

Úloha radiologického fyzika při MR-based brachyterapii karcinomu hrdla děložního

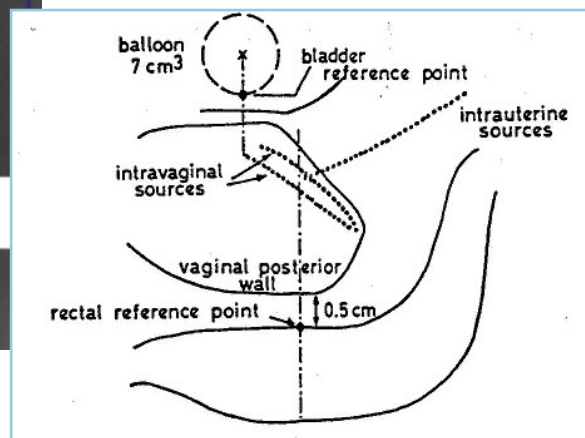
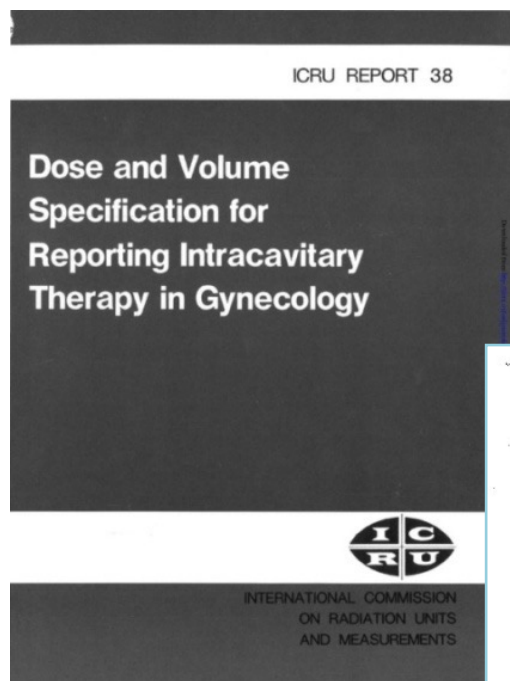
Anna Kindlová, Irena Koniarová, Petra Sýkorová



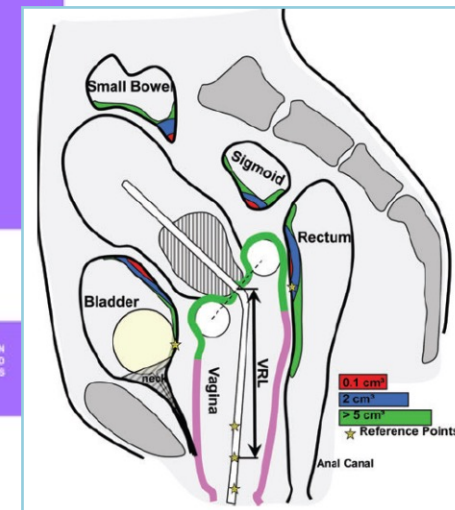
KRF 2023, Ostrava

Brachyterapie karcinomu hrdla děložního

- brachyterapie v kombinaci se zevní radioterapií je standardem pro léčbu pokročilých stádií karcinomu hrdla děložního
- dvě doporučení ICRU – ICRU Report 38 (1986) a ICRU Report 89 (2013)



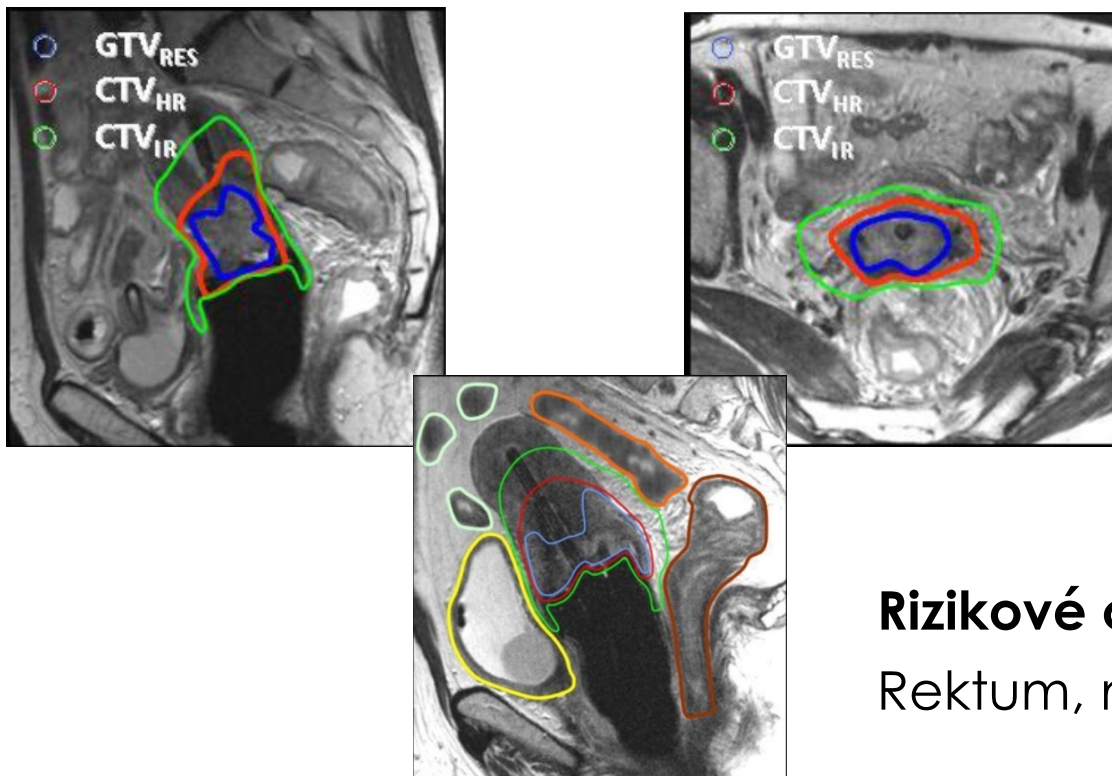
ICRU Report No 38 Dose and Volume Specification for Reporting Intracavitary Therapy in Gynaecology. ICRU 1985, obr. 3.2, str. 11



ICRU Report No 89 Prescribing, recording, and reporting brachytherapy for cancer of the cervix. Journal of the ICRU, Volume 13, No1-2 2013, obr. 6.4, str. 84

MR-based brachytherapie karcinomu hrdla děložního

- tradiční 2D plánování je nahrazováno v posledních dvou dekádách 3D plánováním
- 3D plánování může být na základě vyšetření CT nebo MR
- pomocí CT vyšetření jsou dobře viditelné kritické orgány, nikoliv však vlastní tumor
- MR díky vysokému kontrastu měkkých tkání umožňuje vizualizaci vlastního reziduálního tumoru



