

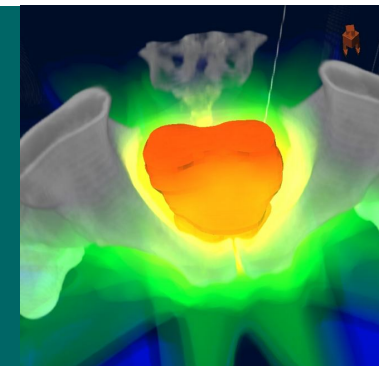


Úskalia IMRT prostaty Vyrieši to IGRT?

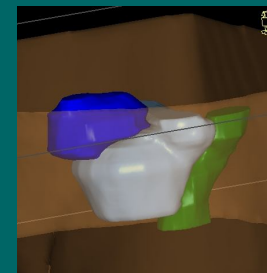
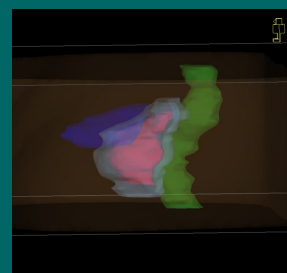
Grežďo J., Lojko D.

Bratislavské dni
9.-10. máj 2013

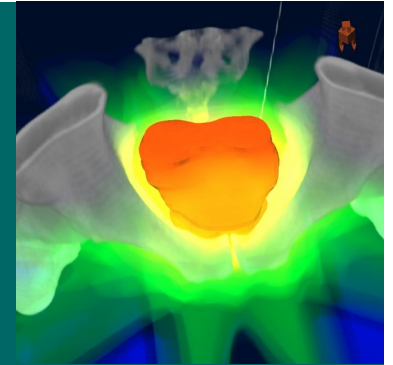
Špecifiká pri IMRT prostaty:



- Dávka na PTV min. 72 Gy, CTV môže eskalovať až na 82Gy s redukciou dávky na MM a Rektum
- Pri jednotlivých frakciách nie je možné zabezpečiť identickú pozíciu cieľového objemu resp. OR
- Prostata ukážkový príklad kombinácie setup a internal marginu
- SM – nepresnosť nastavenia pacienta
- IM - zmena náplne MM a Rekta môže výrazne zmeniť
 - polohu
 - tvar prostaty



Špecifiká pri IMRT prostaty:



- Eskalácia dávky
- Cieľový objem v blízkosti OR
- Veľká pravdepodobnosť nepresného nastavenia vďaka slabej fixácii a neustále sa meniacej náplni MM a Rekta

→ **Nutné robiť IGRT**
ideálne online IGRT

IGRT – Obrazová verifikácia správneho nastavenia

- IGRT pred ožiarením – (fúzia na základe kostenných štruktúr, zŕn, alebo kontúr prostaty) – nikdy nezahŕňa intrafrakčné, iba interfrakčné pohyby
- IGRT pred aj počas ožarovania - zahŕňa ako interfrakčné, tak aj intrafrakčné pohyby

Verifikácia pozície interfrakčného pohybu

IGRT pred ožiarením

- **Kontrola ortogonálnymi snímkami z EPID alebo X-ray** (manuálna alebo automatická 2D/3D registrácia kostenných štruktúr)
- **MV alebo kV ConeBeamCT** resp. kontrolné **CT**
 - automatická 3D registrácia pomocou kostenných štruktúr
 - manuálna korekcia targetu (CT resp. kV CBCT zobrazení)
- **Kontrola pozície lokalizačných zŕn** pomocou portálu (min. 3-4 fidutial markers umiestnených do odporúčaných pozícií prostaty)
- **Ultrasound alignment (BAT)**
- **Electromagnetic transponder system**

Van Herk et al., "The probability of correct target dosage: dose-population histograms For deriving treatment margins in radiotherapy", IJROBP, 47(4), 1121-1135.

Interfraction Motion

- Interfraction motion: target position day-to-day difference

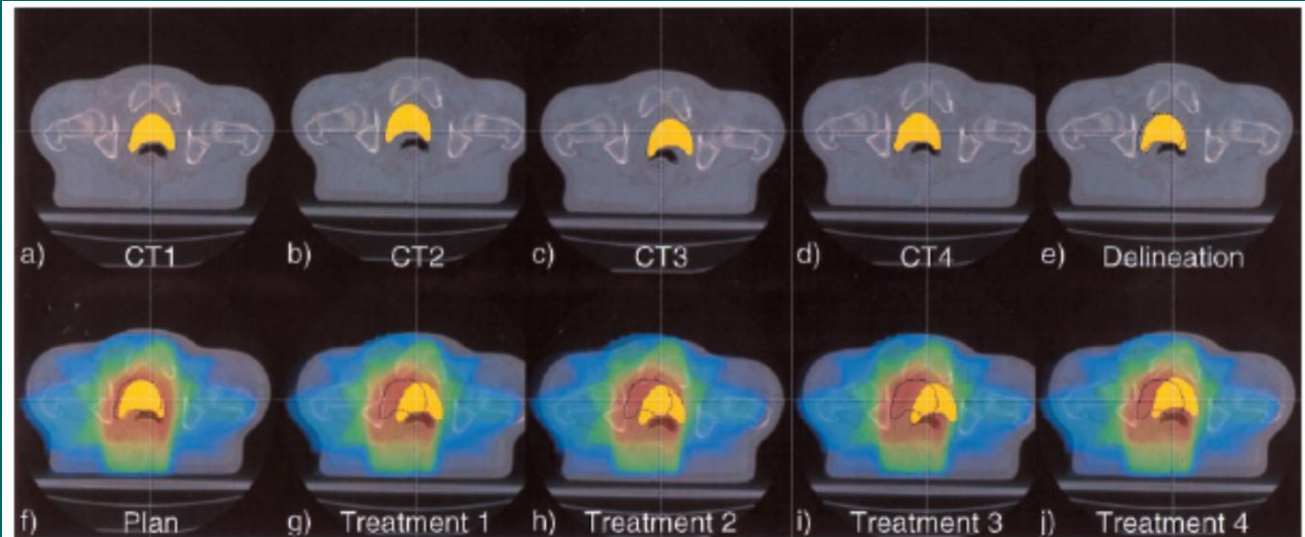


Fig. 1. Simulated visualization of the effect of tumor motion, setup error, and delineation error on the dose delivery in radiotherapy. The standard deviation of both setup error and organ motion is exaggerated: both are 6 mm in x and y direction. The PTV margin is 10 mm. (a) Assume that the indicated region is the "true" clinical target volume (CTV), i.e., the region with tumor cells. The (white) cross wires indicate the room lasers. (b-d) Due to setup error on the CT scanner and organ motion, the four CT scans are not identical. (e) CT4 is used for planning, and the delineation (black contour) adds some extra error, because the "true" CTV is invisible. (f) The planning is based on the delineated CTV. (g-i) For each treatment fraction, the error made in the treatment preparation phase is reproduced, causing a systematic shift of the "true" CTV relative to the delivered dose distribution. In addition, random movements (treatment execution variations) occur due to tumor motion and setup error. As will be demonstrated in this paper, a PTV margin of 17 mm would have been more appropriate for this situation.

Evaluation of Inter- and Intrafraction Organ Motion during Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) for Localized Prostate Cancer Measured by a Newly Developed On-board Image-guided System

Keith R. Britton, Yoshihiro Takai, Masatoshi Mitsuya,
Kenji Nemoto, Yoshihiro Ogawa and Shogo Yamada

Prostate interfraction (organ + setup) discrepancy of target isocenter between daily measured position and DFFP system isocenter

	Right-left			Cranial-caudal			Anterior-posterior		
	Range	Mean magnitude (mm)	SD (mm)	Range	Mean magnitude (mm)	SD (mm)	Range	Mean magnitude (mm)	SD (mm)
1	{−0.3 to 5.7}	3.20	2.41	{−2.6 to 6.7}	4.00	2.19	{−2.1 to 2.8}	1.60	1.05
2	{−2.3 to 2.7}	1.40	0.70	{−2.5 to 3.2}	1.60	0.90	{−13.4 to −0.9}	9.00	3.50
3	{−10.5 to 6.0}	2.68	2.29	{−7.1 to −0.3}	3.87	1.99	{−5.3 to 4.6}	1.42	1.50
4	{−1.6 to 1.8}	0.83	0.61	{−8.6 to 0.0}	4.62	2.48	{−11.3 to 4.0}	3.36	3.20
5	{−1.9 to 5.7}	1.39	1.36	{−4.2 to 3.7}	1.77	1.25	{−4.2 to 12.1}	3.34	2.77
6	{−0.7 to 4.1}	1.77	1.16	{−6.3 to 0.3}	3.41	1.64	{−13.1 to 0.0}	6.59	2.97
7	{−2.3 to 4.6}	1.53	1.09	{0.0 to 9.3}	4.60	1.68	{−11.9 to 5.9}	3.48	3.02
8	{−1.0 to 9.0}	1.25	1.64	{−1.5 to 2.7}	1.23	0.78	{−3.5 to 5.7}	1.42	1.22
all	{−2.5 to 4.95}	1.76	1.41	{−4.6 to 3.2}	3.14	1.61	{−8.9 to 4.2}	3.78	2.40

Abbreviations: mm (millimeters); SD: standard deviation; range values represent extreme values of marker shift in each direction ($\pm$).

Evaluation of Inter- and Intrafraction Organ Motion during Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) for Localized Prostate Cancer Measured by a Newly Developed On-board Image-guided System

Keith R. Britton, Yoshihiro Takai, Masatoshi Mitsuya,
Kenji Nemoto, Yoshihiro Ogawa and Shogo Yamada

