1 Zobrazenie dávky

Pre správnosť zobrazenia vypočítanej dávky sa odporúča kontrolovať :

- a) Dávkové body, pričom dávkový bod je definovaný ako bod v ktorom TPS zobrazí hodnotu dávky:
 - je definované s požadovanými 3D súradnicami v správnej polohe,
 - dávka je zobrazená správne, či je možné porovnať obraz s textovou informáciou,
 - dávka je vždy správne zmenená ak sa zmení výsledok výpočtu,
 - pri zápise je dávkový bod jednoznačne označený menom a číslom.
- b) Profily, pričom profil je distribúcia dávky pozdĺž užívateľom definovanej priamky a je vypočítaná z 2D alebo 3D dávkovej mriežky:
 - začiatkový a posledný bod sú definované v požadovaných 3D súradniciach,
 - vložená priamka je správne zobrazená,
 - dávka pozdĺž priamky je správne zobrazená,
 - profily sú zaznamenané správne s ohľadom na osi a popisy,
 - pri zmene výpočtu sú profily vždy správne zmenené,
 - pri zapamätaní je profil jednoznačne označený menom a číslom.
- c) Izodózy, ktoré sú vytvorené z 2D alebo 3D dávkovej mriežky. Používajú sa na hodnotenie dávkovej distribúcie v rovine (pokrytie cieľového objemu, dávka v kritických orgánoch, max. dávka):
 - izodózy sú správne zobrazené vo všetkých rovinách,
 - farebné zobrazenie je správne a súhlasí so zobrazením dávkových bodov,
 - pri zmene výpočtu sú izodózy korektne zmenené.
- d) Izodózové plochy:
 - povrch izodózy je správne zobrazený,
 - povrchy izodóz sú zhodné s izodózovými krivkami,
 - povrch izodózy je prerušený pri nespojených objemoch.

Všetky zobrazenia dávky, uvedené vyššie, sa kontrolujú v 3D dávkovej distribúcii.

Súlrad týchto parametrov prebieha pri certifikácii systému, t.j. je zabezpečený dodávateľom softwaru.

3.2.2 3D zobrazenie a BEV

Preveruje sa zobrazenie pri komplexnom hodnotení ožarovacích techník. V režime 3D sa kontroluje, či užívateľ môže pohybovať, otáčať, zväčšovať a znižovať obrazy ožarovacích polí a dávkovej distribúcie. Pri hodnotení zložitých ožarovacích techník sa kontroluje:

- a) Správnosť zobrazenia orientácie základných osí, a to pozdĺžnej (hlava-nohy), vertikálnej(A-P) a priečnej (L-P).
- b) Zhoda zobrazenia vytvoreného povrchu 2D obrysov danej štruktúry a 3D povrchu štruktúry zobrazenej spôsobom pre odlišné TPS. Táto kontrola je zameraná na analýzu problémov, súvisiacich s definíciou okrajov štruktúr:

- zakreslia sa obrysy pravouhlej štruktúry, overí sa tvar, poloha a orientácia 3D povrchu v závislosti na súradnom systéme,
 - zakreslí sa štruktúra s ostrými obrysmi, analyzuje sa tvar zodpovedajúceho 3D povrchu,
 - zakreslia sa navzájom sa pretínajúce obrysy a analyzuje sa tvar 3D povrchu,
 - definuje sa štruktúra zadaním obrysov v axiálnej, sagitálnej a koronárnej rovine.
- c) Zobrazenie z pohľadu zväzku žiarenia (Beam's Eye View - BEV)
- presnosť relatívnej veľkosti, polohy a tvaru známych objektov v BEV a v pohľade pozorovateľa,
 - reálne tvarovanie a veľkosť ožarovacieho zväzku cez režim BEV (bloky, MLC),
 - DRR filmu porovnáme s originálnou rtg snímkou z rtg simulácie. Túto kontrolu je možné realizovať meraním vzdialeností pomocou fantómov.

Súlad týchto parametrov prebieha pri certifikácii systému, t.j. je zabezpečený dodávateľom softwaru.

3.2.3 Dávkovo-objemové histogramy (DVH)

Cieľom kontroly je zabezpečiť, aby 3D dávková distribúcia v 3D štruktúre bola v DVH presne uložená, kontroluje sa:

- a) Určenie objemu:
- zadaním rôznych štruktúr známych rozmerov (kocky rôznych veľkostí, guľovité telesá s rôznym polomerom).
 - porovnaním vypočítaných objemov s analytickými objemami pre rôzne štruktúry.

Tolerancia:

1% objemu pre nepravidelné štruktúry guľového tvaru s viac ako 1000 opisujúcimi bodmi

3% objemu pre pravouhlé štruktúry s viac ako 1000 bodmi.

- b) Stanovenie dávky v známom objeme (a):

Zadaním štruktúry so známymi rozmermi a orientáciou, vypočítaním distribúcie dávky. Vypočíta sa diferenciálny a kumulatívny DVH a analyzuje sa výsledok.

Tolerancia dávky: 1 % od požadovanej dávky

- c) Dôslednosť výpočtu aktuálnej dávky a geometrie:

Analyzovaním zmien pri DVH výpočtoch vo vzťahu k výsledku výpočtu (napr. zmena geometrie štruktúry alebo ožarovacej techniky).

Súlad týchto parametrov prebieha pri certifikácii systému, t.j. je zabezpečený dodávateľom softwaru.

