

Denné kontroly systému CyberKnife – ročné skúsenosti s meracím zariadením SRS MapCHECK

Ivana Kinclová, Marek Paluga, Miloslav Kulich,
Veronika Oravczová, Gabriel Králik

Vyhlásenie o konflikte záujmov autora

- ☒ Nemám potenciálny konflikt záujmov
- ☐ Deklarujem nasledujúci konflikt záujmov

Forma finančného prepojenia	Spoločnosť
Participácia na klinických štúdiách/firemnom grante	
Nepeňažné plnenie (v zmysle zákona)	
Prednášajúci	
Akcionár	
Konzultant/odborný poradca	
Ostatné príjmy (špecifikovať)	

Podľa UEMS (upravené v zmysle slovenskej legislatívy)

CyberKnife S7 (Accuray)

- SRS/SBRT systém
- Systém lineárneho urýchľovača na robotickom ramene
- Fotónové žiarenie 6 MeV, FFF
- Plánovací systém Precision
- Nekoplanárne zväzky žiarenia

Kolimátory:

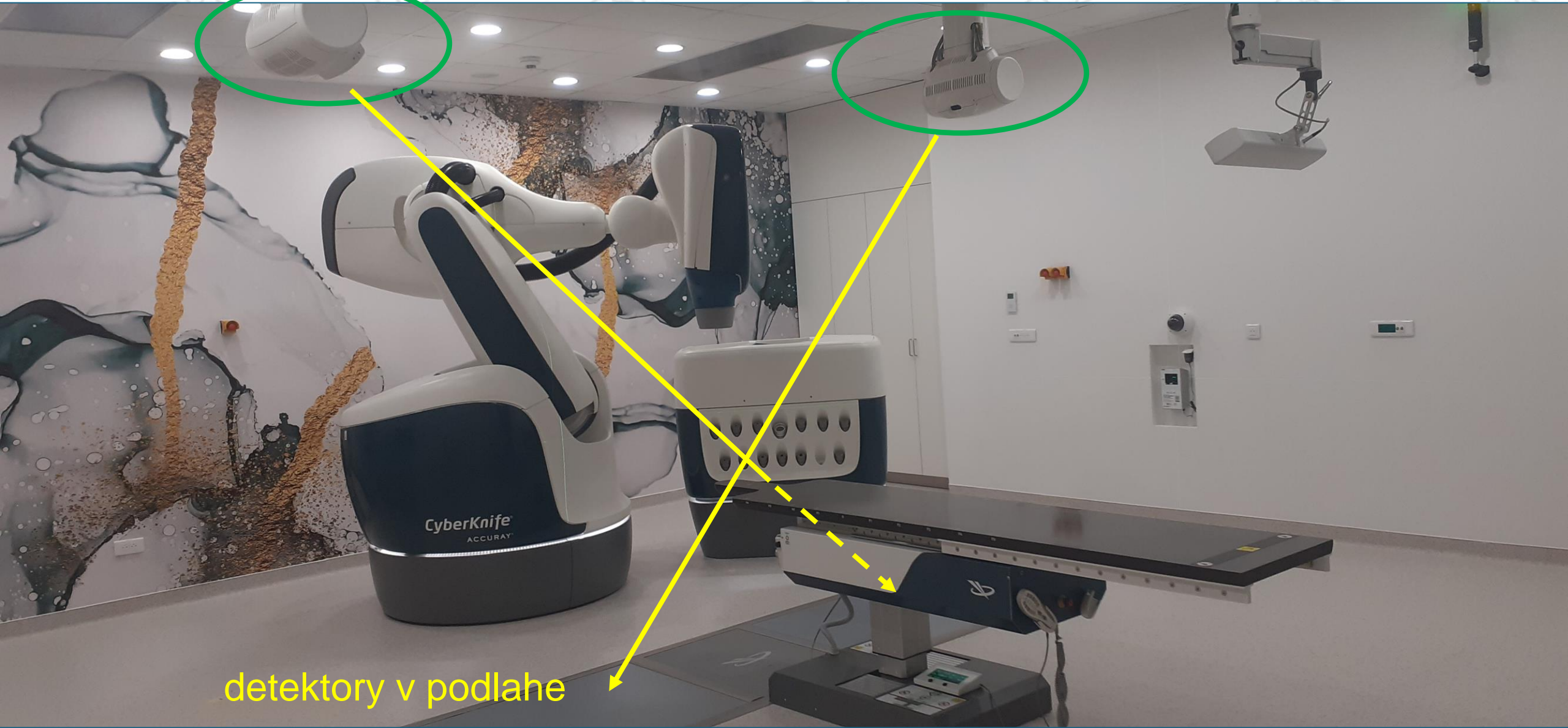
- Fixné
- IRIS
- (MLC)





kV zobrazovací systém

röntgenky v strope



detektory v podlahe



Tracking módy

- **Statické:**

Fiducial – sledovanie implantovaných markerov

Skull

Spine Supine

- **Dynamické** (s respiračným pohybom):

Fiducial

Lung (tumor):

2 View

1 View



Program QA

Zdroje:

- J Appl Clin Med Phys 2018; 19:2:29–34 - report od kanadskej organizácie medicínskych fyzikov
- Report No. 3 of AAPM TG 135: Quality assurance for robotic radiosurgery; 2011
- AAPM-RSS Medical Physics Practice Guideline 9.a; 2017
- české SÚJB

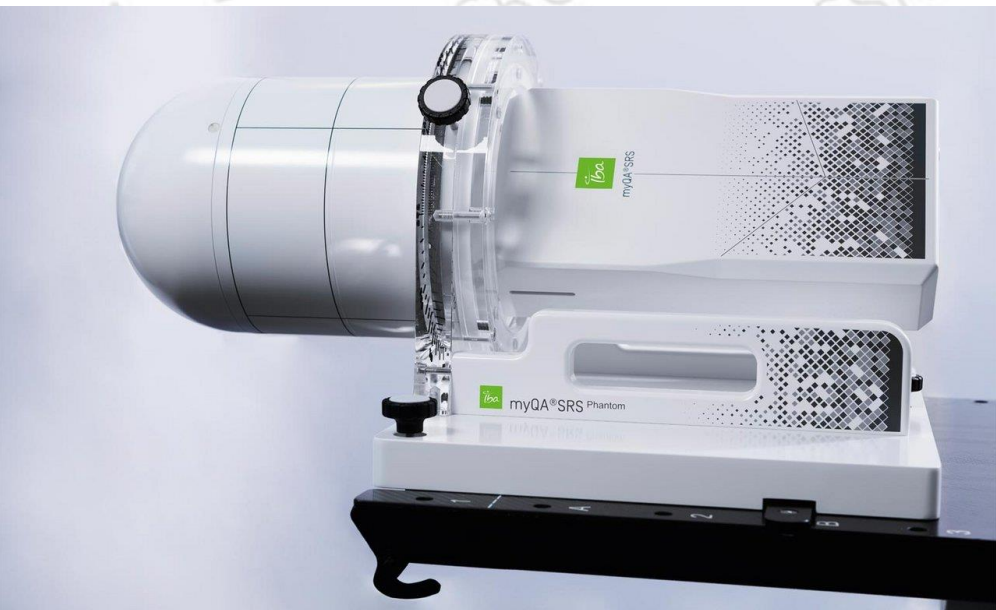
Check frequency	Test	Tolerance
Daily*	Head laser alignment check	1.0 mm
*days of clinical use	Safety interlocks	Functional
	Automatic QA (AQA) test*	Total targeting ≤ 1.0 mm from baseline, not exceeding manufacturer's specification
	* the AQA test will alternate between fixed cones and Iris™, with each system tested at least weekly	
	Accelerator output constancy	$\pm 3\%$
Monthly	Energy constancy	$\pm 2\%$
	Beam symmetry, relative	$\pm 3\%$ for 40 mm field, $\pm 4\%$ for 60 mm field
	Accelerator output constancy	$\pm 2\%$
	Imager alignment	1 mm or center pixels ± 2 pixels
	Iris™ field size spot check (3 or more field sizes ≥ 10 mm)	0.5 mm
	E2E localization assessment	0.9 mm static target, 1.5 mm motion tracking
	(Each tracking mode used clinically)	
Yearly	Emergency Power Off (EPO) button, safety interlocks	Functional
	Accelerator output	$\pm 2.0\%$
	MU linearity (>10 MU to highest MU used clinically)	$\pm 2\%$
	Path verification	≤ 0.5 mm maximum per node, ≤ 0.3 mm average
	Imager kVp accuracy, mA station exposure linearity, isopost alignment with center pixel	$\pm 10\%$, $\pm 20\%$, and 1 mm, respectively
	Beam laser and radiation beam alignment for cone and Iris™	0.5 mm from baseline
	AQA baseline	Recheck AQA baseline
	Beam data verification — Relative output factors for cones and Iris™ covering the range used clinically	$\pm 2\%$ from baseline for >1.0 cm apertures, $\pm 5\%$ from baseline for ≤ 1.0 cm apertures



Denná kontrola - možnosti

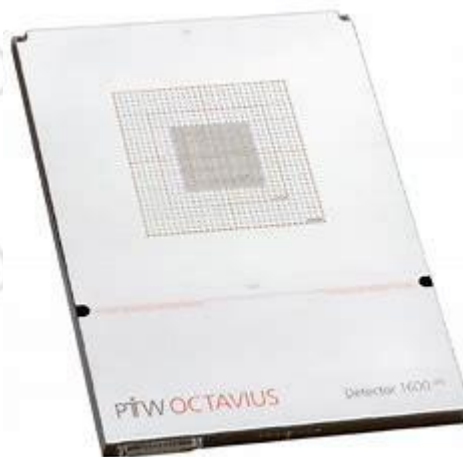
- Filmy Gafchromic
- Polia detektorov s vysokým rozlíšením

CMOS technológia



iba-dosimetry.com

ionizačné komory



ptwdosimetry.com

diódy



sunnuclear.com



Denná kontrola – postup odporúčaný výrobcom

AQA (Auto QA)