A total of 214 treatment fractions were analyzed

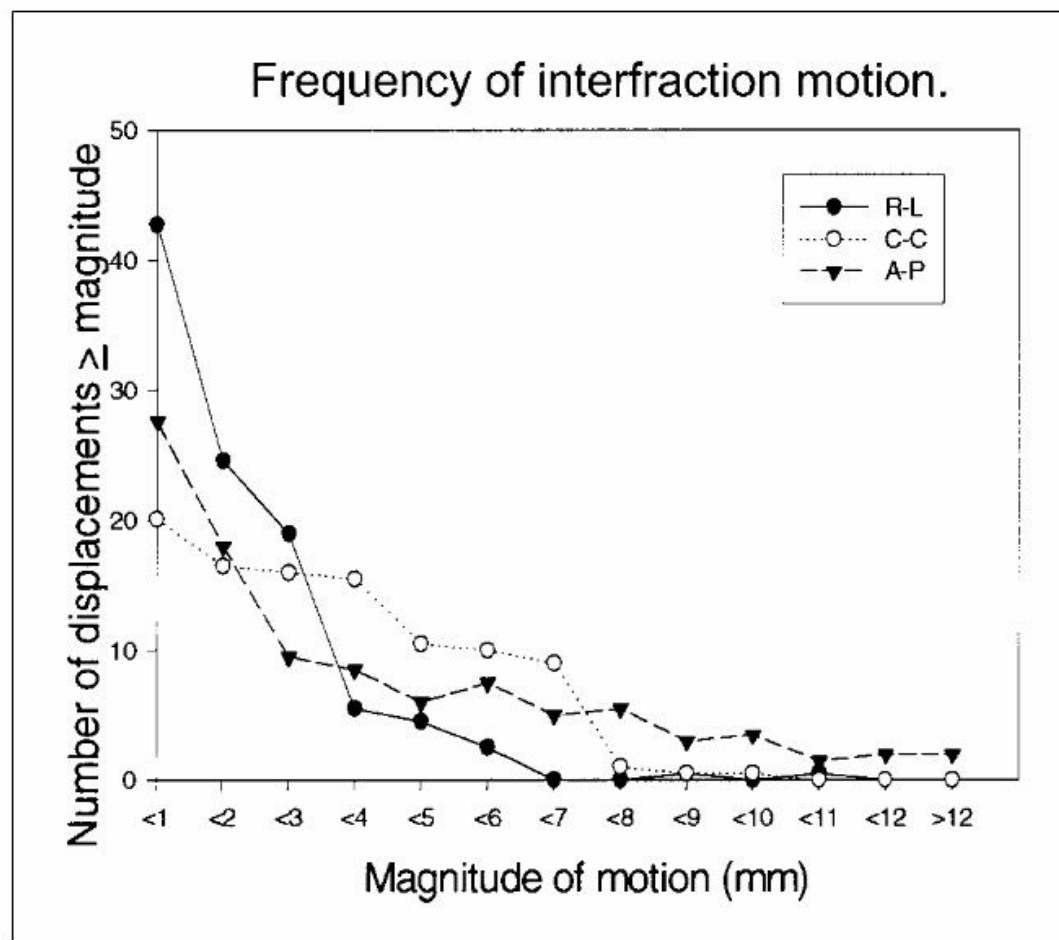


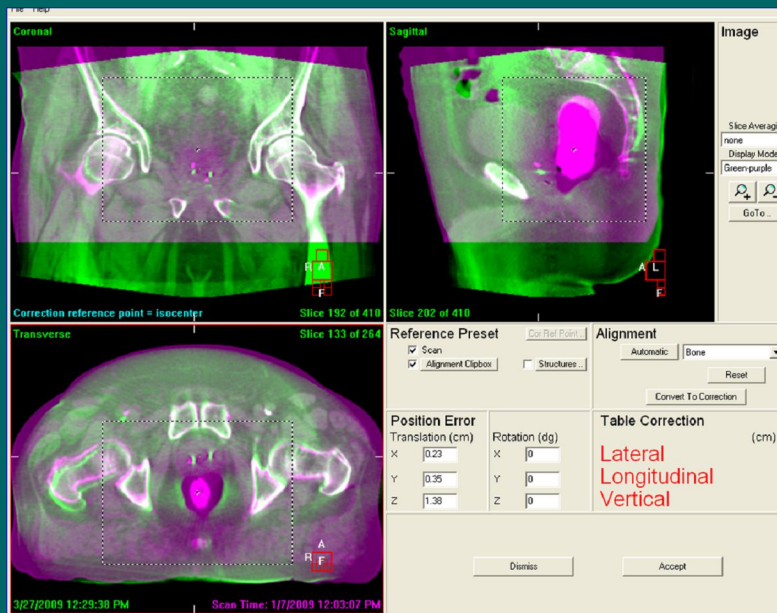
Fig. 2. Overall patients' interfractional target isocenter (GS-1-iso) frequency distributions relative to laser-skin marks, by axis. Right-left (R-L), cranial-caudal (C-C), and anterior-posterior (A-P).

IGRT

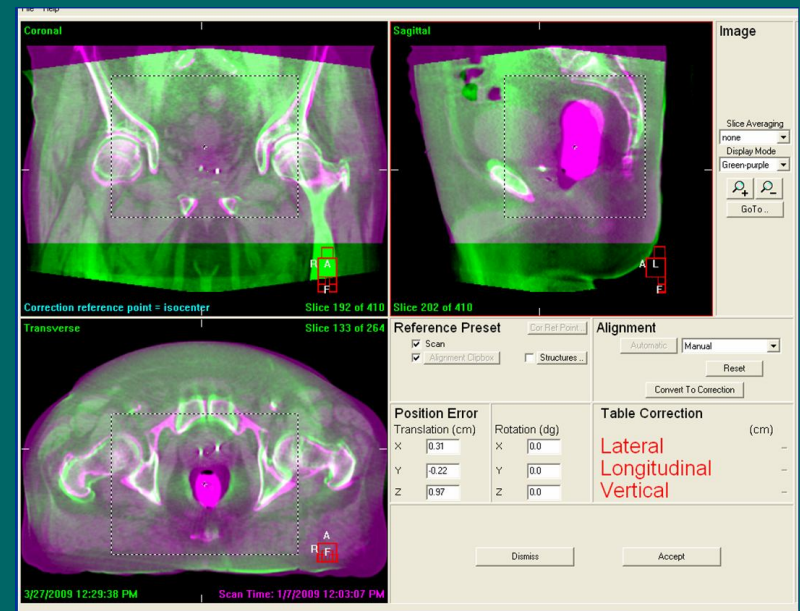
Interfraction Motion

- daily setup CBCT alignment to simulation CT

Alignment using bone



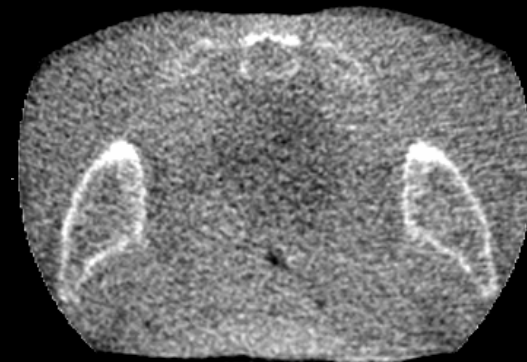
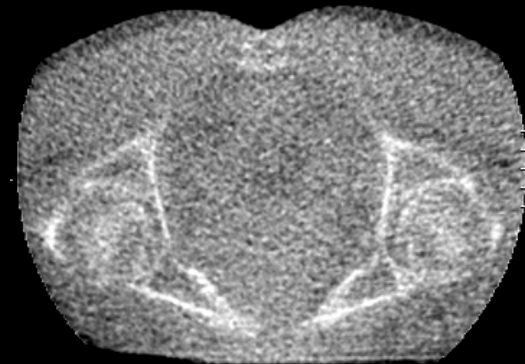
Alignment using seeds



Interfraction prostate motion led to prostate relative position to pelvic bone different between treatment day and simulation day

IGRT

- 3D ConeBeam MV CBCT – 8MU



IGRT

- 3D ConeBeam kV CT



IGRT

USG

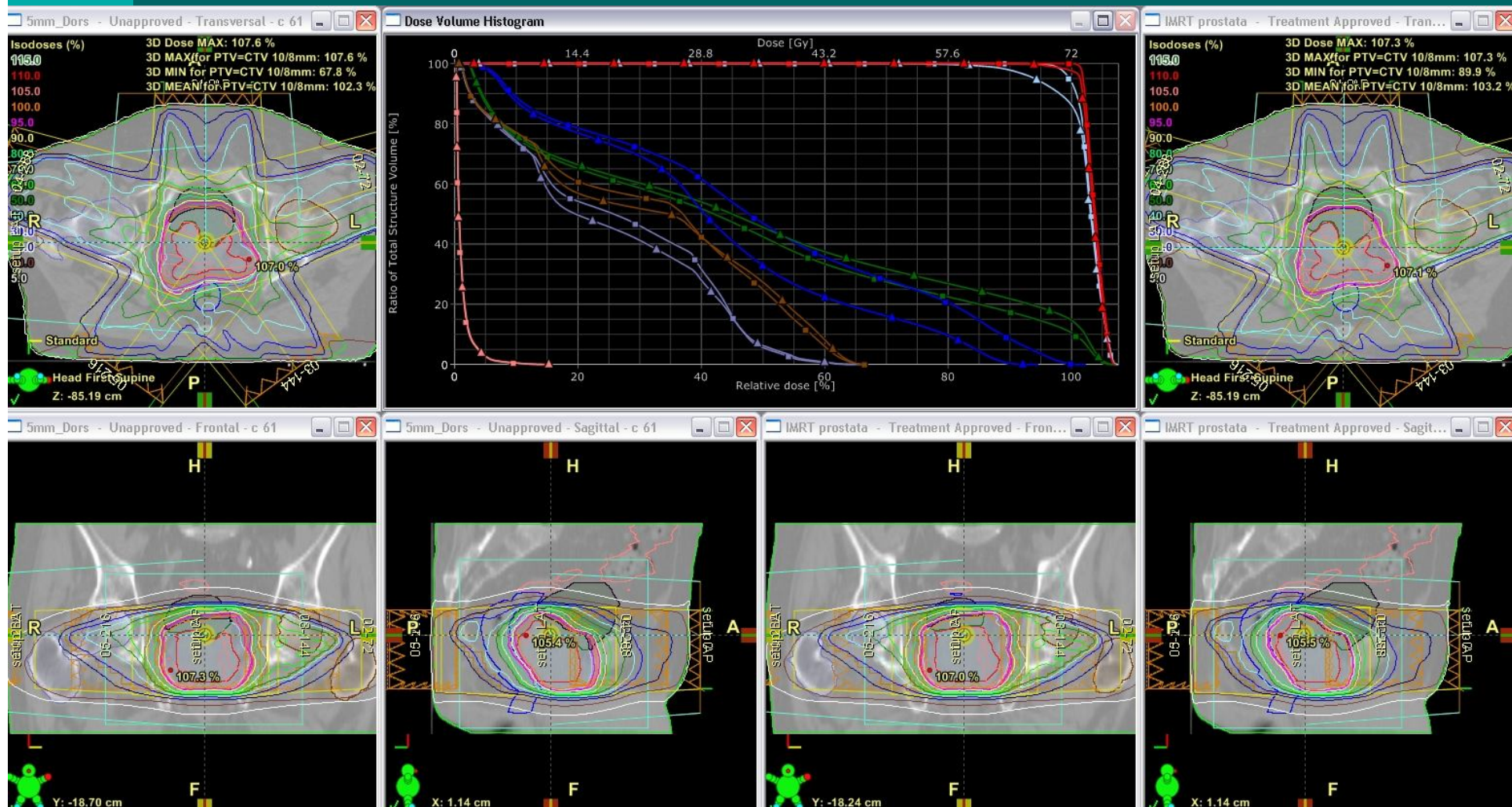
BATCAM multiprobe

- Bi-planar Rectal Probe
- Small Parts Probe



Interfraction motion

Nepresné nastavenie - 5mm posun AP



Interfraction motion

Nepresné nastavenie

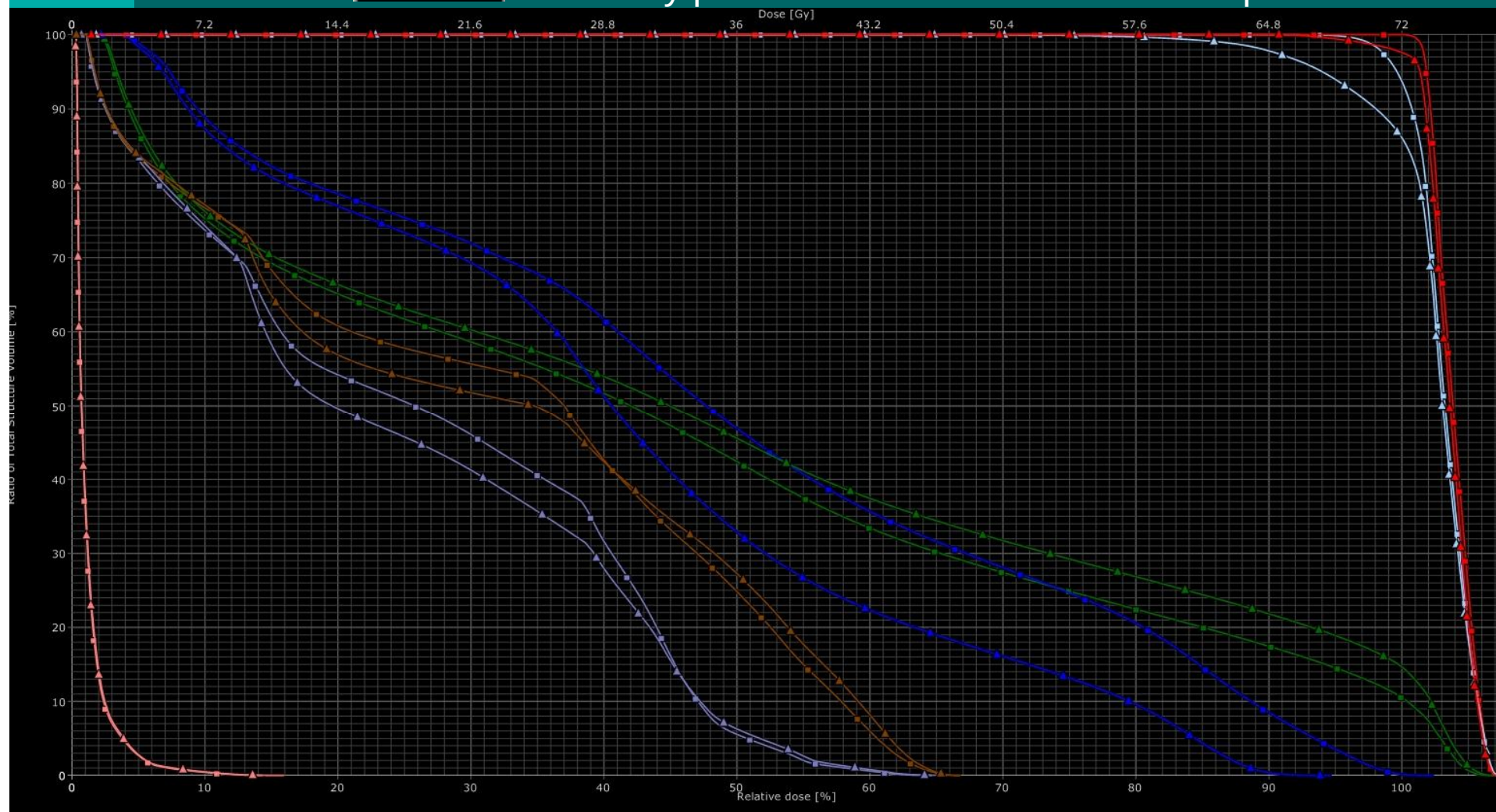
5mm posun všetky polia



Pôvodný plán



5 mm posun dors



Nepresné nastavenie

- ak nerobíme systematickú chybu
- tak denné nastavenie = náhodná chyba
- ak sa s chybou nastavenia zmestíme do odporúčaného marginu, malo by byť CTV ožiarené v poriadku
- aj kritické orgány dostanú +/- rovnakú dávku
-
- pokiaľ sa nepridruží ďalšia chyba