3.2.4 Zložené plány

Moderné plánovacie systémy majú možnosť pričítať alebo odčítať dávkové distribúcie rôznych plánov, preto užívateľ kontroluje predpis dávky pre každú zl z nasledovných zložiek:

1. rôzne dávkové mriežky,
2. rôzne predpisy dávky (Gy, cGy, %, atď.),
3. presnosť pričítania.

Kontrola sa robí zadaním nasledujúcich izocentrických ožarovacích techník:

- (1) AP: 10 cm x 10 cm, uhol ramena 0°, 100 cGy v izocentre (ďalej len IC),
- (2) PA: 10 cm x 10 cm, uhol 180°, 100 cGy v IC,
- (3) AP-PA: kombinácia (1) a (2), 100 cGy v IC.

Overí sa, či zložená dávka techník (1) + (2) – (3) je rovná nule v celom ožarovanom objeme.

Overenie sa opakuje pre rôzne dávkové mriežky a predpisy dávky.

4. DOZIMETRICKÉ MERANIA PRI SKÚŠKACH PLÁNOVACÍCH SYSTÉMOV

4.1 Všeobecné podmienky

Cieľom kontroly je testovať presnosť procedúr pre výpočet dávky v bode a interpolácie dávok (alebo analytický výpočet).

Tolerančné limity pre výpočet relatívnej dávkovej distribúcie v oblasti nízkeho gradientu dávky sú zaznamenané ako percentá dávky na centrálnom zväzku v predpísanom bode.

V oblasti s vysokým gradientom dávky (polotieň, build-up) tolerancia je daná posunom izodózy v cm zodpovedajúcej hodnote dávky.

V prípade zistenia odchýlok v niektorých oblastiach alebo prekročení tolerancií za určitých podmienok tieto sa musia posúdiť s ohľadom na klinickú prax.

4.2 Dozimetrické skúšky fotónových zväzkov

Kontroly sa robia pre všetky energie fotónov a každý ožarovací prístroj.

4.2.1 Súbor dát opisujúcich zväzok žiarenia

Kontrolujú sa základné súbory dát zväzku, ktoré sú použité v TPS pre nastavenie modelu zväzku.

Výpočtové algoritmy v TPS sú založené buď na súboroch tabuľkových dát zväzku (A) alebo na analytickom modeli ožarovacích zväzkov (B).

Skúška dát, opisujúcich zväzok žiarenia v prípade (A), znamená priamu kontrolu tabuľkových dát vhodnými spôsobmi (grafy, tabuľky, sw nástroje). Chyby sa neočakávajú a nie sú prípustné.

V prípade (B) dáta, opisujúce zväzok žiarenia, sú použité na úpravu niektorých podstatnejších parametrov výpočtového modelu. Môžu sa očakávať určité odchýlky, pretože situácie opisujúce zväzok sú prepočítavané a vypočítané hodnoty nie sú nevyhnutne identické s týmito dátami.

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené rozdiely dávok a vzdialenosti v posuve izodóz medzi vypočítanými a nameranými výsledkami, ktoré sú považované za prijateľné.

Súbor testov		
Súbor dát na opis zväzku žiarenia (PDD, TPR, profily, výstupný faktor) musí byť overený porovnaním s výpočtom. Prípady (A) a (B) majú rôzne tolerancie. V oblasti vysokého gradientu dávky vzdialenosť medzi izod. čiarami je vhodnejší parameter ako rozdiel v %.		
Opis	Rozdiel v % z maxima	Posuv izodóz [cm]
TPR alebo PDD na osi zväzku, profily	A: bez rozdielu B: 1	-- B: 0.1
Opis	% z meraného faktora	
Dávka na MU (pre ref. pole napr. 10 x 10 cm ²)	A: bez rozdielu B: 0.5	
Výstupný faktor	A: bez rozdielu B: 1	

4.2.2 Otvorené a klinové zväzky žiarenia pre polia, ktoré sa nepoužívajú pre opis zväzku (veľkosti polí z klinickej praxe, ďalej interpolované alebo mimo rozsahu popisu)

Všetky tieto kontroly sa vykonávajú minimálne pre uvedený súbor polí.

Súbor testov		
Popis	Rozdiel v % z maxima	Geometrické rozdiely [cm]
Výpočet dávky v bode a porovnanie dávkovej distribúcie s meraniami. Minimálny súbor veľkosti polí v cm ² : - 5x5, 10x10, 25x25, 40x40 (max. štvorcové pole.) - 5x10, 5x25, 5x40, 10x5, 25x5, 40x5		
PDD na osi zväzku (mimo build-up obl.) PDD v oblasti build-up	2	0.2
Dávkové profily (alebo izodózy) v hlavných smeroch (X a Y) a uhlopriečkach v hĺbkach 5, 10 a 20 cm: - vysoká dávka, oblasť nízkeho grad. dávky - nízka dávka, nízky grad. dávky (napr. < 7% z normovanej dávky)	2	
Dávkové profily (alebo izodózy) v hlavných smeroch (X a Y) a uhlopriečkach v hĺbkach 5, 10 a 20 cm: - oblasť vysokého grad. dávky (>30%/cm) - veľkosť poľa definovaná 50% izodóz. v refer.hĺbke pre veľkosť poľa - polotieň definovaný vzdialenosťou 20%-80% úrovne dávky pre polia v cm ² : (5x5,10x10,40x40) Poznámka: tu 100% zodpovedá dávke maxima v hĺbke merania		0.2
Hĺbková dávka v bode pozdĺž centrálnej osi zväzku pre odlišné SSD, ako sa používa v praxi (napr. 80 a 120 cm) v rôznych hĺbkach (napr. 5, 10 a 20 cm) a štvorc. polia.	2	
Opis	Rozdiel (% z meranej hodnoty)	
Výstupný faktor	2	

4.2.3 Polia nepravidelné, asymetrické, s dynamickými klinmi, s MLC.

Napriek tomu, že v klinickej praxi všetky tieto vlastnosti môžu byť prítomné v jednom ožarovacom poli, musia sa vykonať oddelené kontroly pre každý z týchto prípadov.