- Kontrola analogická s kontrolou Winston-Lutz na linaku s C-ramenom
- Cieľom je overenie presnosti zacielenia ožiaréním anteriórnym a laterálnym zväzkom
- Príprava kocky s vloženými 2 filmami podľa značiek - ožiarenie plánom AQA TEST (35mm kolimátor)
- Nasnímanie na skeneri a vyhodnotenie v softvéri od výrobcu

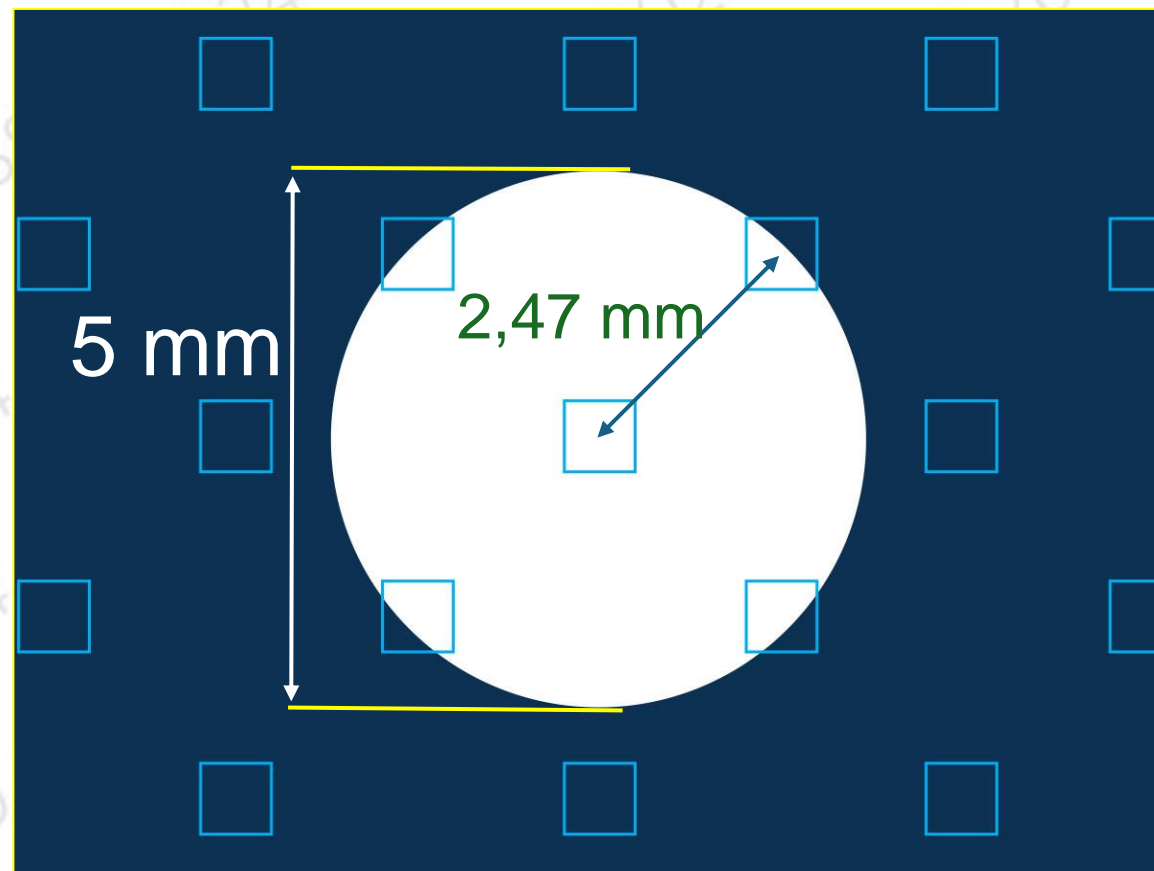
Stabilita dávky lineárneho urýchľovača - 60 mm kolimátor

- Fixácia držiaku komory k hlavici CK (birdcage)
- Na držiak sa pripevní SEMIFLEX CHAMBER 0.125 cm³, komora s BUILD-UP nadstavcom
- UNIDOS Romeo
- Predžiarenie, meranie (korekcia teplota, tlak)



SRS MapCHECK (Sun Nuclear, Melbourne, Florida, USA)