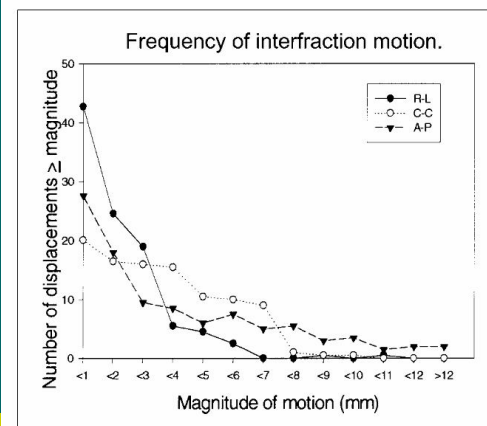


Fig. 2. Overall patients' interfractional target isocenter (GS-1-iso) frequency distributions relative to laser-skin marks, by axis. Right-left (R-L), cranial-caudal (C-C), and anterior-posterior (A-P).

Verifikácia pozície intrafrakčné pohyby

IGRT počas ožarovania

- 2D images X-rays resp. MV images
- X ray – fluoroscopy (BrainLab, Novalis Tx...)
- Electromagnetic transponder system (Calypso)
- Real Time MRI during treatment

2 možnosti:

- Stopnutie ožiarenia mimo povolenej tolerancie
- Online korekcia na transláciu resp. rotáciu
(v kombinácii so 6D stolom)

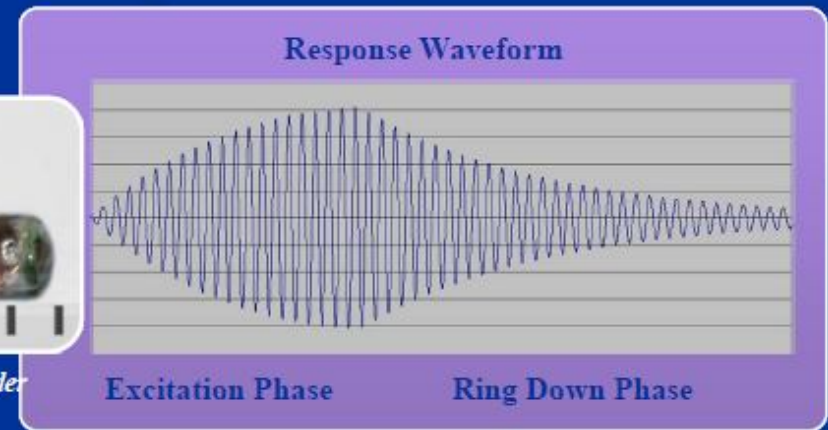
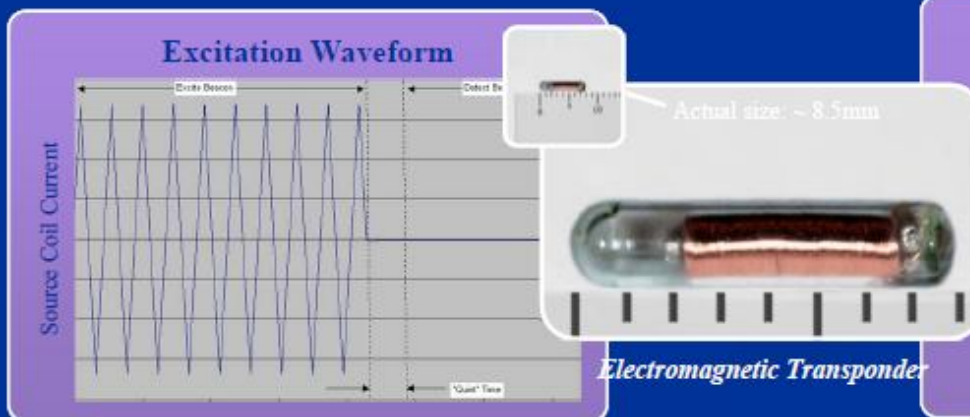
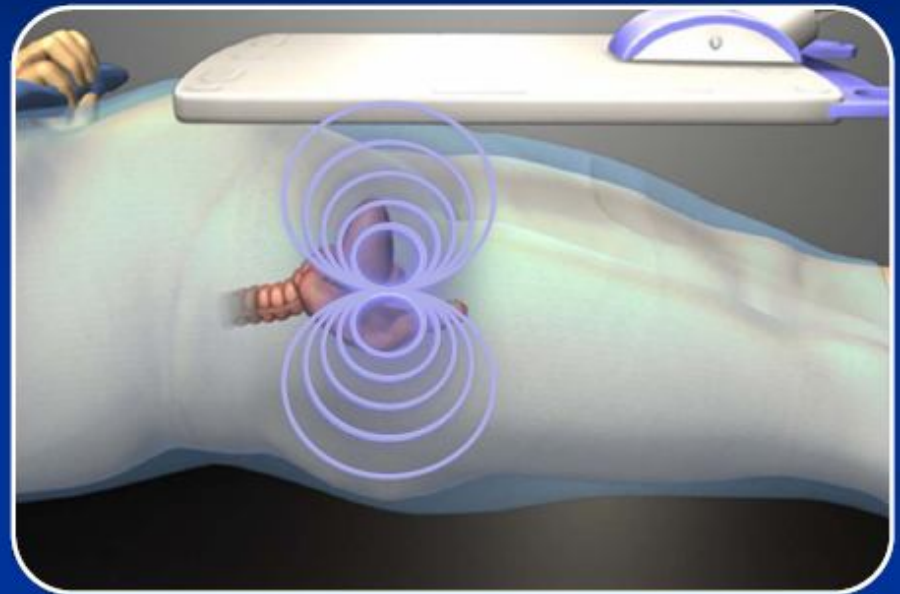
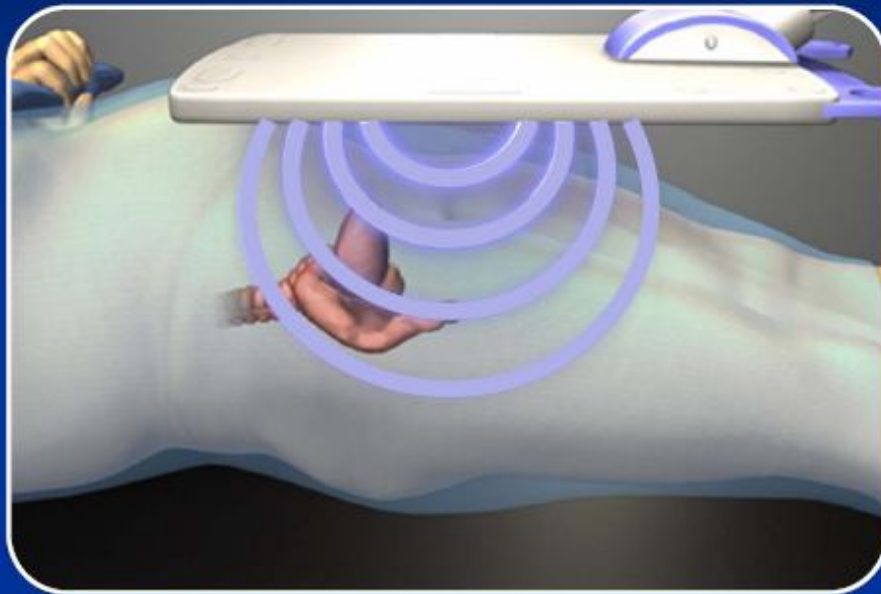
IGRT