Popis súboru testov		
Popis Výpočet dávky v bode a porovnanie dávkovej distribúcie s meraniami.	Rozdiel v % z maxima	Geometrické rozdiely [cm]
PDD v otvorenej časti poľa (nie polotieň)	2	
PDD v build-up oblasti		0.2
Profil dávky (v ľubovoľnom smere) v hĺbkach 5, 10, 20 cm: - vysoká dávka, nízky dávkový gradient - nízka dávka, nízky dávkový gradient (< 7% z normaliz. dávky)	3	
Profil dávky (v ľubovoľnom smere) v hĺbkach 5, 10, 20 cm: - vysoký dávkový gradient (>30 % / cm)		0.3
Dávka pod veľkými blokmi (alebo MLC) (meria sa presnosť vypočítanej priepustnosti blokov) Pozn.: Dávku pod malými blokmi je ťažké počítať aj merať, presnosť by sa mala stanoviť pre situácie odpovedajúce klinickým aplikáciám.	5	
Popis	Rozdiel (% nameranej hodnoty)	
Výstupný faktor	2	

4.2.4 ⁶⁰Co (kobalt) – premenová krivka

Kontroluje sa dávkový príkon (output) referenčného poľa pre rôzne ožarovacie časy.

Súbor testov	
Popis Porovnanie výpočtov v TPS s ručnými výpočtami	Maximálny rozdiel [%]
Dávkový príkon referenčného poľa za refer. podmienok (dávka za jednotku času)	0.5

4.2.5 Korekcie na nehomogenity, nepravidelnosti povrchu a šikmý dopad polí

Kontroluje sa dávka za jednotku času na centrálnom zväzku v oblasti elektrónovej rovnováhy. Je potrebné overiť aj iné situácie z klinickej praxe.

Popis testu	
Popis Porovnanie výpočtov s meraniami	% z meraného faktora
Dávka na monitorovú jednotku	3

4.2.6 Štandardné liečebné plány (3D výpočty, rotačná technika, viacero polí)

Pre záverečné kontroly celého výpočtového algoritmu sa použije niekoľko testov s antropomorfným fantómom. Súbor testov je zostavený z liečebných techník, používaných v klinickej praxi.

Niekoľko príkladov:

Popis súboru testov	
Popis	% z normovanej dávky
Porovnanie výpočtu s meraním	
V referenčnom bode (ICRU bod ako je definovaný v ICRU Report 50 a kdekokoľvek v oblasti s nízkym gradientom dávky) pri technikách ako: <ul style="list-style-type: none"> - plášťová technika - prsník: tangenciálne polia so zásahom pľúc - 4-polová technika (napr. prostata) - nerovnoběžné polia (napr. hlava, krk) 	Rozdiel vypočítanej a nameranej dávky 4 %

4.3 Dozimetrické skúšky elektrónových polí

V prípade elektrónového žiarenia dávkový gradient ďalej od maxima prudko klesá pozdĺž osi zväzku a k okrajom polí.

Kontrolujú sa dávkové distribúcie v rovinách:

- (a) transverzálna rovina, obsahujúca os centrálného zväzku
- (b) transverzálna rovina - niekoľko centimetrov od osi (CL)
- (c) roviny kolmé na os zväzku (BEV roviny) v niekoľkých hĺbkach [19].

Izodózy v rovine a hĺbkové dávky umožňujú overenie dát zväzku žiarenia v celom objeme. U elektrónových polí sa zistili rozdiely medzi nameranou a vypočítanou dávkou až do 10 %. Nasledovné kontroly sa vykonajú pre každú energiu elektrónov a na každom dostupnom ožarovacom prístroji.

4.3.1 Dáta popisujúce zväzok žiarenia

Komentár ako v bode 4.2.1

Súbor testov		
Popis	Rozdiel v % z maxima	Posuv izodóz v [cm]
Súbor dát, použitých na opis zväzku (PDD, profily, výstupné faktory) sa overuje porovnaním s prepočtami. Prípady (A) a (B) majú rôzne tolerancie.		
PDD na osi zväzku alebo profilu	A: bez rozdielu B: 1	-- B: 0.1
Popis	% z meraného faktora (veličiny)	
Dávka na MU (pre referenčné pole)	A: bez rozdielu B: 0.5	
Výstupný faktor	A: bez rozdielu B: 1	

4.3.2 Otvorené zväzky žiarenia pre polia, ktoré sa nepoužívajú pre opis zväzku (veľkosti polí z klinickej praxe, ďalej interpolované alebo mimo rozsahu popisu)

Kontroly sa vykonávajú pre minimálny súbor veľkosti polí. Zvolia sa také veľkosti polí, ktoré sú špecifické pre elektrónové energie urýchľovača. U urýchľovačov, kde sa používajú elektrónové aplikátory, vykonajú sa testy so všetkými aplikátormi.