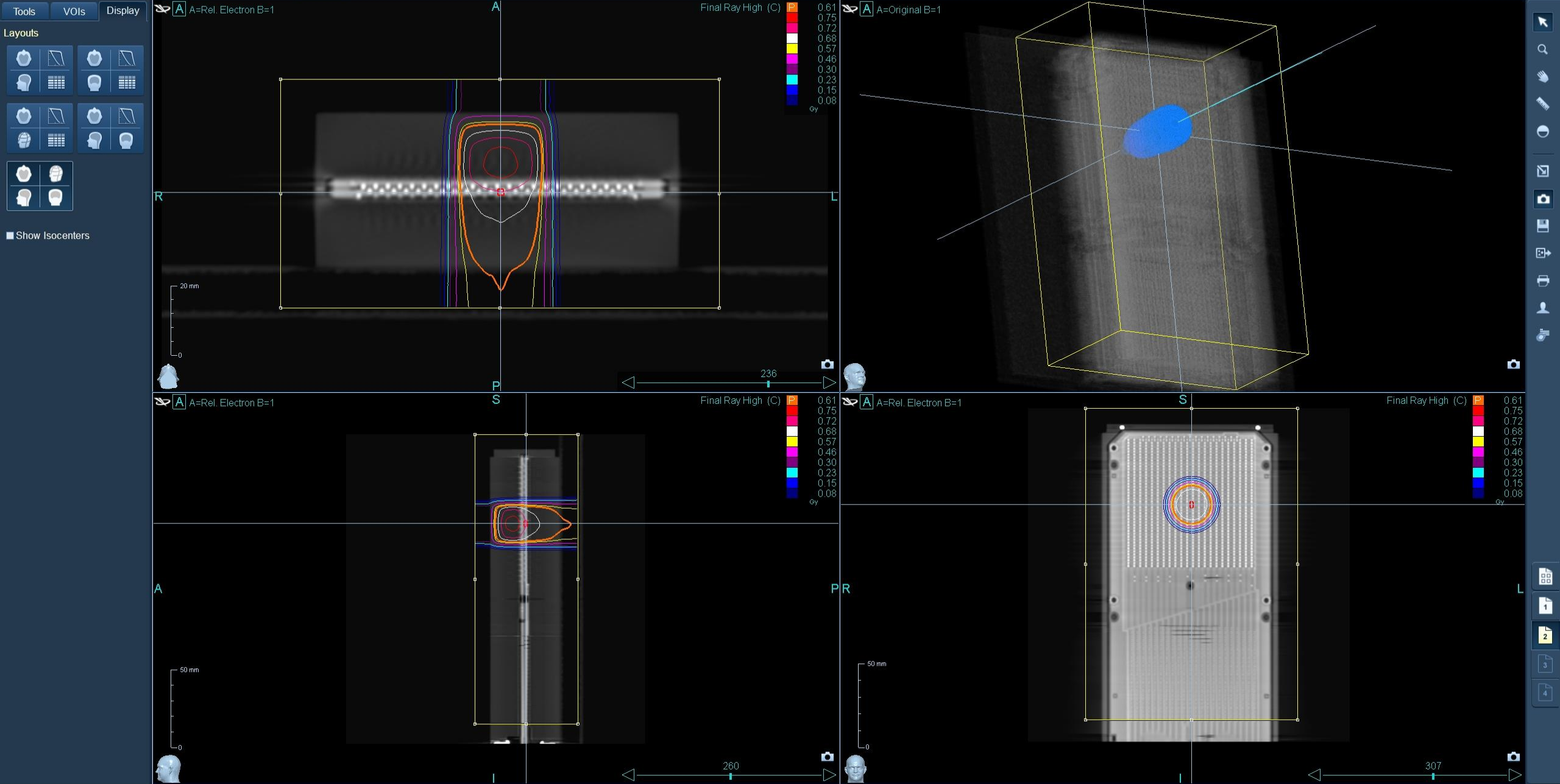
- 2D pole diód 77 mm x 77 mm
- 4 navádzacie markery (fiducials), ktoré slúžia na lokalizáciu systémom CyberKnife
- Softvér SNC Patient





AQA s poľom detektorov SRS MapCHECK (TAQA)

- 2 plány:
 - "Ant" s poľom detektorov položeným horizontálne na stole
 - "Lat" s poľom detektorov otočeným do polohy 270°
- V softvéri SNC Patient sa hodnotia:
 - posuny v laterálnom, pred-zadnom a superiórne-inferiórnom smere
 - radial error - nemá prekročiť 1 mm od baseline