Cílové objemy:

Reziduální GTV (reziduální tumor) (modrá)

CTV_{HR} (červená) – klinický cílový objem s vysokým rizikem recidivy

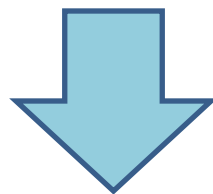
CTV_{IR} (zelená) – klinický cílový objem se středním rizikem recidivy

Rizikové orgány - OaR:

Rektum, močový měchýř, sigmoideum, tenké střevo

MR-based brachytherapie karcinomu hrdla děložního

- studie retroEMBRACE porovnávala výsledky MR-based brachytherapie s výsledky pacientek, u kterých bylo prováděno tradiční 2D plánování:
 - **celkové přežití se** u MR- based plánování **zlepšilo o 10%** v porovnání s tradiční kohortou
 - **závažná poradiační toxicita klesla o 50%**



adaptivní MR-based brachytherapie karcinomu hrdla děložního
má prokázaný klinický přínos

Základní předpoklady pro zavedení MR based brachyterapie

- vytvoření multidisciplinárního týmu pro zavedení MR-based BT ca cervix uteri
- přístup k MR
- MR kompatibilní aplikátory
- lůžko pro transfer pacientky
- dostupnost anesteziologie

Zavedení MR based brachyterapie vyžaduje
investice a změny v logistice

MR-based brachyterapie karcinomu hrdla děložního - proces

Zavedení aplikátoru (v anestezii)

Přesun pacientky na transportní lůžko,
převoz pacientky na MR vyšetření

MR vyšetření

Import snímků do plánovacího systému,
rekonstrukce aplikátoru

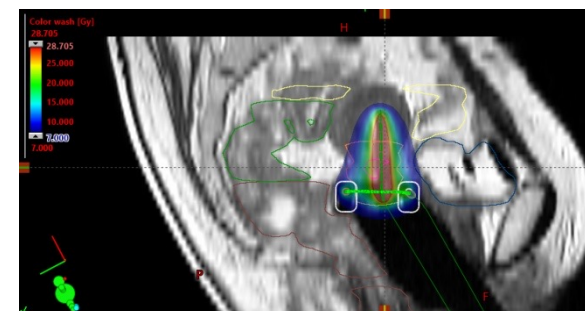
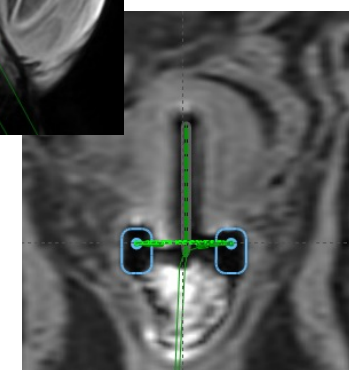
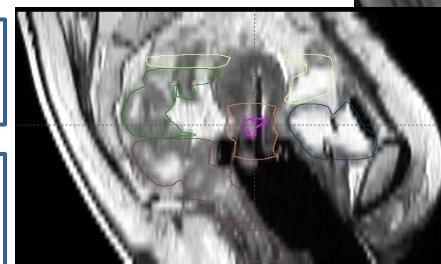
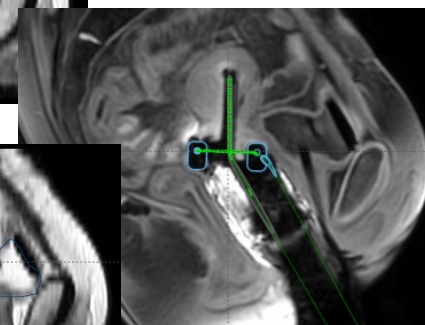
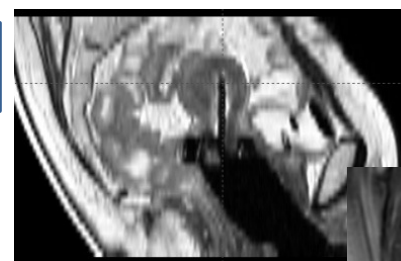
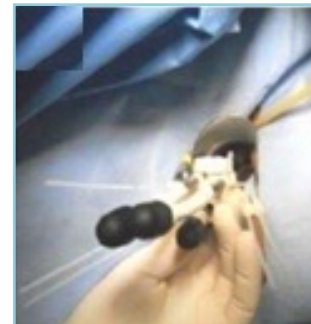
Zakreslení cílových objemů a OaR

Výpočet ozařovacího plánu

(optimalizace dávkové distribuce – splnění dávkových kriterií na cílové objemy a OaR)

Schválení plánu,
přenos plánu do ozařovací jednotky,
připojení katetrů aplikátoru ke kanálům ozařovací jednotky

Ozáření pacientky



Doporučení pro implementaci MRI v HDR brachyterapii

AAPM Report TG 303

Received: 3 June 2021 | Revised: 11 April 2022 | Accepted: 5 May 2022
DOI: 10.1002/mp.15713

AAPM SCIENTIFIC REPORT

MEDICAL PHYSICS

AAPM task group report 303 endorsed by the ABS: MRI implementation in HDR brachytherapy—Considerations from simulation to treatment

Joann Prisciandaro¹ | Jacqueline (Esthappan) Zoberi² | Gil'ad Cohen³ |
Yusung Kim⁴ | Perry Johnson⁵ | Eric Paulson⁶ | William Song⁷ |
Ken-Pin Hwang⁸ | Beth Erickson⁶ | Sushil Beriwal⁹ | Christian Kirsits¹⁰ |
Firas Mourtada¹¹

- ideální klinický přístup u brachytherapie karcinomu hrdla děložní je **plánování na základě MR, tj. provedení plánovacího MR vyšetření se zavedeným aplikátorem, při každé frakci brachytherapie**

– ve srovnání s CT poskytuje MR lepší kontrast měkkých tkání, který umožňuje odlišení tumoru od okolní tkáně

- na pracovištích s omezeným přístupem k MR je doporučeno provést plánovací MR vyšetření při první frakci a při následujících frakcích provést CT plánovací vyšetření