- 2 x X-rays

Novalis Tx – možná okamžitá korekcia 6D stolom



Electromagnetic Tracking



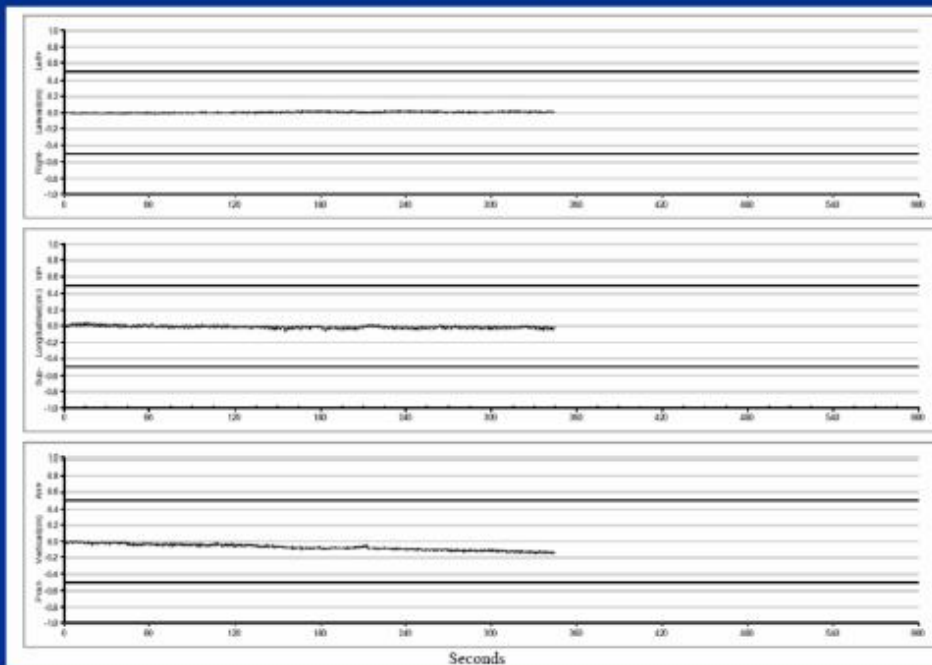
EM Transponder Tracking in RT

- Calypso tracking

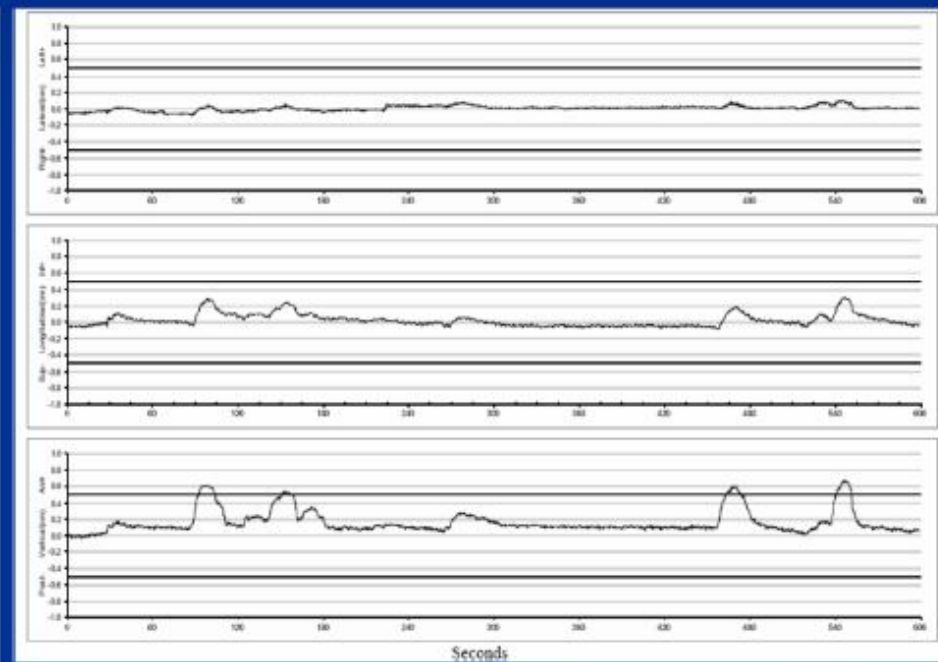


EM Transponder Tracking in RT

■ Tracking data from VCU



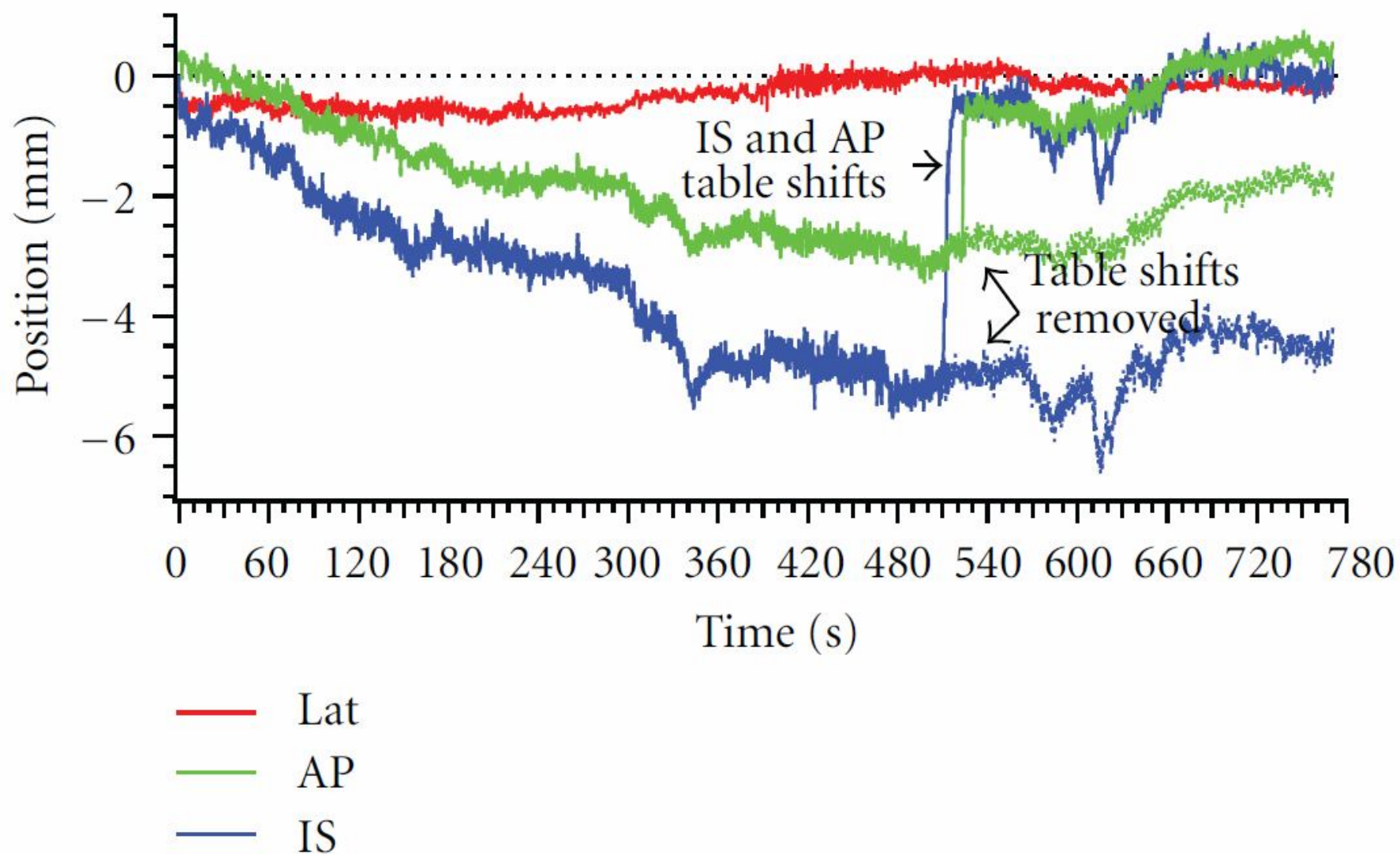
One of the session of Patient 1



One of the session of Patient 2

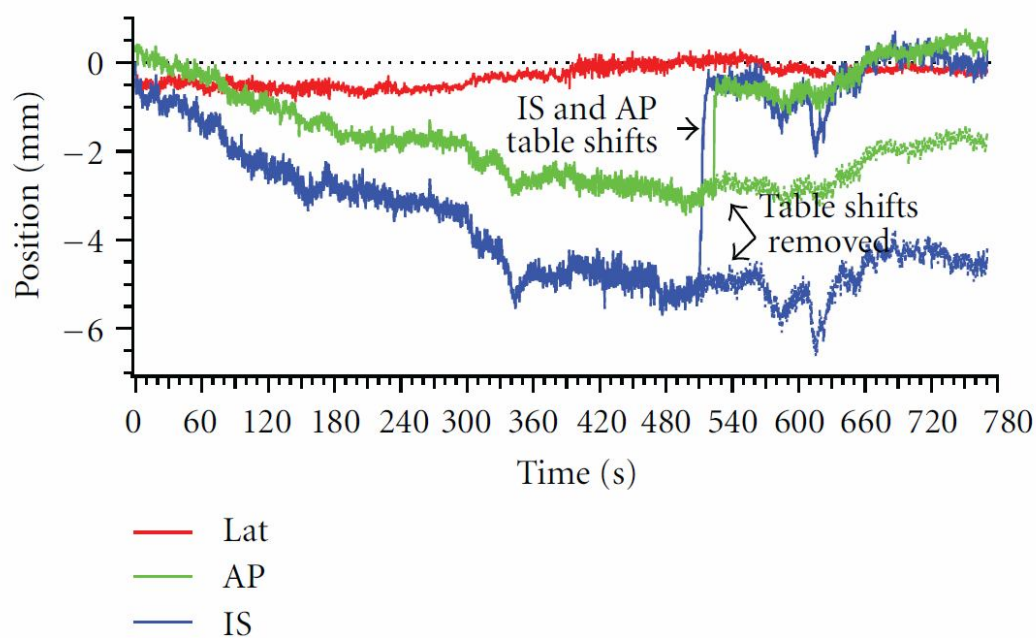
Prostate Intrafraction Translation Margins for Real-Time Monitoring and Correction Strategies

Dale W. Litzenberg et. al. Prostate Cancer, Volume 2012, Article ID 130579



Intrafraction motion

Nepresné nastavenie každé pole iné IZO



Course:

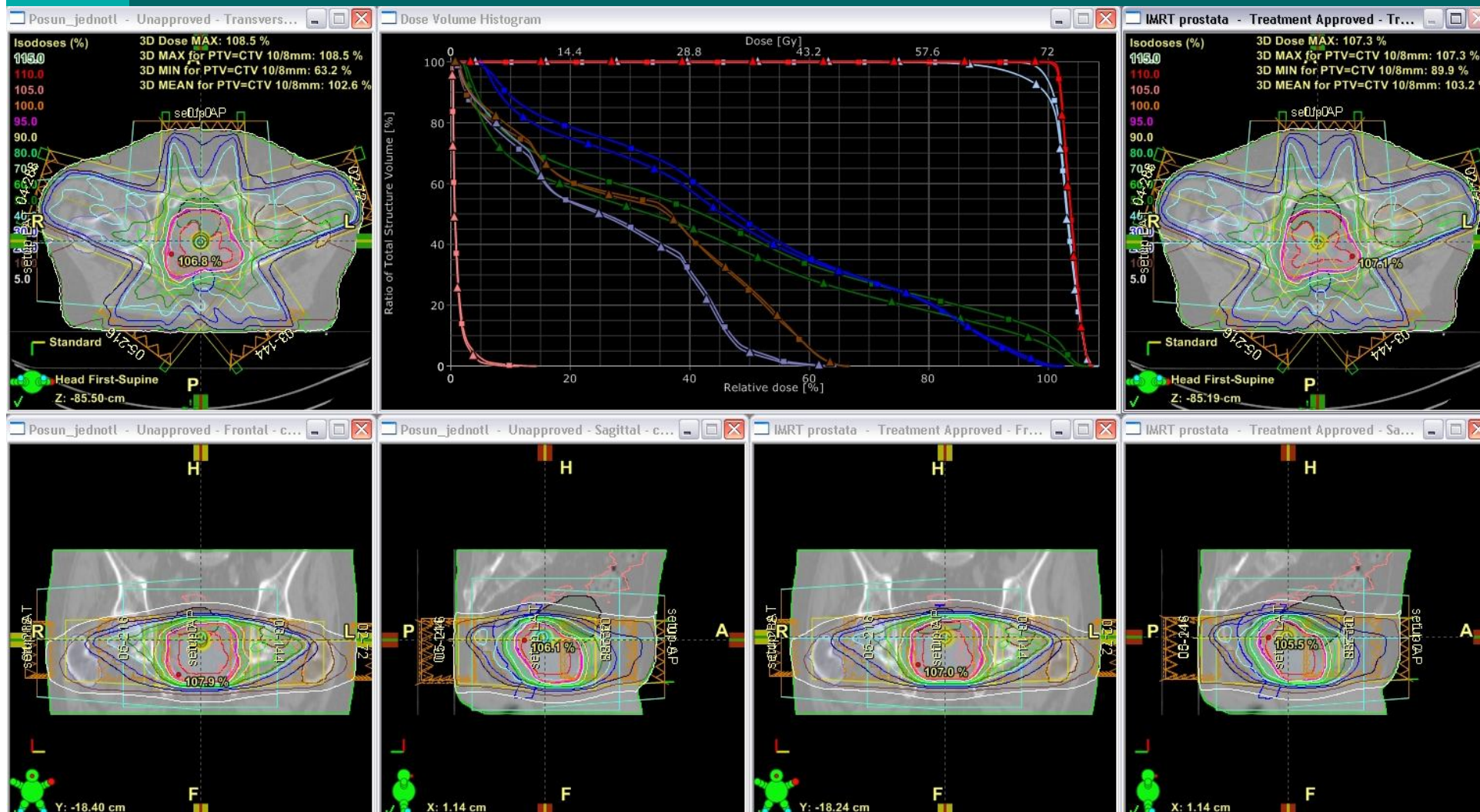
1 LINAC 1 (ACTIVE)

History

Date	Plan	F...	.	.	Type	Field ID
30.04.2013 07:01	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	03-144
02.05.2013 07:02	IMRT prostata	F1	..	.	PIMG	setup AP
02.05.2013 07:03	IMRT prostata	F1	..	.	PIMG	setup LAT
02.05.2013 07:04	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	05-216
02.05.2013 07:05	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	04-288
02.05.2013 07:06	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	01-0
02.05.2013 07:07	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	02-72
02.05.2013 07:08	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	03-144
03.05.2013 07:00	IMRT prostata	F1	..	.	PIMG	setup AP
03.05.2013 07:02	IMRT prostata	F1	..	.	PIMG	setup LAT
03.05.2013 07:03	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	05-216
03.05.2013 07:05	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	04-288
03.05.2013 07:05	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	01-0
03.05.2013 07:06	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	02-72
03.05.2013 07:07	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	03-144
06.05.2013 07:25	IMRT prostata	F1	..	.	PIMG	setup AP
06.05.2013 07:26	IMRT prostata	F1	..	.	PIMG	setup LAT
06.05.2013 07:28	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	05-216
06.05.2013 07:29	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	04-288
06.05.2013 07:30	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	01-0
06.05.2013 07:31	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	02-72
06.05.2013 07:32	IMRT prostata	F1	..	.	TRT	03-144