Show Isocenters

A=Rel. Electron B=1

Final Ray High (C) 0.61 0.75 0.72 0.68 0.57 0.46 0.30 0.23 0.15 0.08 Gy

20 mm

236

A=Original B=1

236

A=Rel. Electron B=1

Final Ray High (C) 0.61 0.75 0.72 0.68 0.57 0.46 0.30 0.23 0.15 0.08 Gy

50 mm

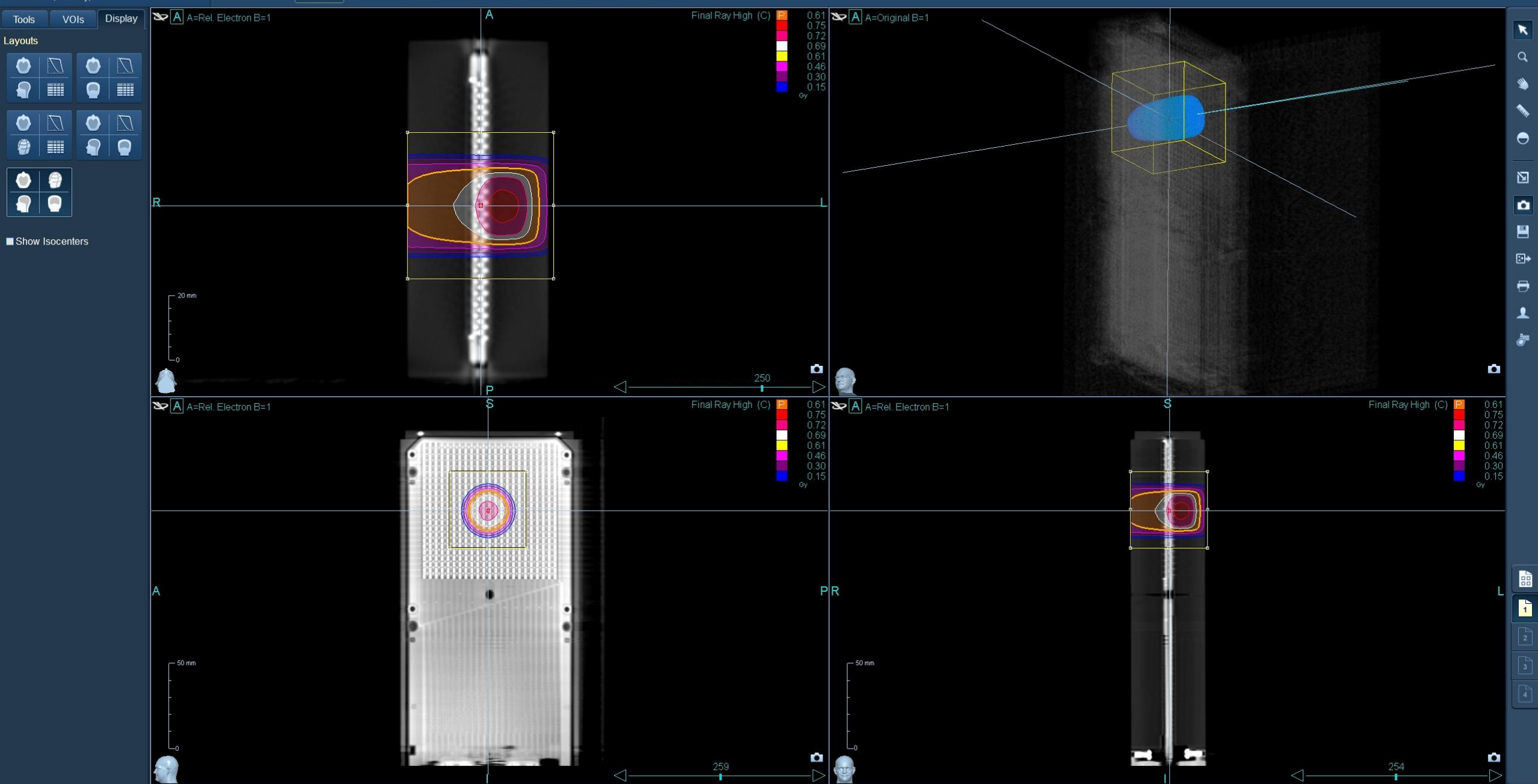
260

A=Rel. Electron B=1

Final Ray High (C) 0.61 0.75 0.72 0.68 0.57 0.46 0.30 0.23 0.15 0.08 Gy

50 mm

307







Overenie TAQA: plán s vnesenou chybou – laterálny posun

- Plán "anterior" bol prepočítaný s posunom v laterálnom smere o 0,9 mm
- Ožiarené obidva plány a vykonaný výpočet TAQA
- Cieľ bol zistiť, či sa zaznamená chyba nastavenia

Overenie TAQA: plán s vnesenou chybou – laterálny posun

- Plán "anterior" bol prepočítaný s posunom v laterálnom smere o 0,9 mm
- Ožiarené obidva plány a vykonaný výpočet TAQA
- Cieľ bol zistiť, či sa zaznamená chyba nastavenia

Výsledky:

- Vykonaných 5 meraní v rôznych dňoch
- Laterálny posun - kontrola neprešla v žiadnom meraní
- Radial Error – v 4 meraniach výstraha, v 1 meraní kontrola prešla

García-Fuentes, J.D. J Appl Clin Med Phys (2023)

- porovnávali AQA s filmami a SRS MapCHECK - porovnateľné výsledky oboch metód

Overenie TAQA: plán s vnesenou chybou – laterálny posun

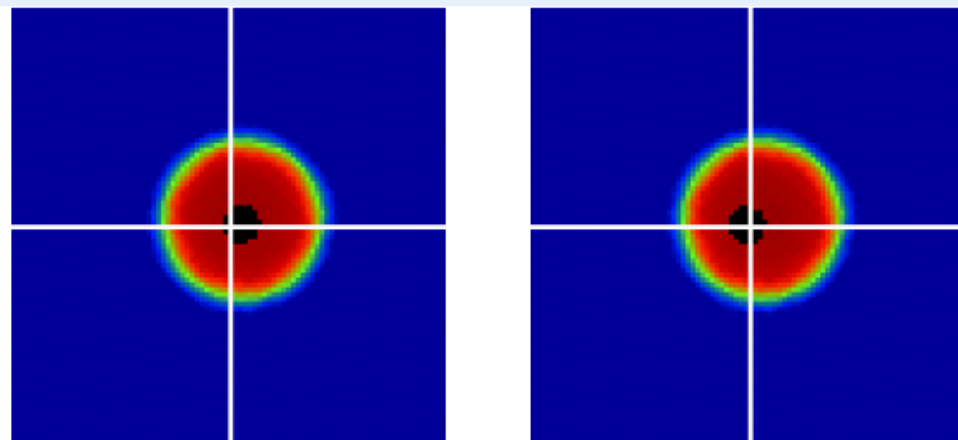
TAQA Analysis Results

Delivery	Anterior	Lateral
X Offset (mm)	1.88	-0.73
Y Offset (mm)	0.50	0.33
Eccentricity	0.11	0.04