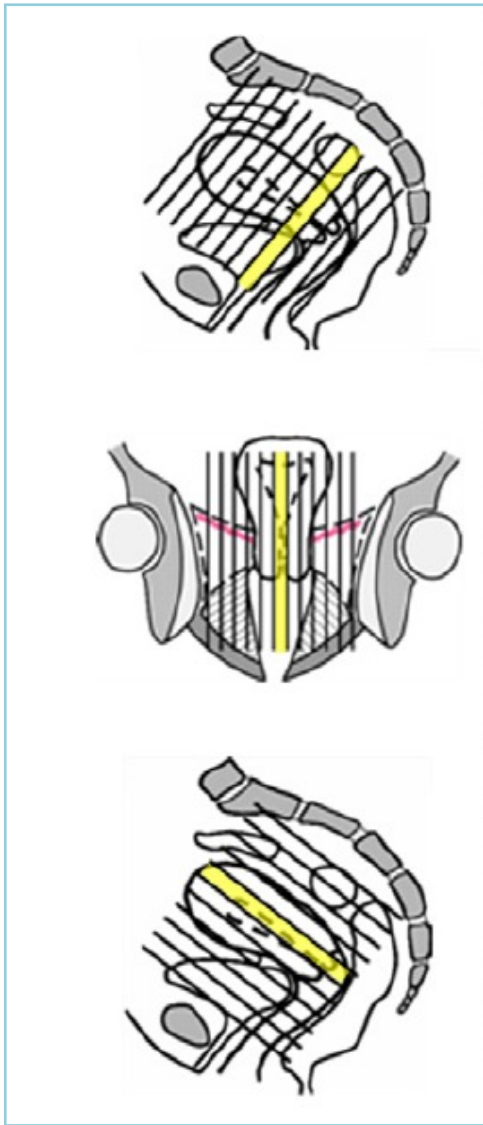
- na základě registrace s předchozím MR vyšetřením se zkopírují cílové objemy do aktuálního CT. Registrace se provádí na aplikátor, podmínkou je tedy použití stejného aplikátoru jako při první frakci. OaR jsou dobře viditelné na CT – zakreslují se do aktuálního CT

- není doporučeno provádět registraci plánovacího CT se zavedeným aplikátorem s MR bez aplikátoru z důvodu rozdílu anatomických poměrů bez aplikátoru a s aplikátorem

Podmínky MR vyšetření

- MR vyšetření se provádí
 - v para-axiální rovině – rovina kolmá k podélné ose cervikálního kanálu
 - v para-sagitální a para-koronární rovině – roviny rovnoběžné s osou cervikálního kanálu

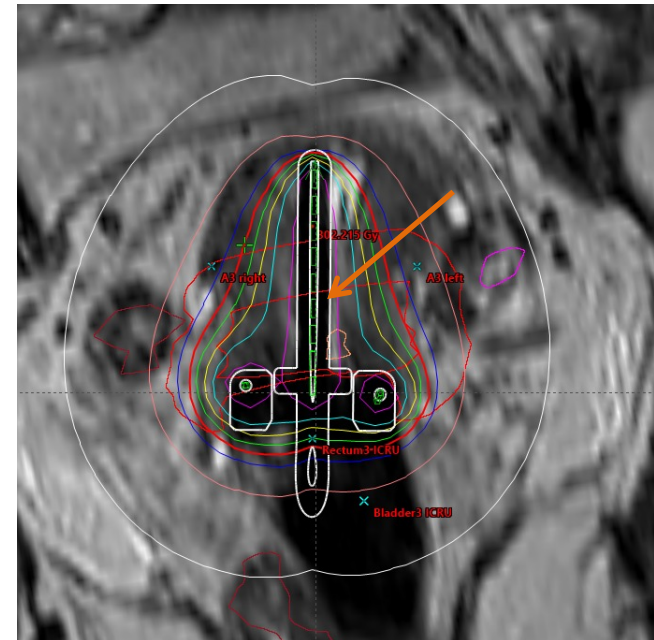
Příklad konturování na axiálních, nikoliv para-axiálních řezech - konturing proveden na řezech, které nebyly získány kolmo k podélné ose cervikálního kanálu



Recommendations from Gynaecological (GYN) GEC-ESTRO Working Group (IV): Basic principles and parameters for MR imaging within the frame of image based adaptive cervix cancer brachytherapy

Dimopoulos, Johannes C.A. et al.

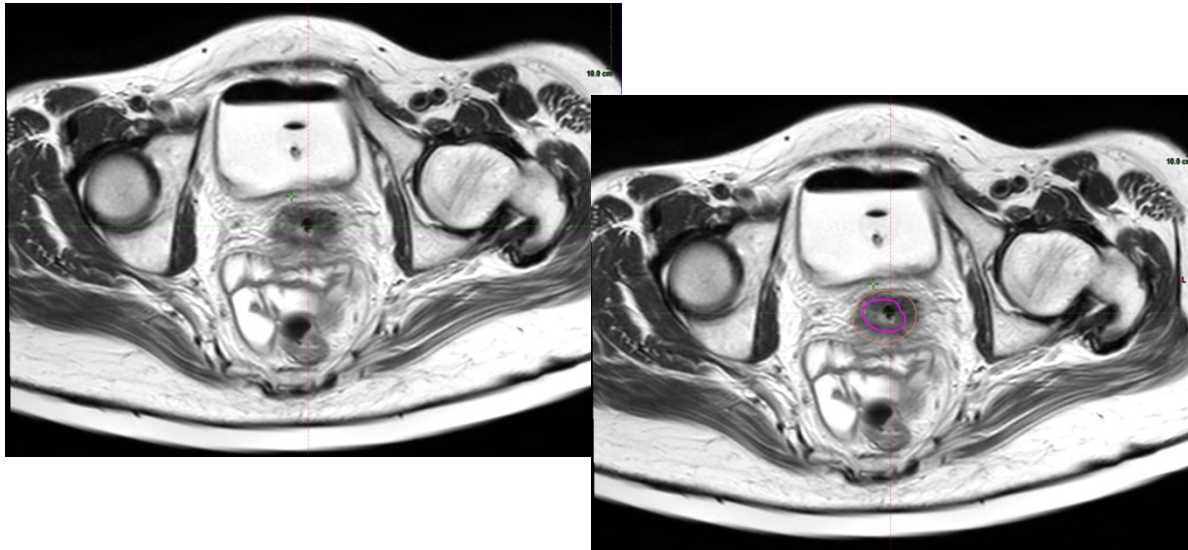
Radiotherapy and Oncology, Volume 103, Issue 1, 113 - 122



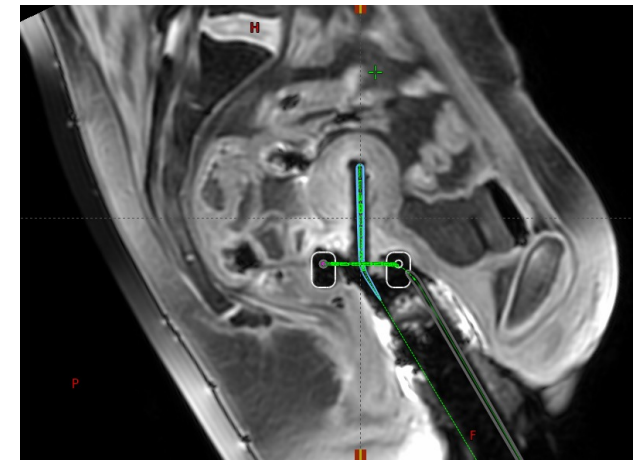
Rekonstrukce HR-CTV v koronálním řezu v případě, že konturing byl proveden na axiálních řezech, které nebyly kolmo k podélné ose cervikálního kanálu