Intrafraction motion

Nepresné nastavenie každé pole iné IZO



Intrafraction motion

Nepresné nastavenie

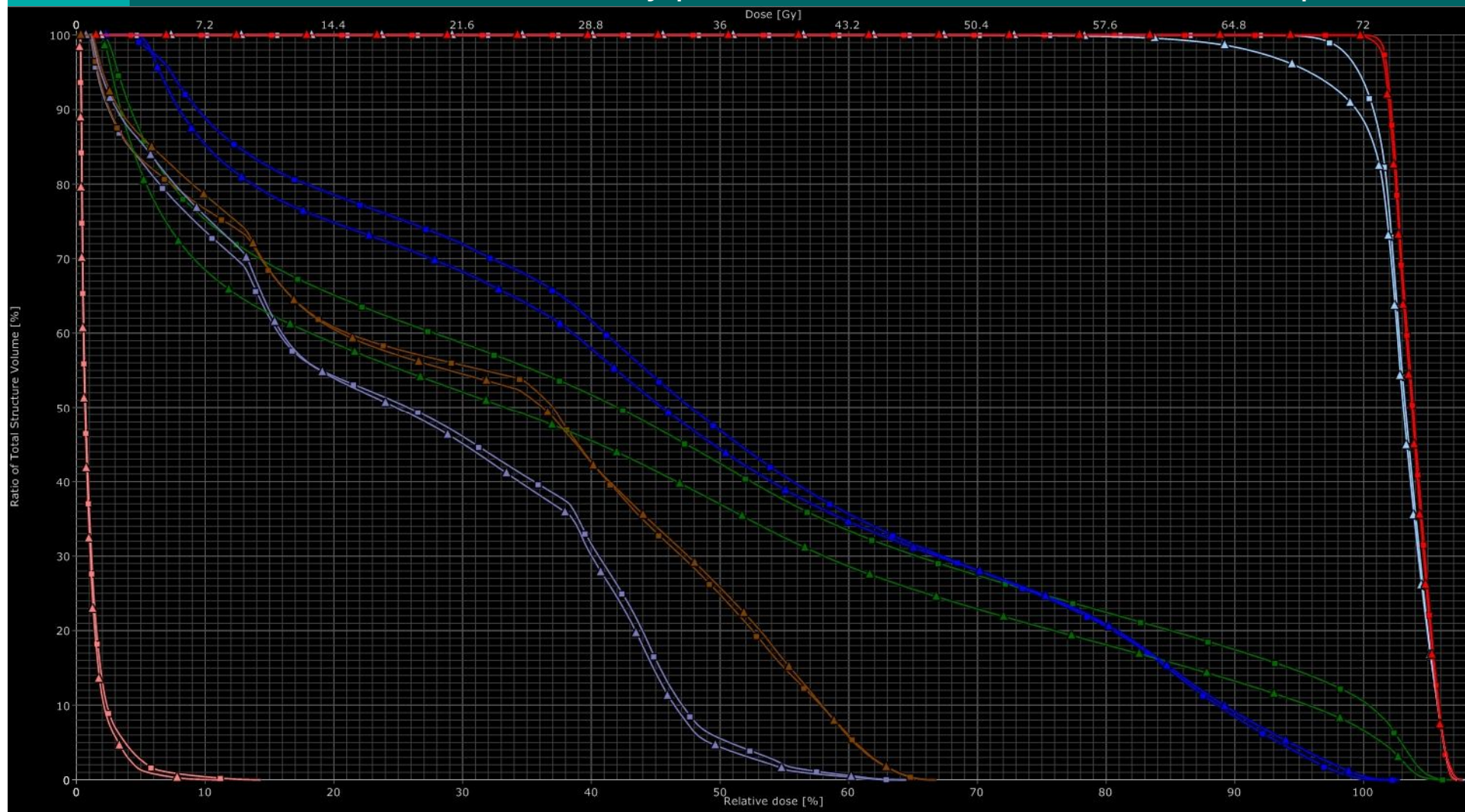
individ. posun poľa



Pôvodný plán

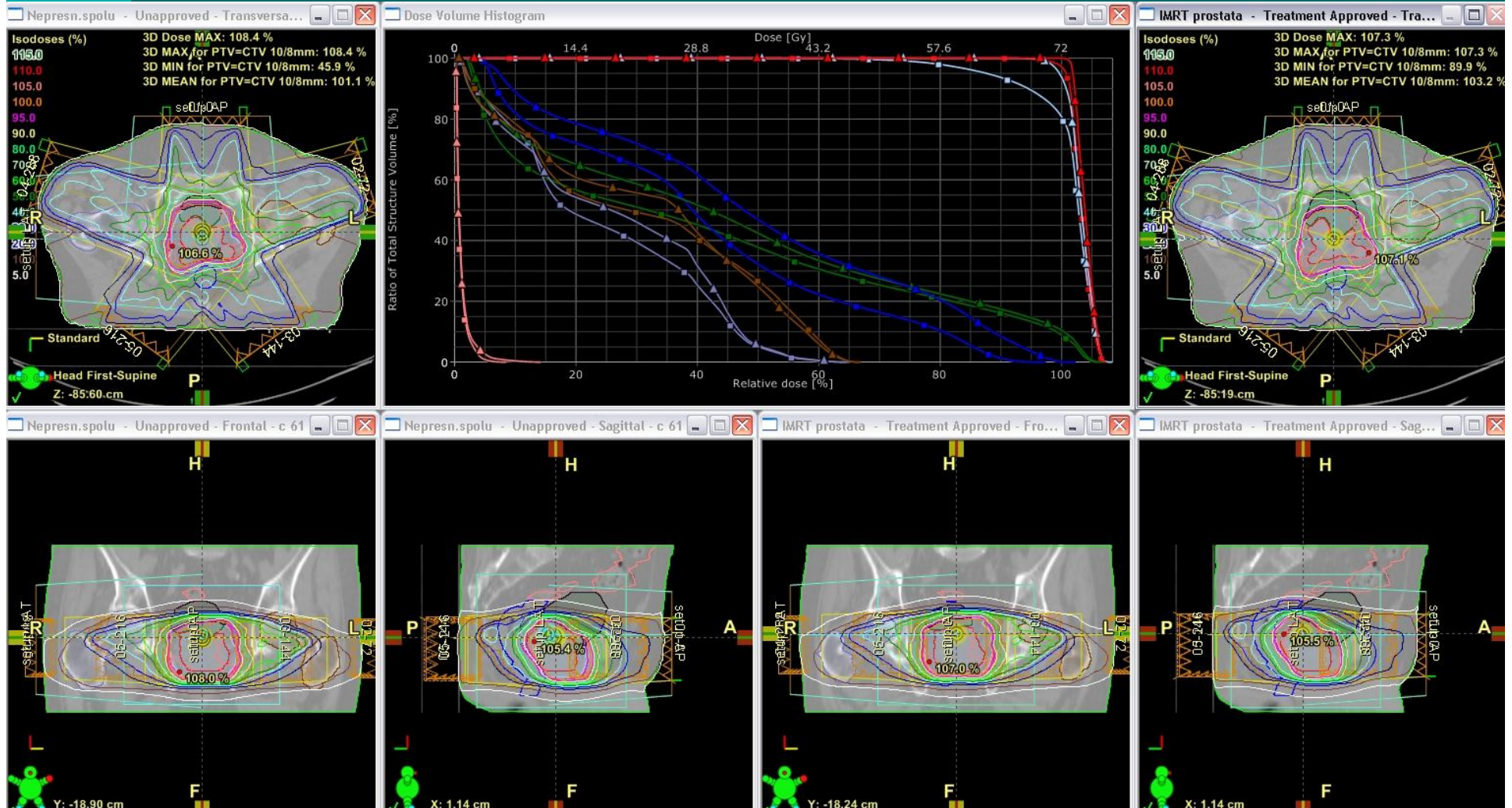


Polia s ind. posunom



Interfraction + Intrafraction motion

Nepresné nastavenie kombinácia chýb

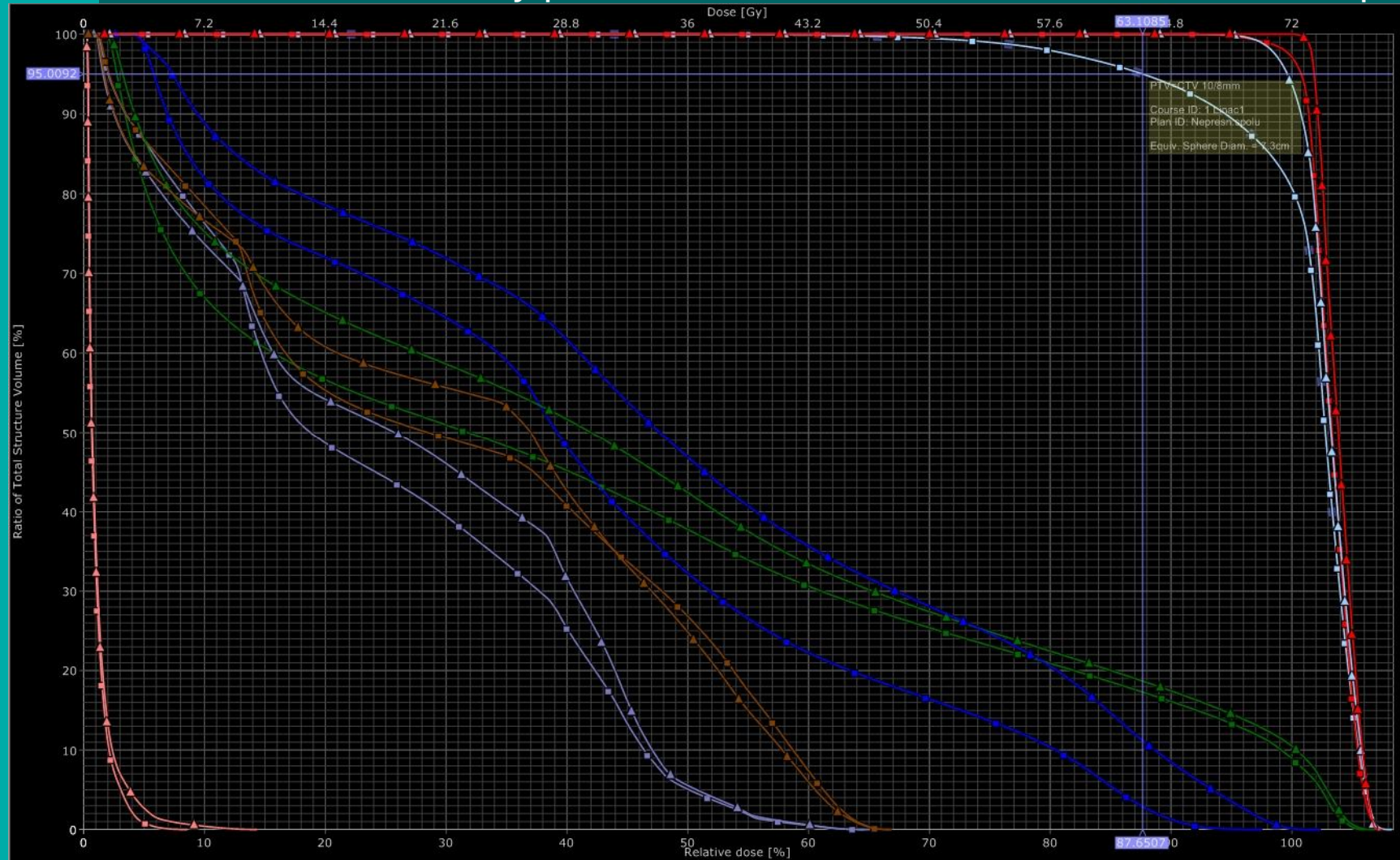


Interfraction + Intrafraction motion

Nepresné nastavenie kombinácia chýb

—■— Pôvodný plán

—▲— Plán s 5mm a s ind. posunom



Záver I.