Súbor testov		
Popis	Rozdiel v % z maxima	Posuv izodóz v [cm]
Porovnanie počítačového výpočtu dávkovej distribúcie s nameranou distribúciou dávky elektrónov. Minimálny test je zmeranie dávkových profilov v 2 rôznych hĺbkach a overenie základných „pravouhlých“ distribúcií elektrónov. Odporúča sa uvažovať s profilmi v hĺbke klinicky relevantných izodózových čiar (napr. 100%, 90%, 80%, 50%).		
PDD na osi zväzku v rámci terapeutického rozsahu (do úrovne 80% dávky)	1	
PDD na osi zväzku mimo terapeutického rozsahu	2	0.2
Praktický rozsah R_p		0.2
Dávkové profily (alebo izodózy) v základných smeroch (X, Y a uhlopriečky) - oblasť nízkeho dávkového gradientu	2	
Dávkové profily (alebo izodózy) v základných smeroch (X, Y a uhlopriečky) - oblasť vysokého dávkového gradientu		0.2
Popis	% z nameranej hodnoty	
Výstupný faktor	2	
Dávka na monitor. jednotku (MU) vo zväčšenom a zmenšenom SSD, používané v klinických situáciách	2	

4.3.3 Nepravidelné tvary polí, asymetrické polia, šikmý dopad

Hodnotia sa situácie, ktoré sa môžu vyskytnúť v klinickom plánovaní liečby: šikmý dopad, nepravidelná geometria, polia blokové, dávková distribúcia pod bolusom (napr. ožarovanie hlavy, krku a hrudnej steny).

Zostava testov		
Popis	Rozdiel v % z maxima	Posuv izodóz v [cm]
Porovnanie počítačovej distribúcie s nameranou distrib. elektrónových polí		
PDD na osi zväzku	2	0.2
Dávkové profily (izodózy) v základných smeroch (X a Y) a minimálne v 2 hĺbkach - nízky dávkový gradient v oblasti vysokej dávky - nízky dávkový gradient v oblasti nízkej dávky (napr. 7% norm. dávky)	3	
Dávkové profily (alebo izodózy) v základných smeroch (X a Y) a minimálne v 2 hĺbkach : - vysoký dávkový gradient (>30% / cm)		0.3
Popis	% z meraného faktora	
Výstupný faktor	3	

4.3.4 Korekcia nehomogenít a nepravidelností povrchu

Kontroluje sa dávka na MU pod doštičkami, predstavujúcimi nehomogenity s denzitami pľúc a kostí, v bode elektrónovej rovnováhy.

Popis zostavy testov	
Popis	% z meraného faktora
Porovnanie výpočtov s meraniami	
Dávka na monitorovú jednotku	5

4.3.5 Štandardné liečebné plány

Použijú sa také ožarovacie techniky, aké sa aplikujú v klinickej praxi, na podklade CT rezov antropomorfného fantómu. Zvláštna pozornosť sa venuje prekrývaniu polí a poliam s totožnou osou zväzku pri spájaní rôznych polí.

Popis zostavy testov	
Popis	% z norm. dávky
Porovnanie výpočtov s meraniami	
V referenčnom bode (ICRU bod ako je definovaný v ICRU Report 50) a kdekoľvek v oblasti nízkeho gradientu dávky - štandardné prípady liečby	5

5. SKÚŠKY PO ZAVEDENÍ NOVEJ VERZIE SOFTVÉRU

Po každom uprade softvéru sa kontroluje presnosť a stálosť relevantných parametrov a výpočtového algoritmu.

5.1 Skúšky pre nové verzie softvéru, ktoré nemajú vplyv na výpočtové algoritmy

5.1.1 Nedorozimetrické skúšky

Kontrolujú sa všetky klinicky používané nástroje a programy, aj keď nie sú obsiahnuté v uprade, zbežné kontroly, geometria a 3D funkčnosť, periférie. Dôležitá je kontrola kompletности funkcií, ktoré sa používajú v rutínnej praxi.

5.1.2 Dozimetrické skúšky

a) Fotónové zväzky

- dávka v bode v 3 hĺbkach (d_{max} , 5 cm, 10 cm) pre polia 5 cm x 5 cm, 10 cm x 10 cm a maximálne otvorené štvorcové polia, obdĺžnikové pole 5 cm x 30 cm a nepravidelné pole,
- profily: štyri otvorené polia 10 cm x 10 cm a najväčšie štvorcové pole) v hĺbke 10 cm, z klinových polí iba najväčšie možné v hĺbke 10 cm.

b) Elektronové zväzky

- dávka v bode pre referenčné pole, v dvoch hĺbkach: d_{\max} a v bode poklesu dávky v okraji poľa,
- profily za rovnakých podmienok.

c) Štandardné prípady

Vypočíta sa dávková distribúcia v oblasti osi zväzku i mimo osí. Dodávateľ poskytuje štandardný spoločný súbor dát pacientov a ožarovacích zväzkov s dávkovou distribúciou. Tento súbor sa použije na testovanie lokálnej implementácie novej verzie softvéru. Výsledky, získané z týchto testov pacientov, sa porovnajú s výsledkami z predošlých verzií SW metódou systematickej verifikácie dávky v preddefinovaných bodoch dávkových distribúcií. Alternatívnou metódou je použitie plánov troch reálnych pacientov, liečených lokálne. Kontroluje sa rovnakou metódou.