Fail

Offset (mm)	Today	Baseline	Diff	Alert	Error	Pass/Fail
Inf-Sup	0.42	0.48	-0.06	0.40	0.50	Pass
Left-Right	1.88	0.84	1.04	0.40	0.50	Fail
Post-Ant	0.73	0.55	0.18	0.40	0.50	Pass
Radial Error	2.06	1.11	0.95	0.75	1.00	Alert

Collimator: Iris -- Position: Anterior, Lateral



10-apr-2024-Airis posun 01 mm.smcm

10-apr-2024-Liris.smcm



TAQA

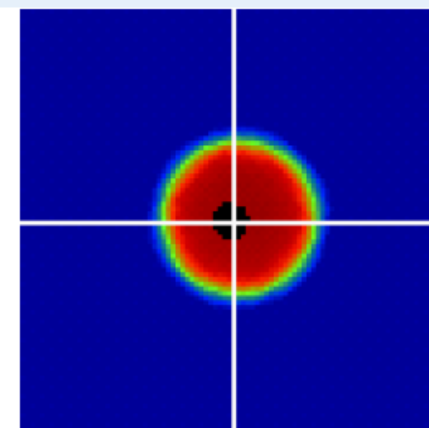
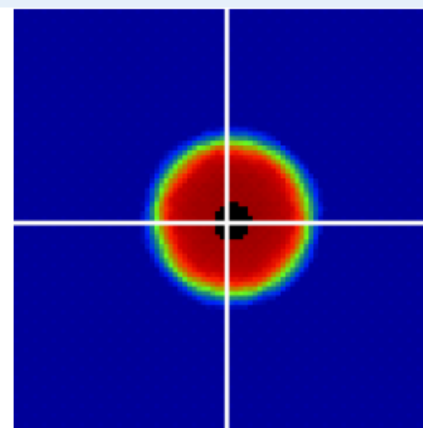
TAQA Analysis Results

Delivery	Anterior	Lateral
X Offset (mm)	1.00	-0.66
Y Offset (mm)	0.16	0.41
Eccentricity	0.11	0.03

Pass

Offset (mm)	Today	Baseline	Diff	Alert	Error	Pass/Fail
Inf-Sup	0.28	0.48	-0.20	0.40	0.50	Pass
Left-Right	1.00	0.84	0.16	0.40	0.50	Pass
Post-Ant	0.66	0.55	0.11	0.40	0.50	Pass
Radial Error	1.23	1.11	0.12	0.75	1.00	Pass