- Pri prostate je nutné robiť IGRT, sledovať a príp. korigovať interfrakčné aj intrafrakčné pohyby

Napriek moderným sofistikovaným metódam sledujeme iba zmeny polohy, nie tvaru prostaty

Zmena tvaru prostaty

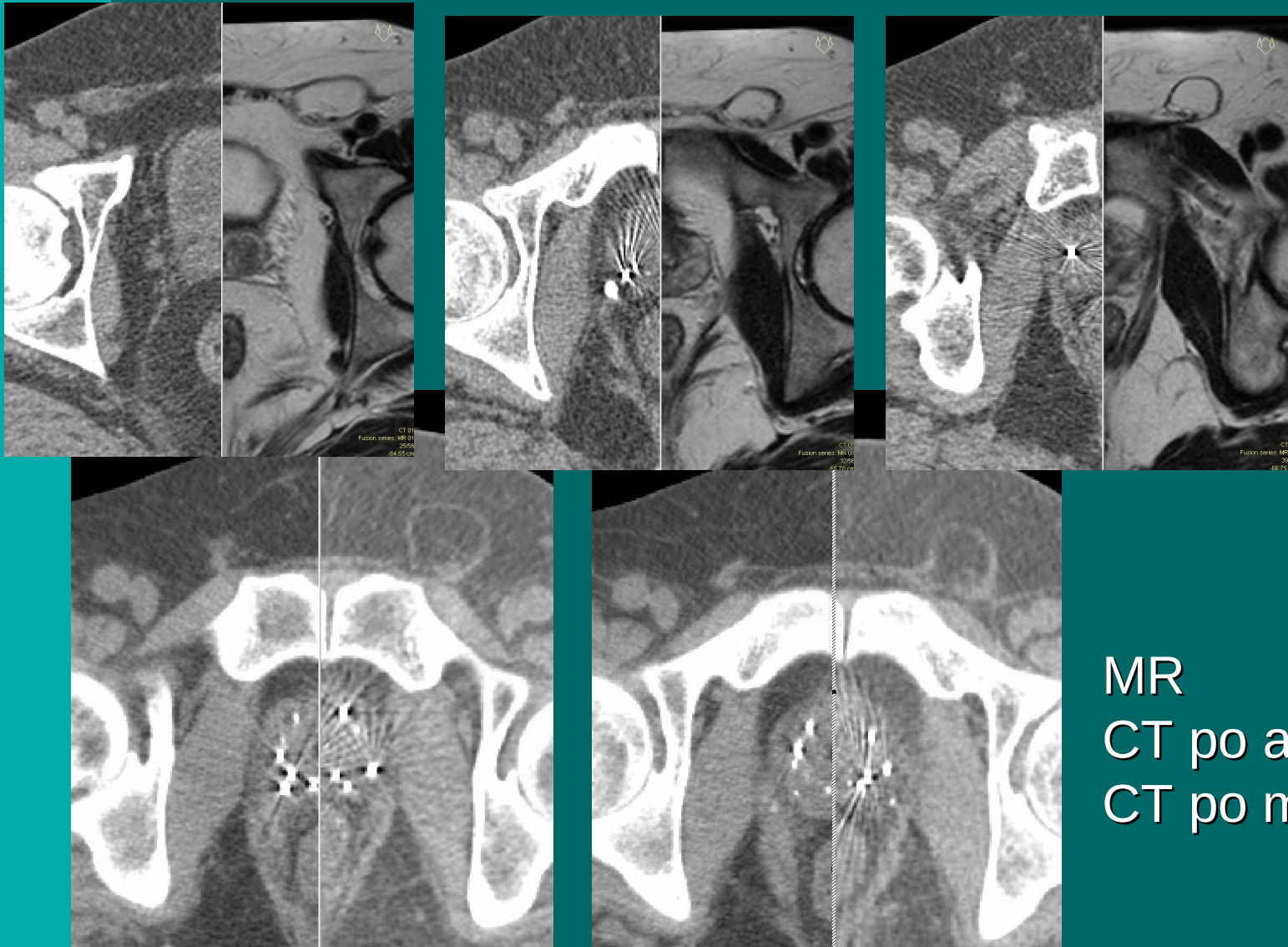
Závislá :

- od veľkosti prostaty
- konzistencii prostaty
- náplne rekta a MM

Registrácia na
kostenné štruktúry

Zmena tvaru prostaty

Objem **13ccm**



MR
CT po aplikácii BT
CT po mesiaci

Registrácia na
kostenné štruktúry

Zmena tvaru prostaty

Objem **13ccm**

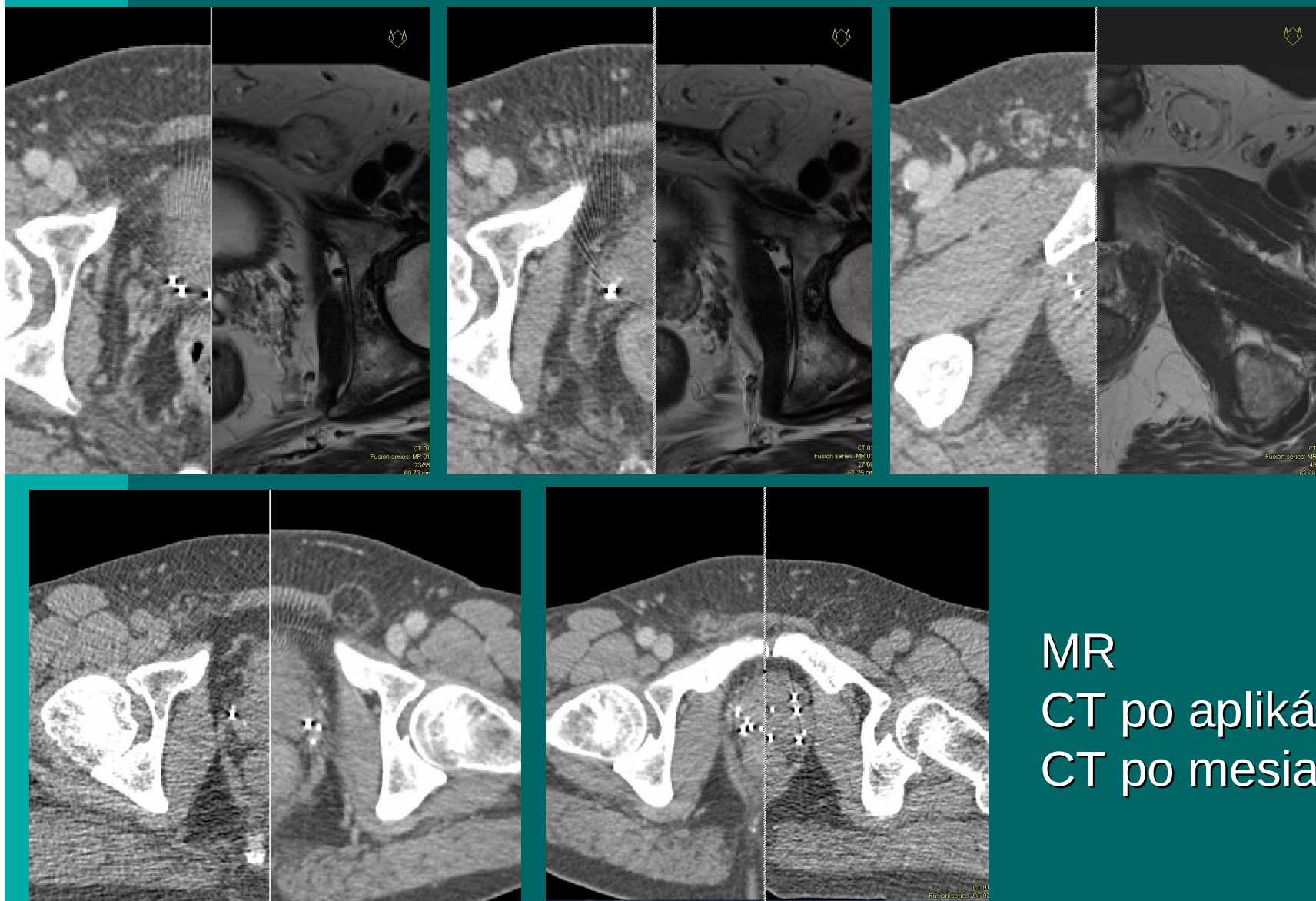


- Minimálne rozdiely v tvare aj pozícii prostaty
- Minimálny vplyv náplne recta resp.MM

Registrácia na
kostenné štruktúry

Zmena tvaru prostaty

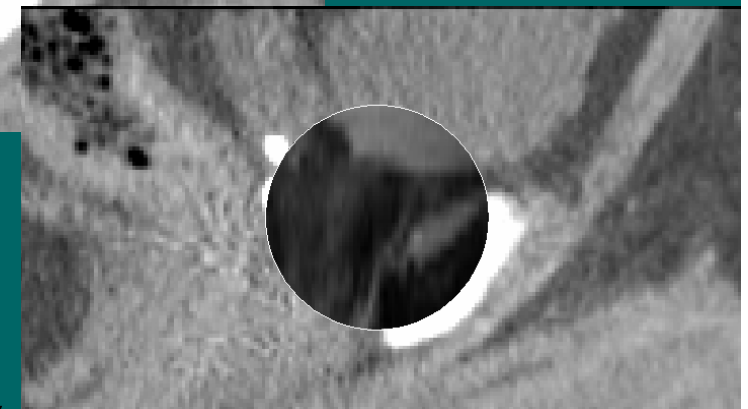
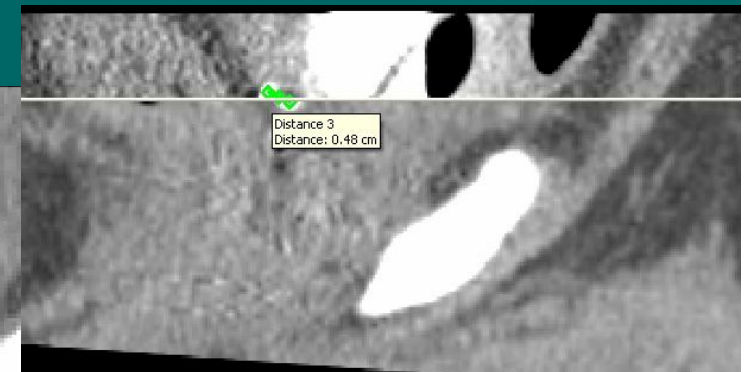
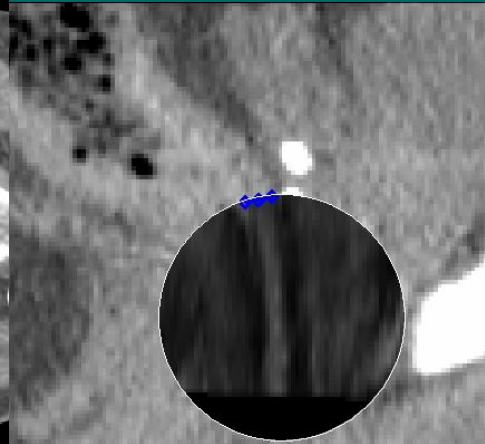
Objem **31ccm**