5.1.3 Verifikácia všetkých možností plánovacieho systému

Testujú sa štandardné procedúry. Ak v TPS nefunguje ľubovoľná požiadavka podľa očakávania, treba to presne zapísať do prevádzkovej knihy a oznámiť výrobcovi.

6. SKÚŠKY PO DODANÍ NOVÉHO OŽAROVACIEHO PRÍSTROJA ALEBO PO ZAVEDENÍ NOVÝCH DÁT OŽAROVACIEHO ZVÄZKU DO TPS

V programe QA pre TPS sú obsiahnuté všetky kroky implementácie mechanických a fyzikálnych parametrov nového ožarovacieho prístroja do TPS.

Z dôvodu vylúčenia všetkých systematických chýb v plánovaní liečby, všetky funkcie, vzťahujúce sa na túto novú liečebnú jednotku, musia byť starostlivo kontrolované a zhodnotené pred klinickým použitím. Vykoná sa kompletná zostava skúšok softvéru a výpočtu dávky, tak, ako sú žiadané pri preberacích skúškach.

7. SKÚŠKY TPS PRE BRACHYTERAPIU

Skúšky správnej funkcie TPS pre brachyterapiu obsahujú všeobecné testy presnosti hardvérového reťazca "digitizér - monitor - plotter - tlačiareň" a kontrolu plánovacieho softvéru. Kontroly softvérových parametrov pokrývajú predovšetkým fázy plánovacieho procesu, zaťažené účasťou ľudského faktora.

7.1 Overenie matematických modelov a ich parametrov pre plánovací softvér

Základná dozimetrická charakteristika URŽ - kermová výdatnosť vo vzduchu - sa zadá do plánovacieho systému na základe užívateľského merania spoločne s dátumom, ku ktorému bola stanovená. Rovnaký postup je vhodné použiť i pri zadávaní ďalších parametrov: lineárnej aktivity a výnimočne i doby polpremeny, resp. energetického spektra. Takto získané parametre sa porovnávajú s hodnotami uvedenými výrobcom.

Východiskom pre zadávanie vstupných parametrov do plánovacej jednotky je osvedčenie URŽ a firemná dokumentácia k prístroju.

V matematických modeloch v brachyterapii sa používajú hodnoty fyzikálnych konštánt najdôležitejších rádionuklidov, parametre rekonštrukčných modelov a fyzikálne parametre prostredia.

Odporúča sa vykonať kontrolu správneho zadania všetkých vstupných dát nezávislou osobou, vždy pri zmene plánovacieho softvéru alebo pri jeho aktualizácii.

7.2 Kontrola databázy údajov používaných v brachyterapii

Súbory fyzikálnych dát, používaných v TPS, je nutné uchovávať pod jednoznačným označením. Obsah týchto súborov musí byť dokumentovaný a zálohovaný. (Jedná sa o súbory definujúce jednotlivé URŽ, lokalizačné metódy, prípadne alternatívne algoritmy výpočtu.)

Databázové súbory, používané na plánovanie brachyterapie, sa zabezpečujú pred neoprávnenou manipuláciou.

7.3 Kontrola rekonštrukčného procesu štandardným výpočtom

Na kontrolu matematického modelu pre rekonštrukciu polohy referenčných bodov sa použije testovací príklad ktorý udáva simulované projekcie referenčných bodov. Zo zadaných súradníc simulovaných testovacích projekcií referenčných bodov sa vykoná matematická rekonštrukcia ich polohy. Presnosť priestorovej rekonštrukcie zvolenej projekčnej metódy sa hodnotí posúdením odchýlok súradníc rekonštruovaných bodov od skutočných hodnôt.

Tolerancia: 1 mm

7.4 Kontrola presnosti modelu dávkovej distribúcie štandardným výpočtom

Pri kontrole presnosti modelu sa porovná dávka podľa vypočítaného plánu s dávkou podľa štandardného plánu. Odporúča sa porovnávať dávku vo zvolených štandardných bodoch.

Tolerancia: $\pm 8 \%$

Poznámka: Dozimetria in vivo je jediná priama metóda, ktorou porovnáme dávku v príslušnom orgáne (tkanive) pacienta s vypočítanou počítačovým plánovacím systémom.

8. SKÚŠKY DLHODOBEJ STABILITY (SDS)

8.1 Všeobecné odporúčania

V celom procese plánovania sa môžu objaviť chyby v 4 rôznych častiach:

1. programy
2. súbory dát ožarovacích zväzkov
3. periférne zariadenia
4. obsluha

Úlohou kontroly je rozpoznať „jemnejšie“ rozdiely, ktoré sa môžu objaviť .