Parametry MR vyšetření

- pro zakreslení cílových objemů se doporučuje T2W sekvence:
 - ideálně 3D sekvence s izotropním rozlišením $\leq 2\text{mm}$;
 - pokud 3D sekvence nejsou dostupné, pak použít 2D T2W FSE (Fast spin echo) sekvence s tloušťkou řezu $\leq 5\text{mm}$ a in-plane rozlišením $< 1\text{mm}$
- pro lepší vizualizaci aplikátoru může posloužit T1W nebo PDW (Proton density weighted) sekvence jako doplněk k základní T2W sekvenci



T2W MR – zakreslení cílových objemů



T1W MR – rekonstrukce aplikátoru

Parametry MR vyšetření - příklad

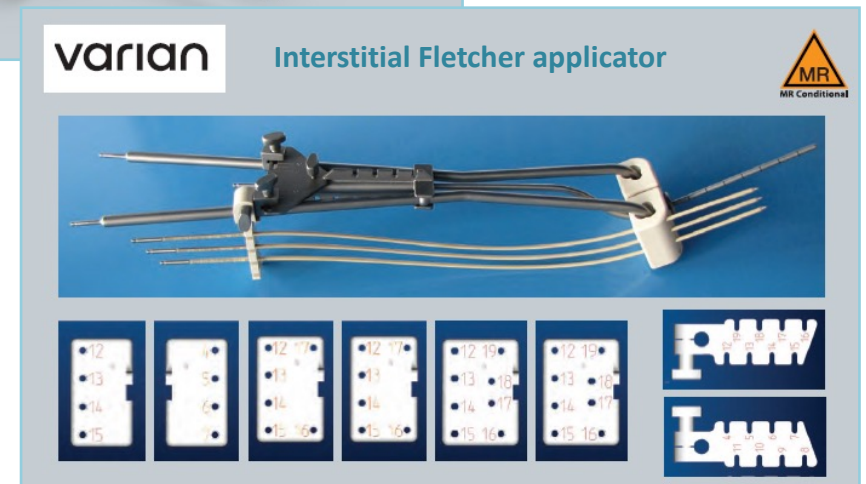
	Slice	TE Echo time (ms)	TR Repetition time (ms)	Voxel size (mm)	ETL Echo train length	Readout bandwidth (Hz/pix)	Scan time (min)
2D FSE (3.0 T Siemens Verio)	Para-ax Para-sag Para-cor	85	2500	0.9 x 0.9 x 3.0	16	440/880	3
3D FSE VFL (3.0 T Siemens Verio)	Ax	85	2500	1.0 x 1.0 x 1.5	300	440/880	12
2D FSE (3.0 T Philips Ingenia)	Ax, Sag	100	4471	0.45 x 0.45 x 3.0	30	244.1	5.13

Doporučení pro provádění MR vyšetření

- optimalizace akvizičního času MR - ideálně by délka jedné sekvence měla být 5 min
- redukce pohybových artefaktů - pro redukci peristaltiky, která způsobuje pohybové artefakty, se doporučuje podat pacientce před MR vyšetřením spasmolytikum, např. buscopan
- pro oddálení aplikátoru od OaR a zároveň pro zviditelnění hranice mezi pochvou a děložním hrdlem použití tamponády namočené v MR kontrastní látce, např. gadolinium (Gadovist)
- dodržovat konstantní náplň močového měchýře při plánovacím vyšetření a ozáření - tj. naplnit močový měchýř těsně před plánovacím vyšetřením a těsně před ozářením stejným množstvím tekutiny, např. 50 ml fyziologického roztoku

Výběr aplikátoru

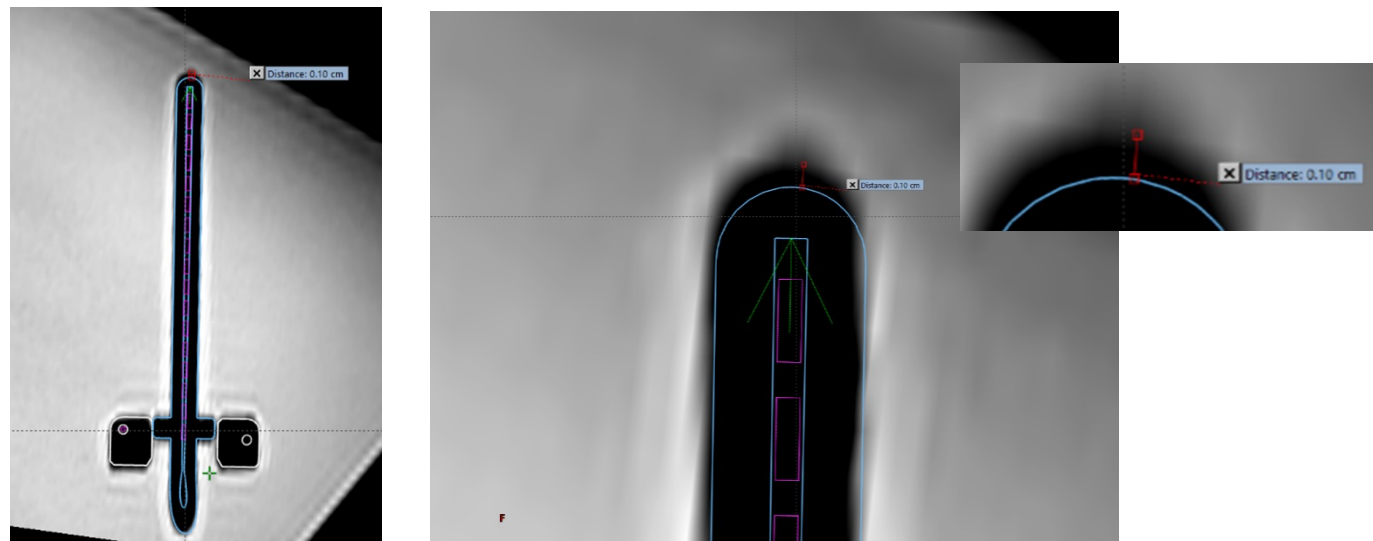
- MR kompatibilní
- hybridní aplikátor - umožňující kombinaci intrakavitární a intersticiální BT (IC/IS BT)
- co nejvíce univerzální, aby byl použitelný pro širokou škálu pacientek
- ideálně více aplikátorů na pracovišti



Doporučení pro commissioning a rekonstrukci aplikátorů

- ověření pozic zdroje v jednotlivých katetrech aplikátoru (radiochromický film)
- ověření geometrické přesnosti aplikátoru a modelu aplikátoru v plánovacím systému (CT sken aplikátoru s vysokým rozlišením)
- ověření rekonstrukce aplikátoru ve speciálním QA fantomu na MR