Collimator: Iris -- Position: Anterior, Lateral



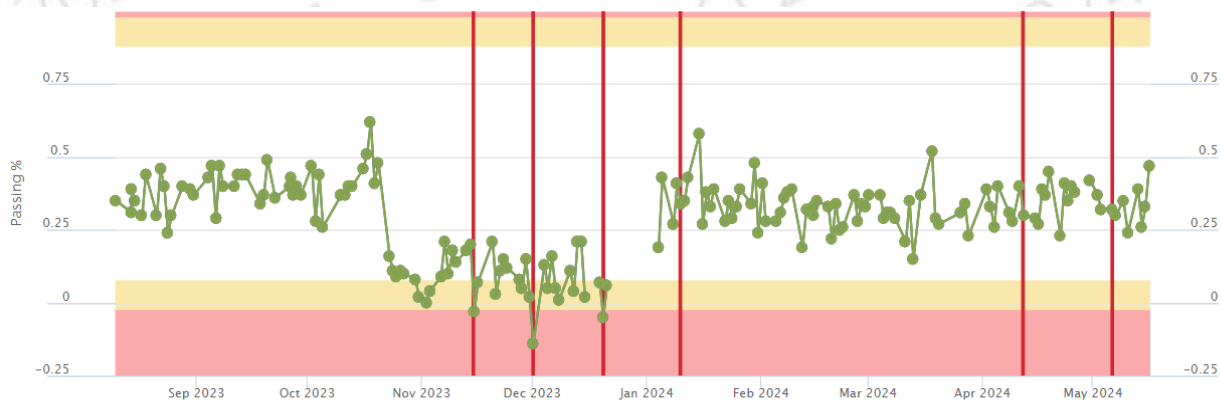
15-máj-2024-A iris.smcm

15-máj-2024-L iris.smcm

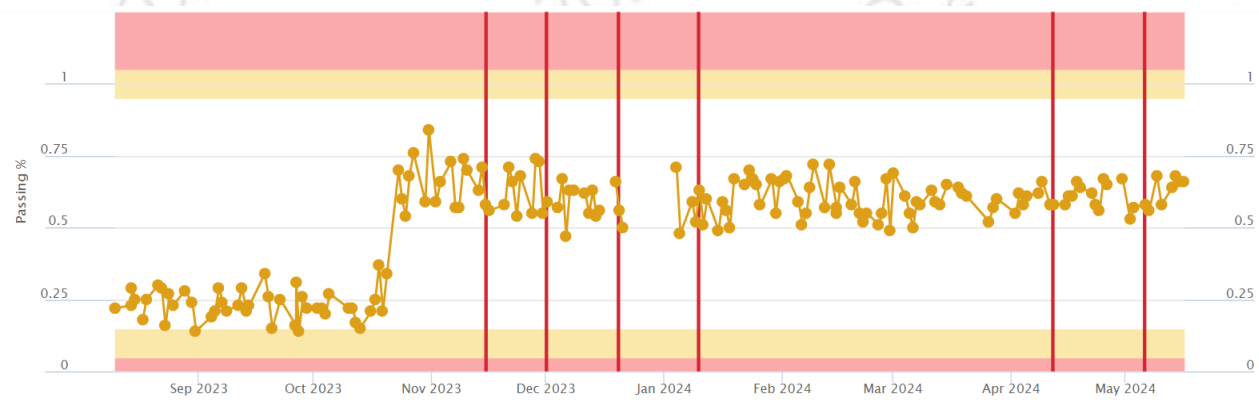


TAQA - trendy

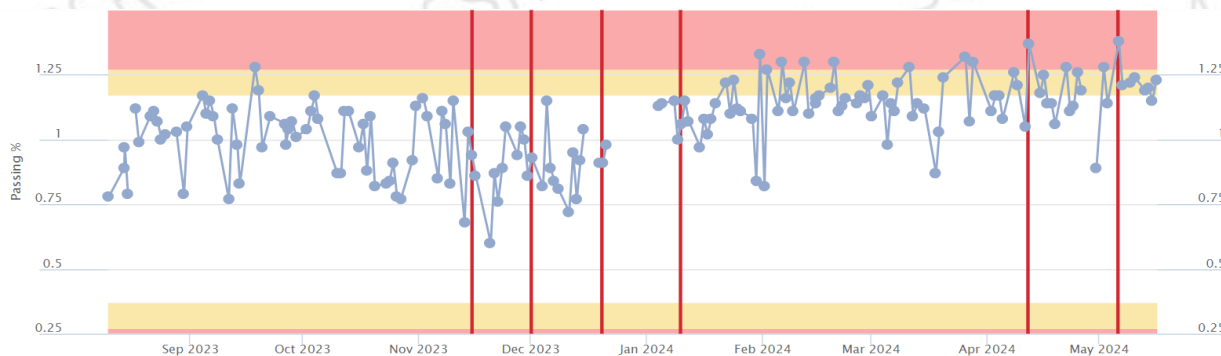
Offset inf-sup



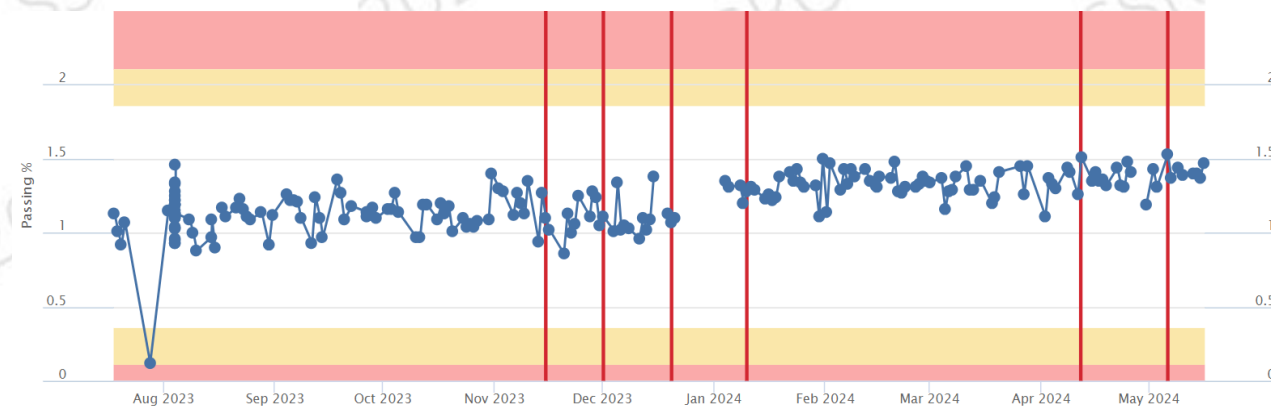
Offset post-ant



Offset left-right



Offset: radial error





Absolútna dávka

Kalibrácia SRS MapCHECK na meranie absolútnej dávky v centrálnom detektore:

- vykonaná na LÚ Harmony (Elekta)
- homogenizovaný 6 MV zväzok, pole 5x5 cm, 100 MU
- Buildup doskový fantóm PMMA
- 100 MU odmerané ionizačnou komorou (aplikované všetky korekcie, korekcia na materiál doskového fantómu oproti vode bola vykonaná meraním vo vode)
- ožiarenie SRS MapCHECK v rovnakých podmienkach, do softvéru SNC Patient zadaná dávka nameraná komorou



Plán s vnesenou chybou – dávka

- Plán "anterior" bol prepočítaný s dávkou 99 MU a 101 MU
- Merania všetkých 3 plánov počas troch po sebe idúcich dní
- Očakávaná hodnota – hodnota baseline odmeraná po poslednej kalibrácii dávky CyberKnife



Plán s vnesenou chybou – dávka

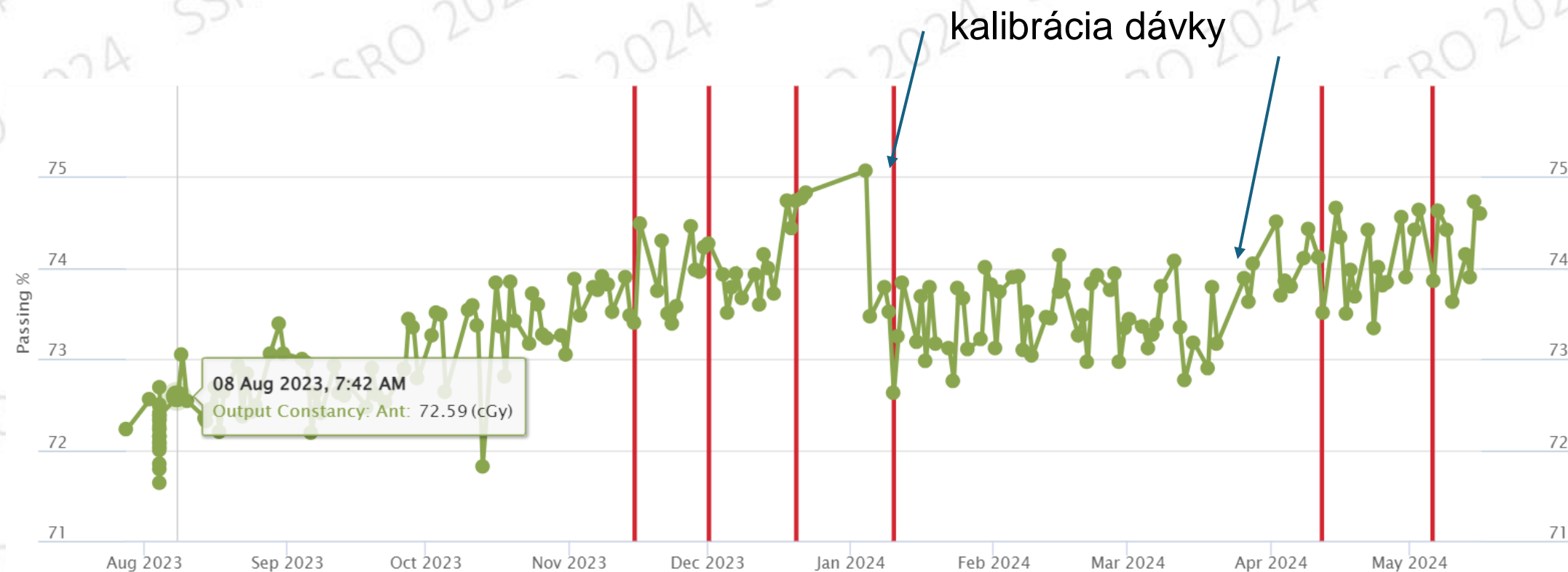
- Plán "anterior" bol prepočítaný s dávkou 99 MU a 101 MU
- Merania všetkých 3 plánov počas troch po sebe idúcich dní
- Očakávaná hodnota – hodnota baseline odmeraná po poslednej kalibrácii dávky CyberKnife

Výsledky:

	99 MU	100 MU	101 MU
priemer 3 meraní	72,86	73,71	74,27
SD	±0,20	±0,17	±0,22
očakávaná hodnota	74,00	74,00	74,00
rozdiel	-1,14	-0,29	0,27
percentuálny rozdiel	-1,54	-0,39	0,36



Trendy - dávka





Záver

Výhody použitia poľa diód pri rannej kontrole CyberKnife:

- vyhneme sa neistotám spojeným s rádiochromickými filmami
- výsledky sú k dispozícii okamžite a zároveň v tom istom meraní získame údaj o dávke
- jednoduchšia manipulácia ako s filmami
- nie sú nutné ďalšie náklady na zakúpenie množstva filmov

Pole diód SRS MapCHECK má nižšie priestorové rozlíšenie ako filmy. Overili sme, že dokáže zachytiť submilimetrovú chybu zacielenia.

Potrebná opatrnosť pri hodnotení, nesledovať len radial error ale aj posun v jednotlivých smeroch.

Metóda TAQA (SNC Patient - SunNuclear) so zariadením SRS MapCHECK je vhodná na denné kontroly presnosti zacielenia a meranie dávky žiarenia CyberKnife.