8.2 Skúšky a frekvencie

Pri SDS sa vykonávajú podobné skúšky, ako sú opísané v častiach o preberacích skúškach:

Frekvencia	Značka
mesačne	m
¼ ročne	3m
½ ročne	6m
ročne	r

8.2.1 Periférne zariadenia

Popis	Frekvencia	Tolerancia
Zariadenie pre tlač a kreslenie	r	0.1 cm
Digitizér	r	0.1 cm
Filmový skener	r	0.1 cm
Počítačový tomograf CT	r	bez rozdielu
- prenos dát (zhoda, parametre rezov, orientácia pacienta, textové informácie)	r	bez rozdielu
- geometria príslušného objektu, orientácia obrazov, zobrazenie šedej škály	r	20 HU ak $\rho_e \leq 1.5$ 10 HU ak $\rho_e > 1.5$
- elektrónová denzita vo funkcii k CT číslam porovnané so známymi denzitami relat. k vode	a po každej oprave CT	
Vyrezávačka blokov	r	hlava 1 mm trup 2mm
Archivácia a spätné načítanie dát pacienta	r	bez rozdielu

8.2.2 Geometria ožarovacieho zväzku

Popis	Frekvencia	Tolerancia
SAD a veľkosť poľa	r	0.1 cm
Rotácia ramena	r	1°
Rotácia kolimátora	r	1°
Uhol stola	r	1°
Súradnice clôn a zväzku	r	0.1 cm
Určenie MLC	r	bez zmien
Vkladanie klinov a blokov	r	bez zmien
Poloha izocentra	r	0.1 cm
SSD	r	0.1 cm
Overenie zobrazenia zväzku:	r	bez zmien
- poloha a tvar		
- poloha v BEV a 3-D projekcii (vzťah k obrysu tela)		
- súhlas medzi DRR a BEV		
- poloha a veľkosť bloku		
- polia tvarované MLC		
- šikmý dopad zväzku		

8.2.3 Monitorové jednotky (MU)

Kontrola výpočtu MU sa vykonáva mesačne na klinických prípadoch.

Popis	Frekvencia	Tolerancia
Testy sa vykonajú metódou výpočtu na TPS a porovnaním s predošlým výpočtom.		
MU fotónové polia	m	bez rozdielu
MU elektrónové polia	m	bez rozdielu

8.2.4 Štandardný liečebný plán

Tolerancie sú vzťahnuté na meranú dávku v izocentre v antropomorfnom fantóme. Tu tolerancia (1%) vyjadruje spoľahlivosť testov, konaných počas preberacej skúšky. V každom overovanom bode odchýlka dávky nemá presiahnuť 1% dávky v izocentre.

Popis	Frekvencia	Tolerancia
Štandardní pacienti (fantóm) (porovnaj s predošlými testami)		
s možnosťou vykonania kontrolného súčtu (checksum) na dáta zväzkov a výkonných (exe) súborov	r	1 %

8.2.5 “Kontrolný súčet” (checksum)

Obsluha nemá prístup k modifikácii softvéru v TPS. Systém musí byť zabezpečený proti prieniku vírusov. Modifikáciu uskutočňuje len dodávateľ.

9. MANAŽMENT SYSTÉMU A BEZPEČNOSŤ

Manažment systému je zameraný na vedenie k zabezpečeniu integrity hardvéru a softvéru. Manažment plánovacieho systému môže byť rozdelený na počítačový systém (hardware), dáta (software), management siete a bezpečnosť.

9.1 Manažment počítačového systému (hardvér)

Nesprávne funkcie hardvéru môžu zapríčiniť chyby v plánovaní liečby. Malé zmeny sú oveľa nebezpečnejšie, pretože sú oveľa ťažšie zistiteľné.

Vykonáva sa:

- program QC na všetkých systémoch hardvéru – periodicky,
- diagnostické testy - môžu odhaliť chyby, ktoré neboli zistené pri pravidelnom QC,
- každých 5 rokov systematická obnova archívu ožarovacích plánov,
- pravidelná kontrola správnej funkcie UPS (záložný napájací zdroj) vypnutím.

9.2 Manažment softvéru

Zabezpečuje sa správna funkcia softvéru.

Niektoré časti môžu byť zmenené po aktualizácii (upgrade), niektoré po uváženej modifikácii alebo ako výsledok bežného klinického použitia. Metódy na kontrolu korektnej činnosti zahŕňajú uskutočňovanie programu QC, obsluhu a údržbu log súborov a pod.

PREBERACIE SKÚŠKY

Popis	Tolerancia	Pozn. Kap.
Základné skúšky:		
Definovanie technických parametrov ožarovacích prístrojov	bez rozdielu	(1)
Prenos dát medzi TPS a simulátorom/ožarovacím prístrojom	bez rozdielu	
Zápis a identifikácia pacienta v každej verzii plánu <ul style="list-style-type: none"> - jednoznačné zadanie, - spojenie údajov s existujúcim pacientom, - oprava dát pacienta 	bez rozdielu	3.1
Zadanie, prenos obrazov a dát pacientov z CT <ul style="list-style-type: none"> - vstup dát, funkčnosť, úplnosť a nezameniteľnosť rôznych spôsobov (film.skener, digitizér, CD, lok.sieť,...) - zhoda rezov (opakujúce rezy, rôzne zostavy rezov, FOV), - parametre rezov (skeny s rôznymi hrúbkami, indexami, súradnicami), - orientácia pacienta, - textové informácie, - zobrazenie šedej škály 	bez rozdielu	(2) 3.2 3.4
Elektrónová denzita ako funkcia CT čísel (ρ_e), porovnané so známymi hustotami relat. k vode	0.05 / 0.1	(3) 3.2
Geometrické skúšky pre prenos a popis základných údajov:		
Linearita digitizérového vstupu	0.1 cm	3.3
Linearita vstupu filmového skenera	0.1 cm	
Interpolácia rezov	verifikácia	
Zariadenia pre tlač a kreslenie	0.1 cm	3.5
Vyrezávačka blokov	0 cm pre prenos 0.1/0.3cm pre vyrez.	
Archivácia a spätné načítanie dát pacienta	verifikácia	
Geometria rekonštruovaných obrazov	verifikácia	3.4
Orientácia rekonštruovaných obrazov	verifikácia	
Geometria ožarovacieho zväzku:		
SAD a veľkosť poľa	0.1 cm	4.1.1