Nejistota rekonstrukce aplikátoru by měla být $\leq 2\text{mm}$



Commissioning aplikátoru (CT)

- ověření geometrie aplikátoru a modelu aplikátoru v plánovacím systému
 - provedení CT skenu aplikátoru s jemným rozlišením
 - kontrola rozměrů a souhlasu s technickými údaji (v dokumentaci a v literatuře) a s modelem aplikátoru



Model titanového ring aplikátoru
v plánovacím systému

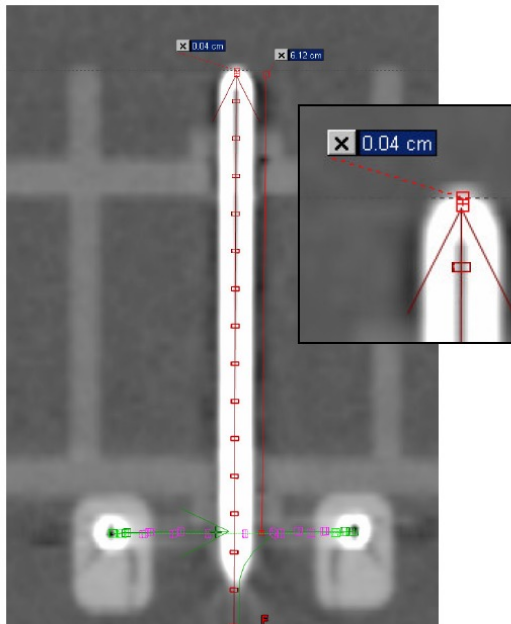
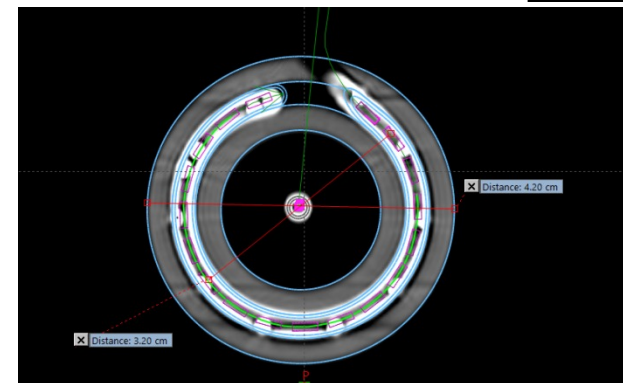
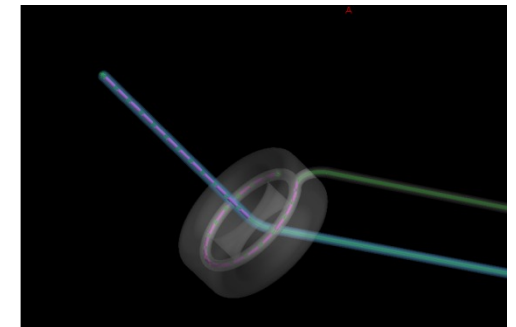
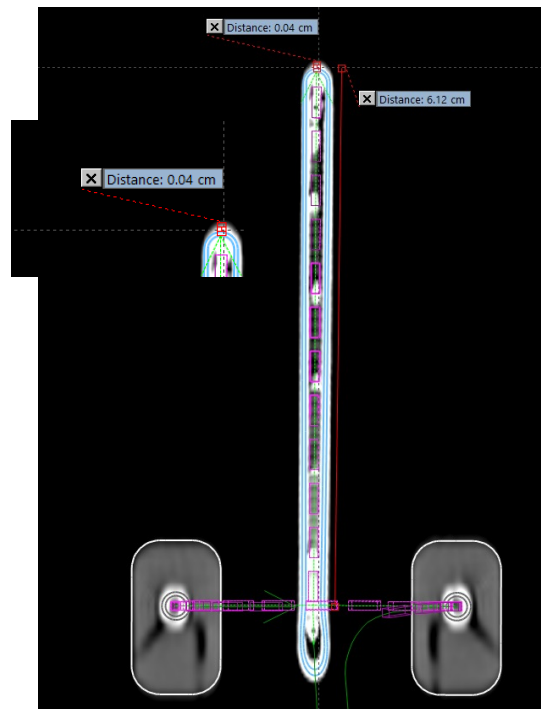
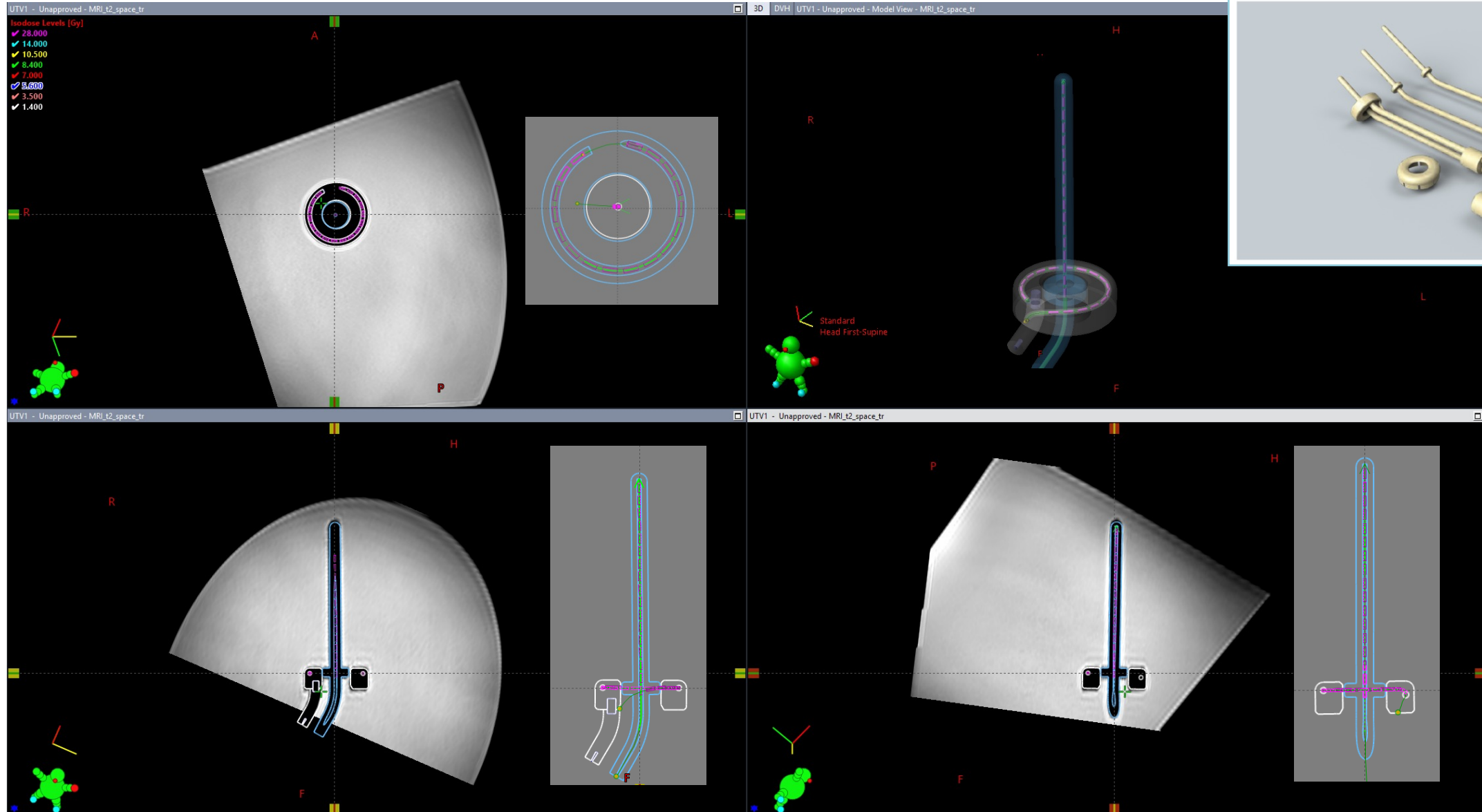