MR
CT po aplikácii BT
CT po mesiaci

Zmena tvaru prostaty

Objem **31ccm**



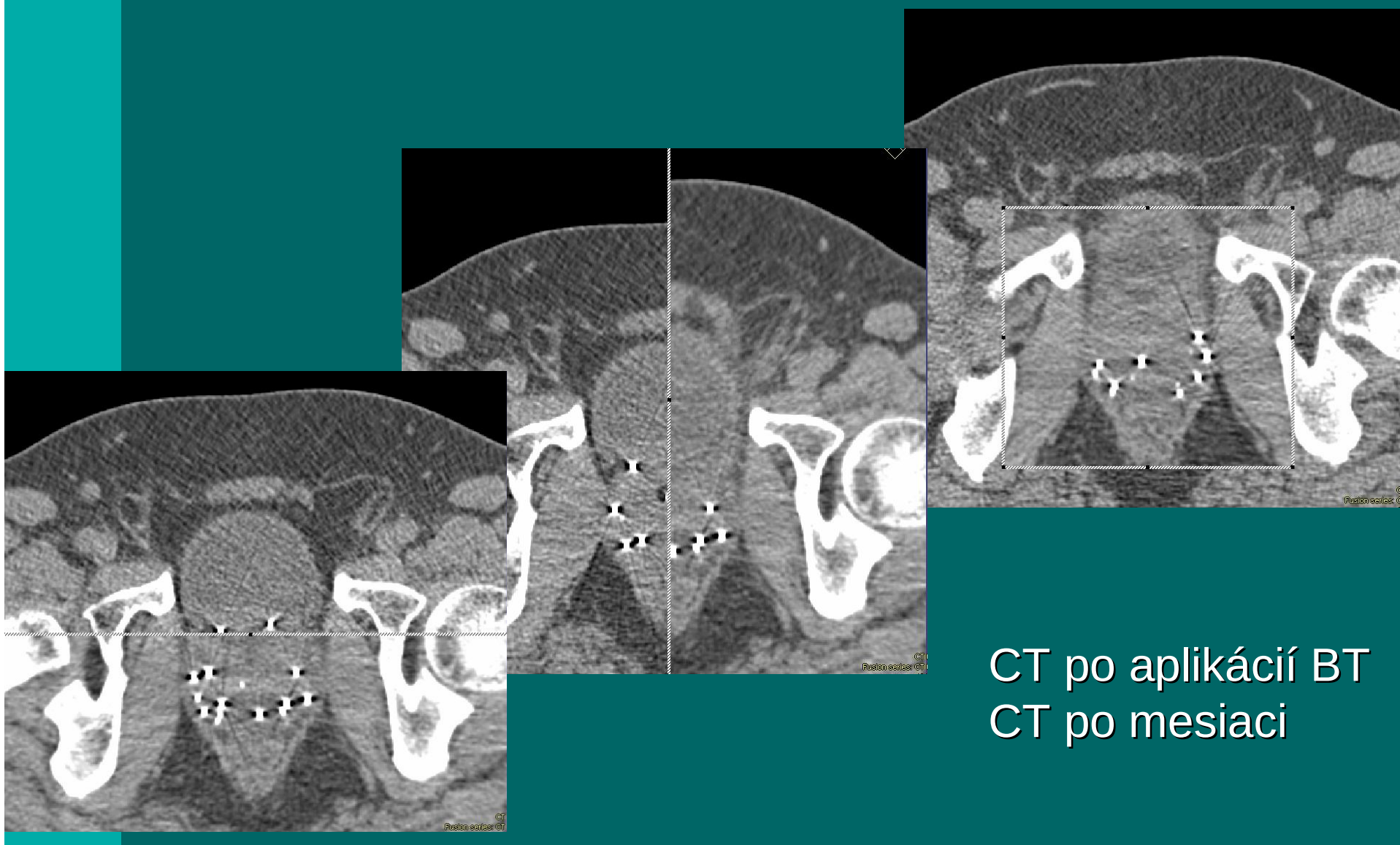
- Rozdiely
 - báza až 6-7mm,
 - apex 3mm
- značný vplyv náplne rekta resp. MM