Rotácia ramena	1°	
Rotácia kolimátora	1°	
Uhol stola	1°	
Súradnice clôn a súradníc zväzku	0.1 cm	
Určenie MLC	bez zmien	
Vkladanie klinov a blokov	bez zmien	
Poloha izocentra	0.1 cm	
SSD	0.1 cm	
Chybové odkazy a upozornenia		
Overenie zobrazenia zväzku: - poloha a tvar (pre rôzne smery poľa) - poloha v BEV a 3-D projekcii vo vzťahu k obrysu tela (pre rôzne smery poľa) - súhlas medzi DRR a BEV (pre rôzne smery poľa) - poloha a veľkosť bloku pomocou BEV - polia tvarované MLC - šikmý dopad zväzku	0.1 cm	4.1.2
Automatický blok - overenie polohy blokov (alebo listov MLC) v axiálnej a koronárnej rovine,	bez zmien	4.1.3
Manuálny blok s preddefinovanými súradnicami – overenie správnosti konverzie súradníc v BEV v pevnej vzdialenosti	bez zmien	
Posuv a kópia poľa a bloku, posuv a rotácia v rôznych smeroch	bez zmien	
Zmena SSD – kontrola veľkosti poľa na povrchu a divergencie	0.1 cm	
Geometria dávkovej distribúcie:		4.2.1
Dávkový bod – poloha, súradnice, dávka, zmena dávky pri zmene výpočtu	verifikácia	
Profil – súradnice krajných bodov, zobrazenie dávky, doplnenie pri zmene výpočtu	verifikácia	
Izodózy – zobrazenie vo všetkých rovinách, súhlas so zobrazením dávk.bodov, doplnenie pri zmene výpočtu	verifikácia	
Izodózové plochy – porovnanie s izod.krivkami, prerušenia	verifikácia	
Zložené plány – zhodnotenie dávk.distribúcie pri sčítaní alebo odčítaní dávk.distribúcií rôznych plánov	0.5 cGy	4.2.4
3D geometria:		4.2.2
Jednoduché objekty – tvar, poloha, orientácia 3D povrchu	0.1 cm	
Zložité objekty – ostré, pretínajúce a zložené obrysy	verifikácia	
Zadanie obrysov v axiálnej, sagitálnej a koronárnej rovine	verifikácia	
BEV:		4.2.2
Tvar a poloha geometricky jednoduchých objektov	0.1 cm	
Tvar a poloha ožar. pola	0.1 cm	
DRR	0.1 cm	
DVH:		4.2.3
Určenie objemu - jednoduché pravouhlé štruktúry - nepravidelné štruktúry guľového tvaru	3 % 1 %	

- zložené štruktúry, analýza, zjednotenie a prienik	verifikácia	
Umiestnenie dávky		
- štruktúra s 3D blokmi	0 %	
- so štruktúrou na centr.osi	0.5 %	
- rotačná technika	5 %	
Brachyterapia:		
Kontrola HW reťazca TPS	bez zmeny	
Komparácia adresárov	bez zmeny	
Kontrola databázy	bez zmeny	
Rekonštrukčný proces štandardným výpočtom	1 mm	
Presnosť modelu dávk.distribúcie štand.výpočtom	5 %	

Popis	Tolerancia	Pozn. Kap.
DOZIMETRIA FOTÓNOV:		
Dáta opisujúce zväzky žiarenia:		(4) 5.2.1
TPR, PDD na osi zväzku (CL)a profiloch	A: bez rozdielu B: 1% alebo 0.1cm	
Dávka na monitorovú jednotku pre referenčné pole	A: bez rozdielu B: 0.5 %	
Výstupný faktor	A: bez rozdielu B:1 %	
Otvorené a klinové polia:		(5) 5.2.2
PDD na centrálnom lúči, mimo oblasti build-up	2%	
PDD v build-up oblasti	0.2 cm	
Profily dávky (hĺbka 5, 10, 20 cm)		
- vysoká dávka, nízky dávkový gradient	2 %	
- nízka dávka, nízky dávkový gradient	2 %	
- vysoký dávkový gradient (>30% / cm)	0.2 cm	
- veľkosť pola definovaná 50% izodózou	0.2 cm	
- polotieň definovaný vzdialenosťou 20% - 80% izod.	0.2 cm	
Korekcia SSD	2%	
Relatívny výstupný faktor	2%	
Polia nepravidelné, MLC, asymetrické, dynamické klíny:		5.2.3
PDD v otvorenej časti pola	2%	
PDD v build-up oblasti	0.2 cm	
Profily dávky (hĺbka 5, 10 a 20 cm)		
- vysoká dávka, nízky dávkový gradient	3 %	
- nízka dávka, nízky dávkový gradient	3 %	
- vysoký dávkový gradient (>30% / cm)	0.3 cm	
Dávka pod blokmi s relat. veľkou plochou (larger blocks)	2 %	
Relatívny výstupný faktor	2 %	