Fig. 2. Titanium applicator on CT



Tanderup, K. et al. Applicator reconstruction in cervix brachytherapy, materiál z ESTRO kurzu Image Guided Radiotherapy and Chemotherapy in gynaecological cancer, Prague 2017

Commissioning aplikátoru (MR - T2W sekvence)



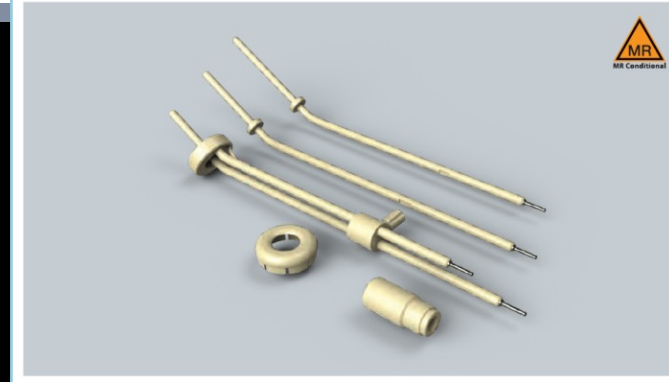
Ring Applicator, 60° Set

GM11011040

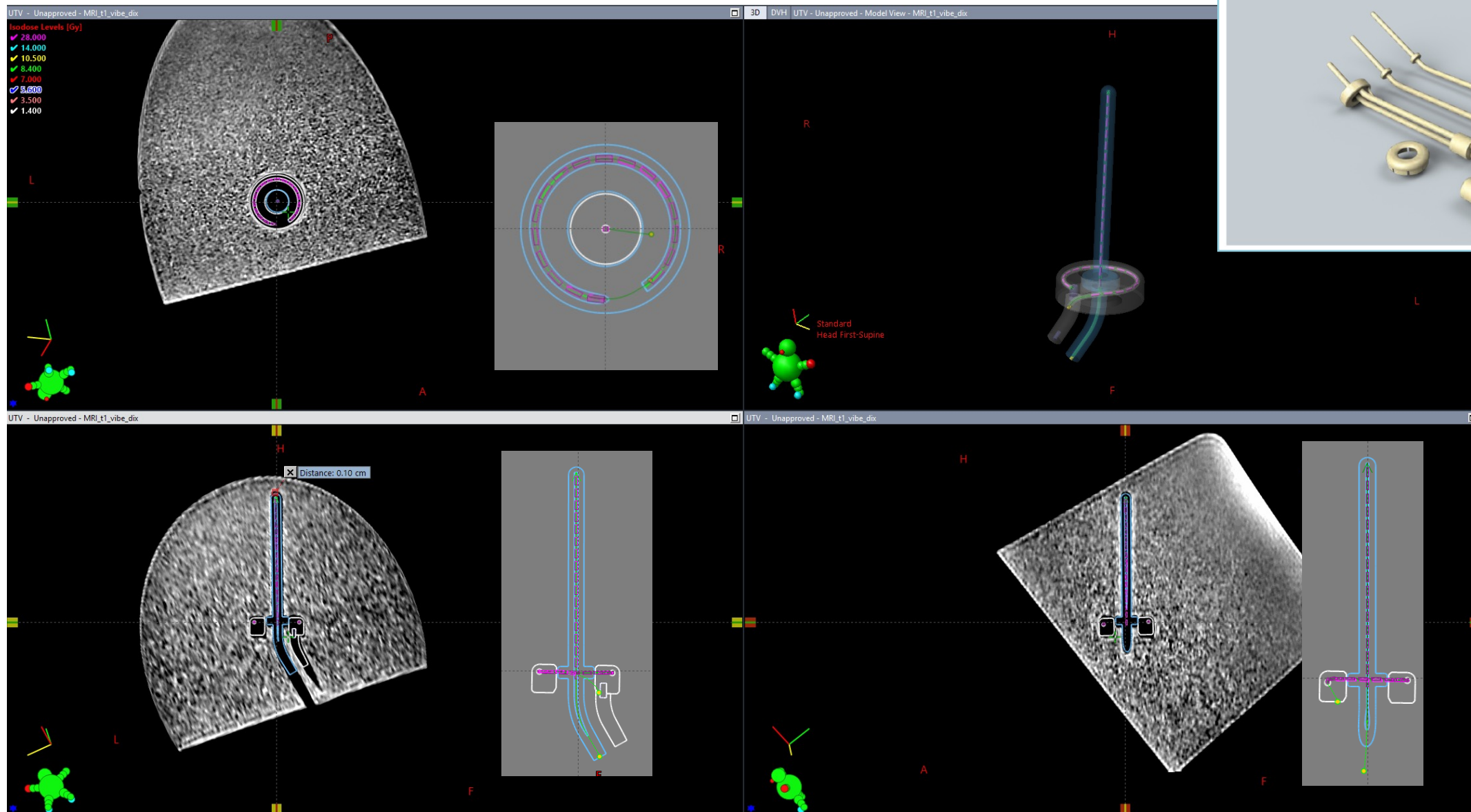
CT Compatible / MR Compatibility: Conditional

Intended for: HDR or PDR brachytherapy of the vagina, cervix, and uterus

Afterloader: GammaMedplus iX™ / GammaMedplus™



Commissioning aplikátoru (MR - T1W sekvence)