Registrácia na
kostenné štruktúry

Zmena tvaru prostaty

Objem **61ccm**



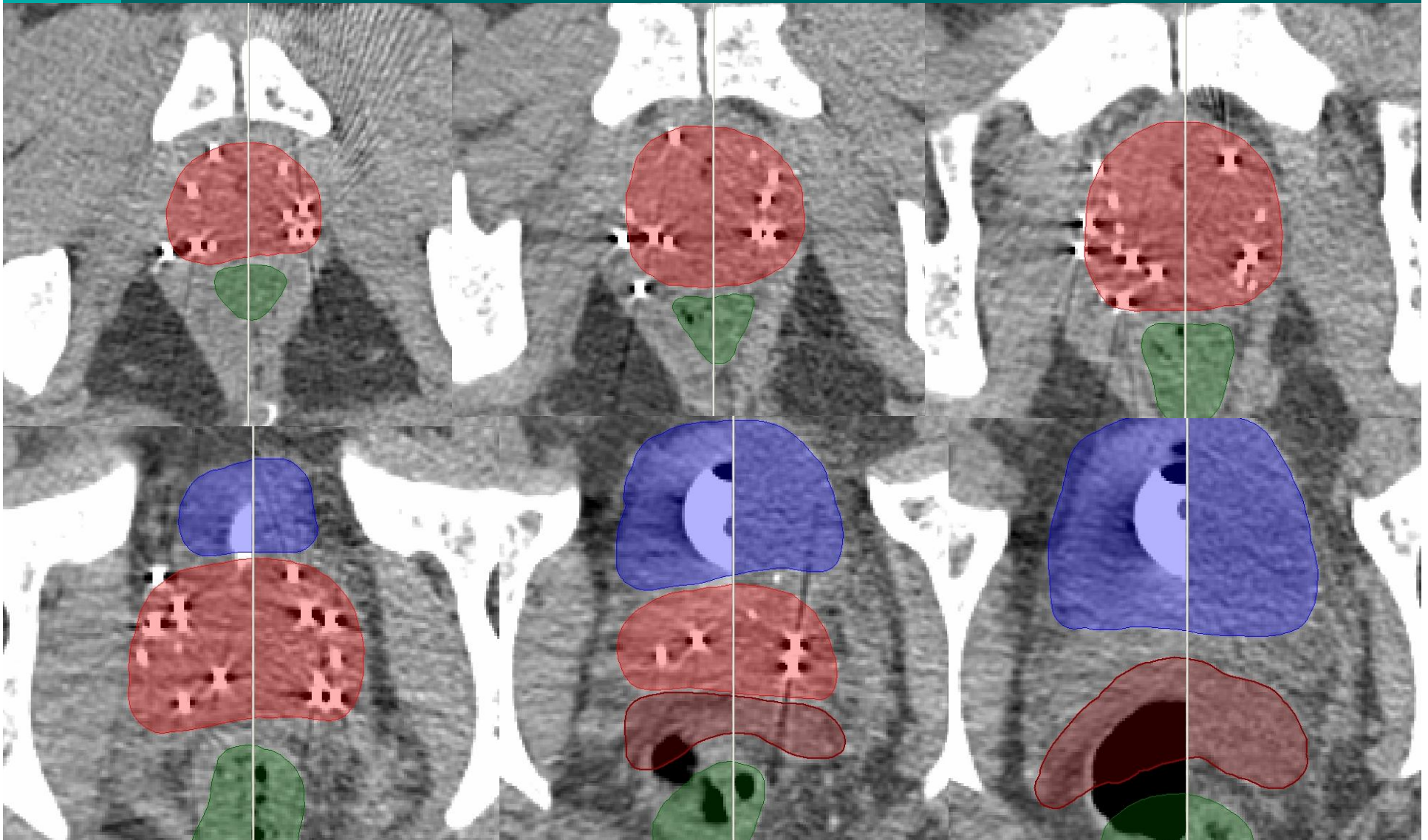
CT po aplikácii BT
CT po mesiaci

Registrácia na
kostenné štruktúry

Zmena tvaru prostaty

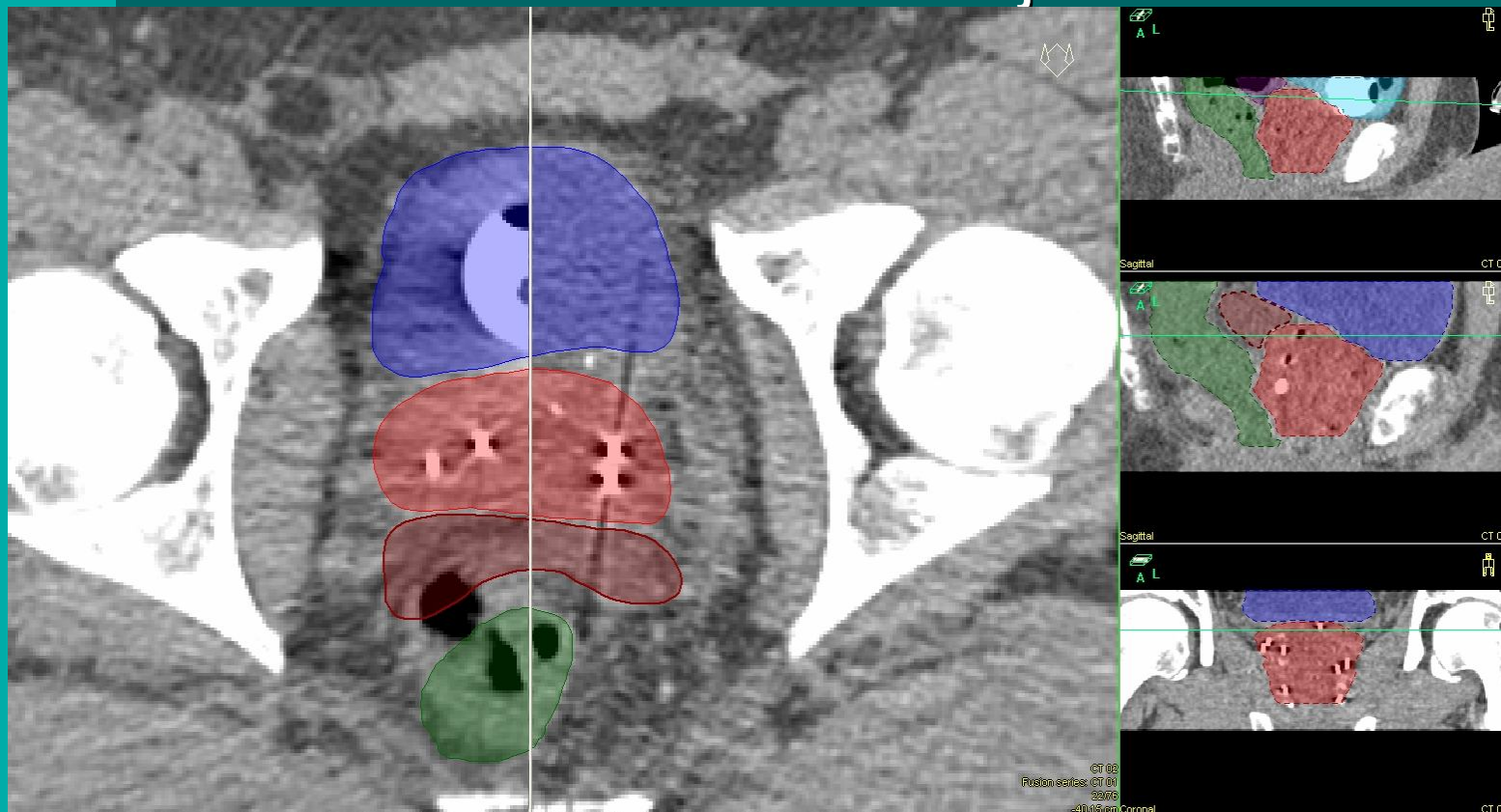
Objem 61ccm

Prostata, sem.ves., rectum, bladder zakreslené v CT-2, zobr. v CT-1



Zmena tvaru prostaty

Objem **61ccm**



- Rozdiely
 - báza až 12-15mm,
 - apex 3mm

- **Extrémne veľký vplyv náplne rekta** resp. MM

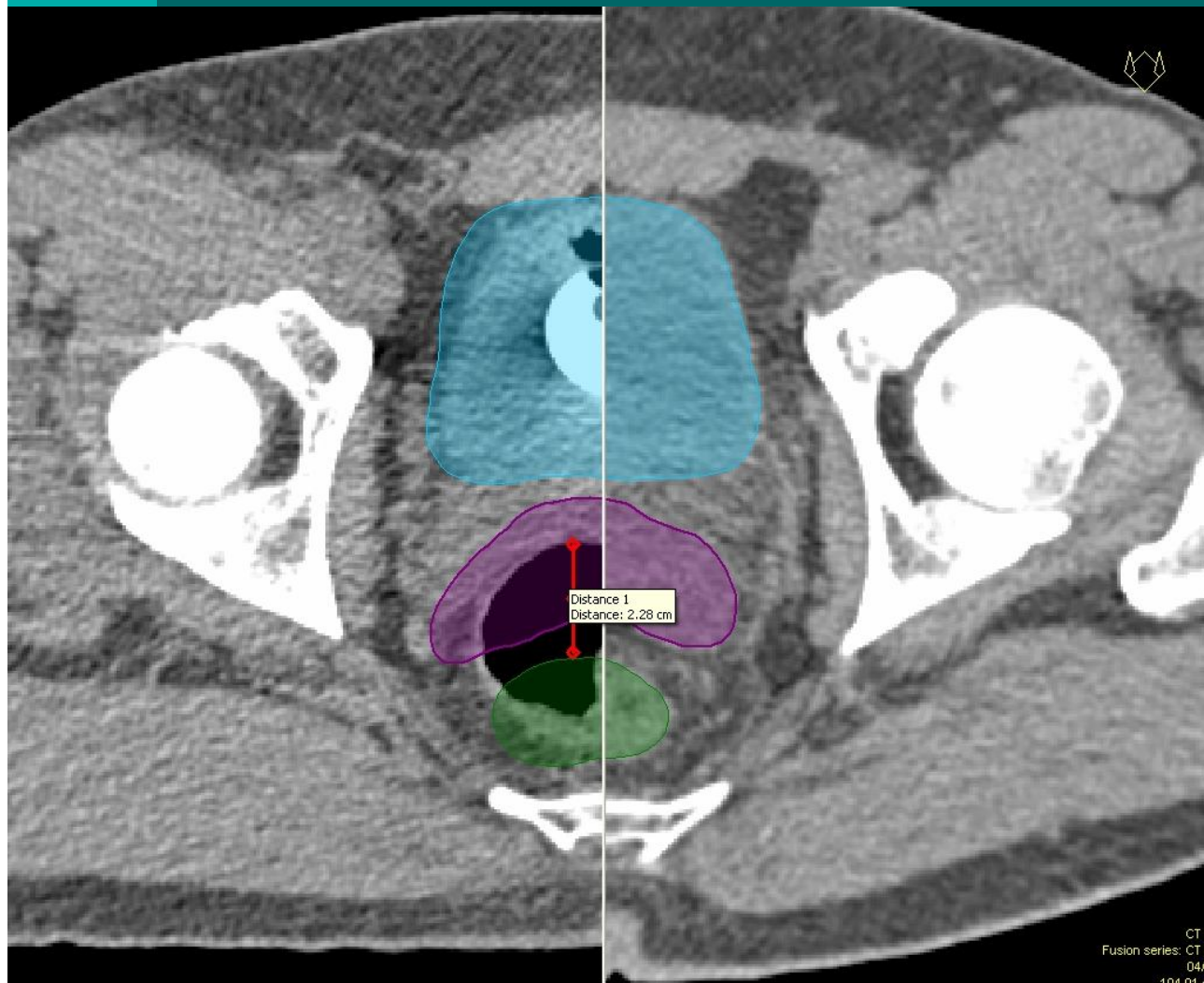
konzistencia
„blatová“

Registrácia na
kostenné štruktúry

Zmena tvaru prostaty

Objem **61ccm**

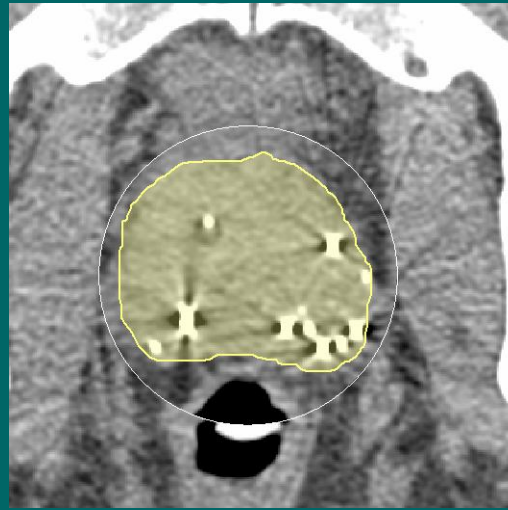
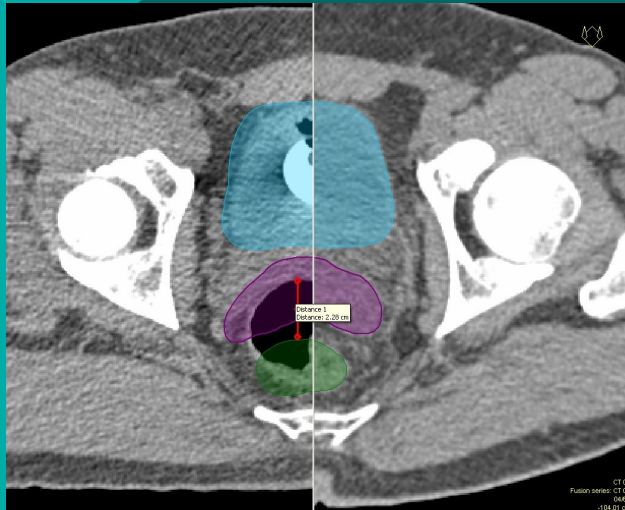
konzistencia „**blatová**“



Aplikácia
pôvodného plánu
na aktuálny stav
napriek presnej
kostennej registrácii
a nožnej jemnej
korekcii fiducial
markers.

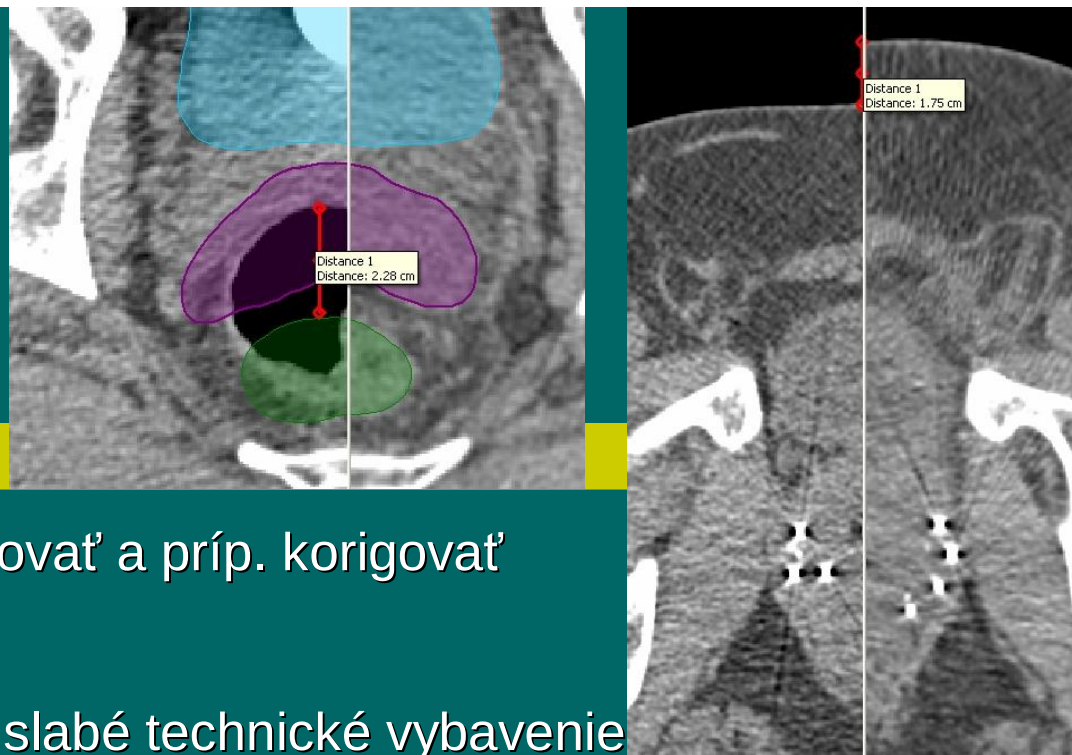
Napriek tomu je
nedostatočne
ožiarená oblasť
bázy prostaty a
výrazne zasiahnutá
oblasť rekta

Zmena tvaru prostaty



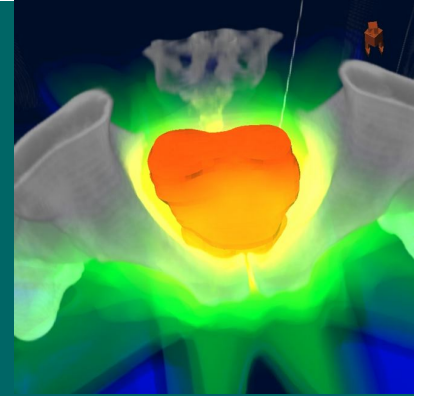
- Pri menších a pevných prostatách je sledovanie pohybov pomocou elektromagnetických zŕn ideálne
- Ale ak má prostata mäkkú „blatovú“ konzistenciu (15-20% prostata nemá pevný tvar) tak výrazne reaguje na náplne rekta a MM (čím väčší objem prostaty, tým väčšia deformácia)
- Ožarovanie sem. váčkov pri vyššom štádiu je priamo zahrnuté v PTV, ale nie je sledované pri registrácii interfrakčných ani intrafrakčných pohybov ani pomocou fiduc.markerov
- Ožarovanie trvá viac ako 1,5 mesiaca, kedy môže nastať zmena anatomických pomerov, reakcia na ožiarenie, androgénnu blokádu

Záver II.



- Nutné robiť IGRT, sledovať a príp. korigovať
 - interfrakčné pohyby
 - intrafrakčné pohyby
- Na SR pracoviskách – slabé technické vybavenie
- Už pri zakresľovaní SM a IM brať do úvahy technické možnosti a použitie IGRT na danom pracovisku
- Individualitu pacienta veľkosť prostaty, spoluprácu pacienta
- Na redukcii pohybov vďaka rôznej náplni rekta dôsledne poučiť pacientov na striktné dodržiavanie stravovacieho režimu, denne ranné vyprázdenie (laxatíva, glycer. čapík), odplynenie (Espumisan), pitný režim
- Keďže kV CBCT je v SR vzácnosť, aspoň raz za 2 týždne spraviť nové CT a prepočítať plán na novom CT
- Presvedčiť vedenie, že registrácia iba pomocou kostenných štruktúr je v určitých prípadoch absolútne nedostačujúca

Vízie do budúcnosti – OÚSA

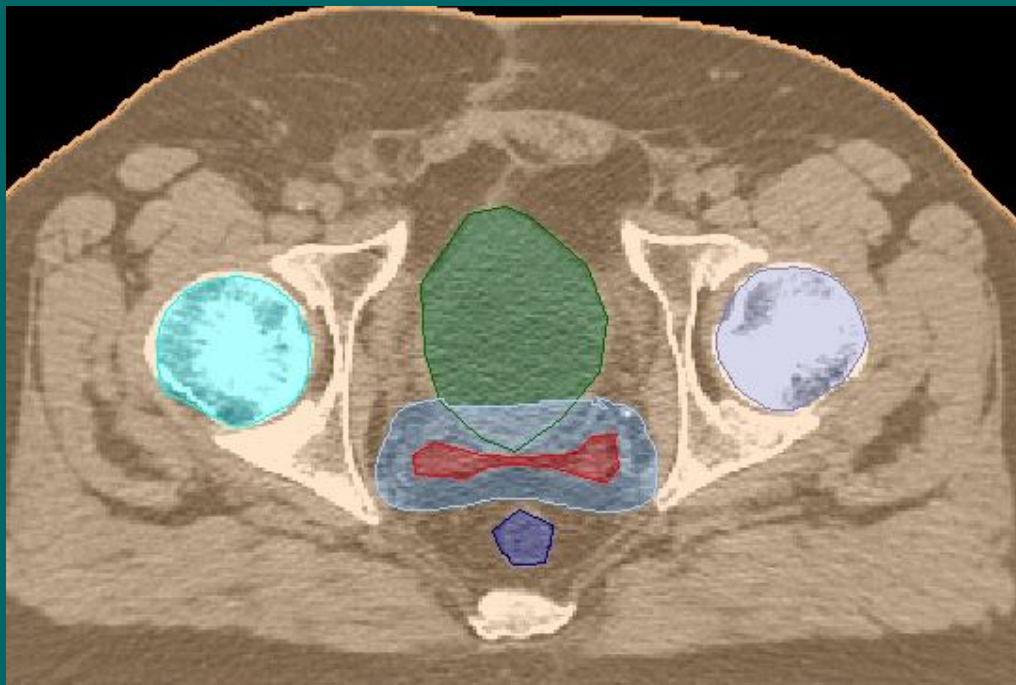


Adaptívna externá rádioterapia

- Real Time MRI during treatment
- Na základe histoscanningu eskalácia dávky do príslušných oblastí



Ďakujem za pozornosť



Ako bonus - hádanka

- Čo je na tomto CT obrázku pre plánovanie IMRT prostaty správne zakreslené ?