Co – rozpad. krivka, dávkový príkon referenčného pola za ref. podmienok (rôzne ožarovacie časy)	0.5 %	5.2.4
Korekcia nehomgenít, nepravidelnosti povrchu a šikmý dopad polí	3 %	5.2.5
Štandardné ožarovacie plány	4 %	5.2.6

Popis	Tolerancia	Pozn. Kap.
DOZIMETRIA ELEKTRÓNOV:		
Dáta opisujúce zväzky žiarenia:		(4) 5.3.1
PDD na osi zväzku alebo profily	A:bez rozdielov B: 1 % alebo 0.1 cm	
Dávka na monitor. jednotku MU pre referenčné pole	A:bez rozdielov B: 0.5 %	
Relatívny výstupný faktor	A: bez rozdielov B: 1 %	
Otvorené polia, ktoré sa nepoužili na popis zväzku:		5.3.2
PDD na centrálnom zväzku		
- v terapeutickom rozsahu	1 %	
- mimo terapeutického rozsahu	2 % alebo 0.2 cm	
- iný vhodný parameter R_p	0.2 cm	
Profily (hlbka 100, 90, 80, 50%)		
- nízky dávkový gradient	2 %	
- vysoký dávkový gradient	0.2 cm	
Relatívny výstupný faktor	2 %	
Dávka na MU pri zväčšenom a zmenšenom SSD	2 %	
Neppravidelne tvarované polia, asymetrické, polia so šikmým dopadom:		5.3.3
PDD na osi zväzku (CL)		
- nízky dávkový gradient	2 %	
- vysoký dávkový gradient	0.2 cm	
Profily (hlbka 100, 90, 80, 50% izod.)		
- nízky dávkový gradient v oblasti vysokej dávky	3 %	
- nízky dávkový gradient v oblasti nízkej dávky	3 %	
- vysoký dávkový gradient (>30% / cm)	0.3 cm	
Veľkosť pola definovaná 50% izodózou	0.3 cm	
Relatívny výstupný faktor	3 %	
Korekcia na nehomogenity	5 %	5.3.4

Štandardné ožarovacie plány	5 %	5.3.5

- (1) V prípade nesúhlasu sa použije špecifická procedúra
- (2) Skúšku aplikovať na všetky zadané dáta
- (3) Prípad elektr. denzít je uvedený len napríklad
- (4) Skúška overí, že výpočty založené na zadaných dátach, sú správne (pozri tiež 5.2.1, 5.3.1)
- (5) Minimálny súbor veľkosti polí: 5 cm x 5 cm, 10 cm x 10 cm, 25 cm x 25 cm, 40 cm x 40 cm (štvorcové pole); 5 cm x 10 cm, 5 cm x 25 cm, 5 cm x 40 cm, 10 cm x 5 cm, 25 cm x 5 cm, 40 cm x 5 cm (pre obdĺžnikové polia).

SKÚŠKY DLHODOBEJ STABILITY

Popis	Frekvencia	Tolerancia	Pozn.
Prenos a popis základných údajov:			
Zariadenie pre tlač a kreslenie	r	0.1 cm	
Digitizér	r	0.1 cm	
Filmový skener	r	0.1 cm	
Počítačový tomograf CT - zadanie a prenos dát, geometria - elektrónové hustoty	r	bez rozdielu 0.05 / 0.1	(1)
Vyrezávačka blokov	r	0 cm pre prenos 0.1 cm pre vyrezáv.	(2)
Archivácia a spätné načítanie dát pacienta	r	bez rozdielu	
Geometria ožarovacieho zväzku:			
SAD a veľkosť poľa	r	0.1 cm	
Rotácia ramena	r	1°	
Rotácia kolimátora	r	1°	
Uhol stola	r	1°	
Súradnice clôn a zväzku	r	0.1 cm	
Určenie MLC	r	bez zmien	
Vkladanie klinov a blokov	r	bez zmien	
Poloha izocentra	r	0.1 cm	
SSD	r	0.1 cm	
Chybové odkazy a upozornenia	r		
Overenie zobrazenia zväzku: - poloha a tvar - poloha v BEV a 3-D projekcii (vzťah k obrysu tela) - súhlas medzi DRR a BEV - poloha a veľkosť bloku - polia tvarované MLC - šikmý dopad zväzku	r	bez zmien	
Dozimetrické merania:			
Monitorové jednotky MU Fotónové a elektrónové zväzky	m	bez rozdielov	
Štandardný ožarovací plán - s kontrolným súčtom (checksum) - bez kontrolného súčtu	r 3 m	1 % 1 %	

Kontrolný súčet (checksum)	3 m	bez rozdielu	(3)
Skúšky pre brachyterapiu:			
Kontrola HW reťazca TPS	r	bez zmeny	
Komparácia adresárov	r	bez zmeny	
Kontrola databázy	r	bez zmeny	
Rekonštrukčný proces štandardným výpočtom	r	1 mm	
Presnosť modelu dávk.distribúcie štand.výpočtom	6 m	5 %	

- (1) Táto skúška sa má vykonať po každej oprave CT.
- (2) Táto skúška pozostáva z verifikácie prenosu dát.
- (3) Táto skúška má byť obsiahnutá v bootovaní systému pri štarte TPS.