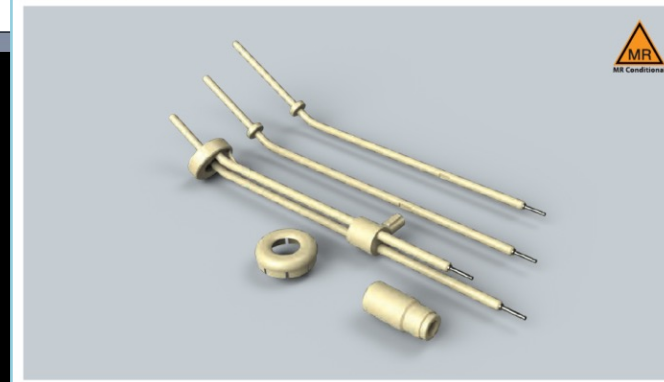
Ring Applicator, 60° Set

GM11011040

CT Compatible / MR Compatibility: Conditional

Intended for: HDR or PDR brachytherapy of the vagina, cervix, and uterus

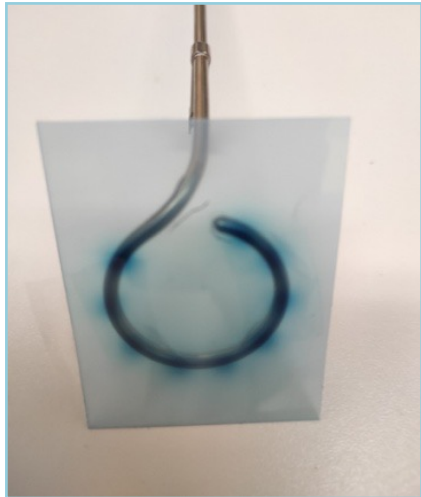
Afterloader: GammaMedplus iX™ / GammaMedplus™



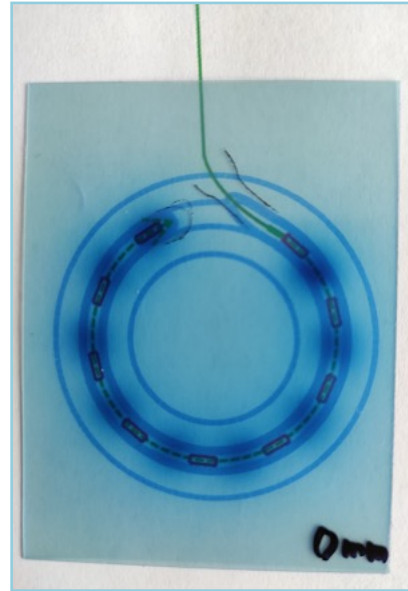
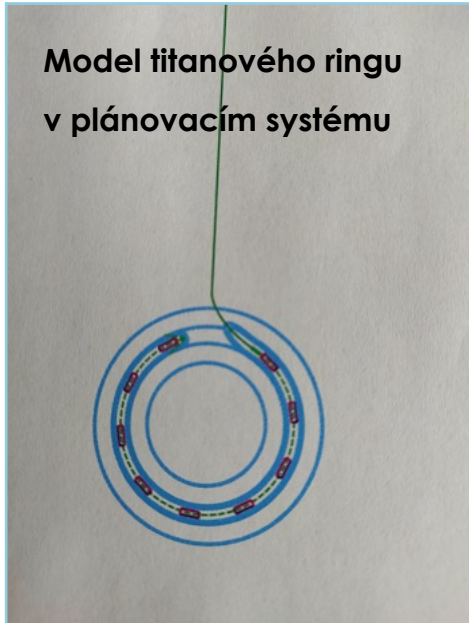
Ověření pozic zdroje

- ověření souladu plánovaných pozic s reálnými pozicemi zdroje – pomocí radiochromického filmu

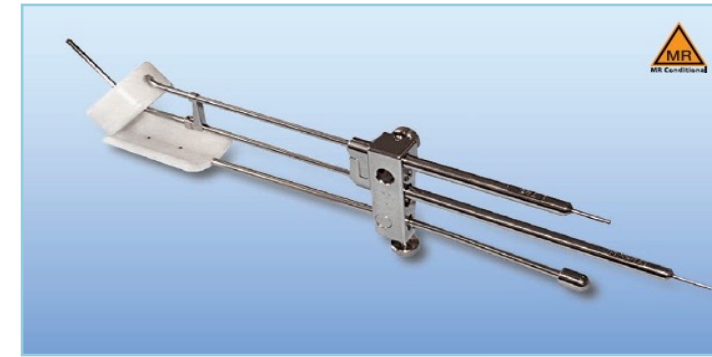
Ozářený radiochromický film –
na film je přilepen titanový ring,
ozáření provedeno s krokem
zdroje 1 cm



**Model titanového ringu
v plánovacím systému**



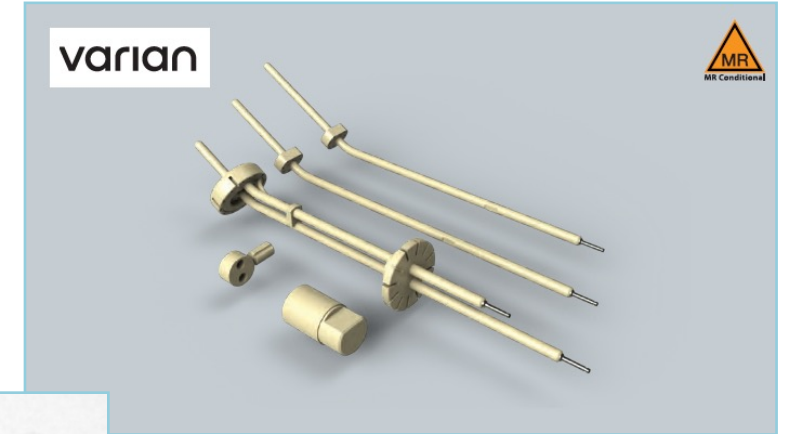
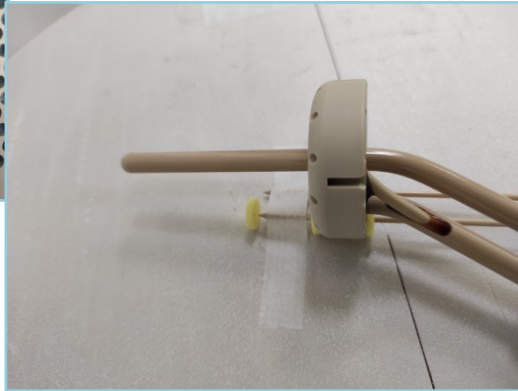
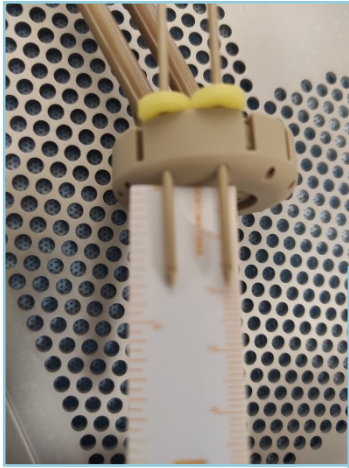
Při offsetu = 0 je jasně viditelný
posun mezi pozicemi zdroje
ozářenými na film a plánovanými
pozicemi zdroje stanovenými na
základě modelu zdroje v TPS



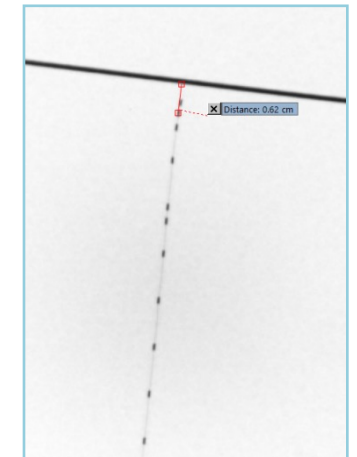
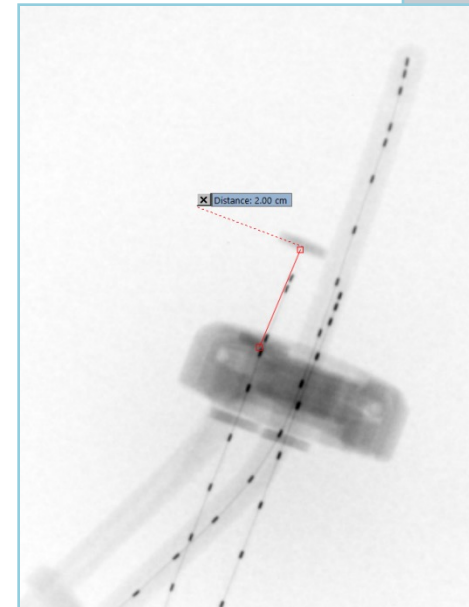
Při zadaném offsetu = 3 mm souhlasí
skutečné ozářené pozice a
plánovanými pozicemi zdroje,
získanými z modelu zdroje v TPS

Ověření pozic zdroje v jehlách

- ověření polohy zdroje v jehlách vůči ringu – pomocí RTG snímku

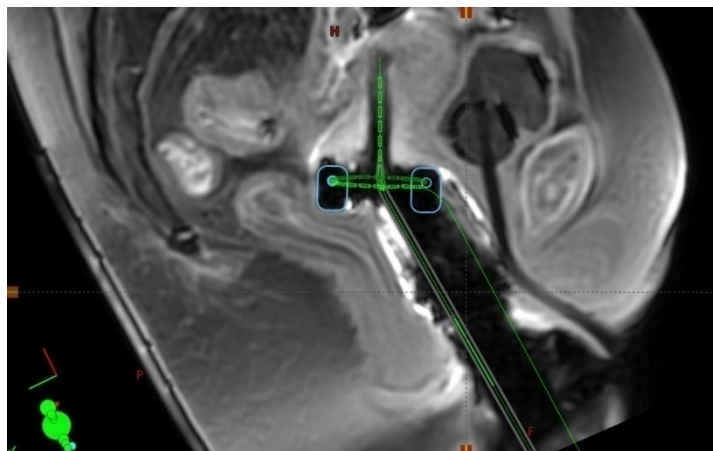


Snímek plastové jehly s označením konce špičky jehly a stanovením vzdálenosti 1. pozice od špičky jehly



- na snímku provedena kontrola vzdálenosti mezi špičkou jehly a vstupem do ringu
- dráha zdroje od špičky ke vstupu do ringu stanovena dle zavedené rentgenkontrastní makety (markeru) se zrnky o vzdálenosti 1cm

Rekonstrukce aplikátoru – titanový ring



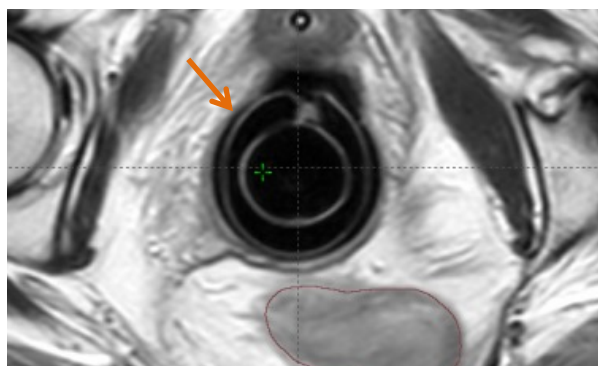
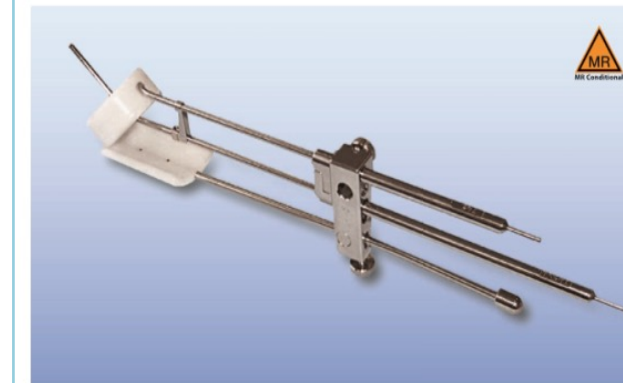
Rekonstrukce pomocí modelu aplikátoru, aplikátor dobře viditelný na T1W sekvenci

AL13017000

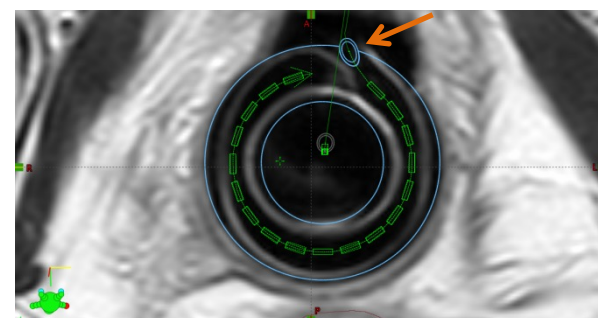
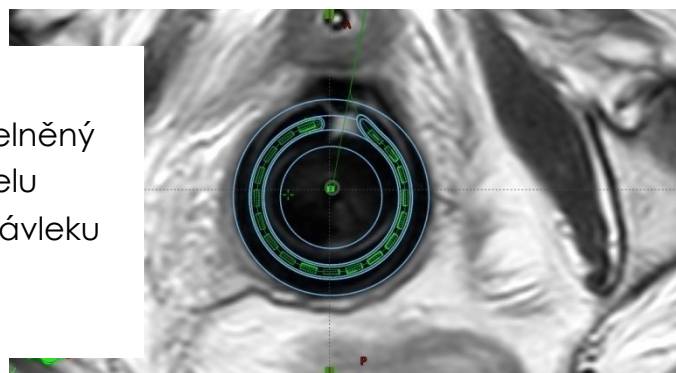
Ring & Tandem Combination Applicator Set CT Compatible / MR Compatibility: Conditional

Intended for: HDR intracavitary brachytherapy of the uterus, cervix, and cervix channel

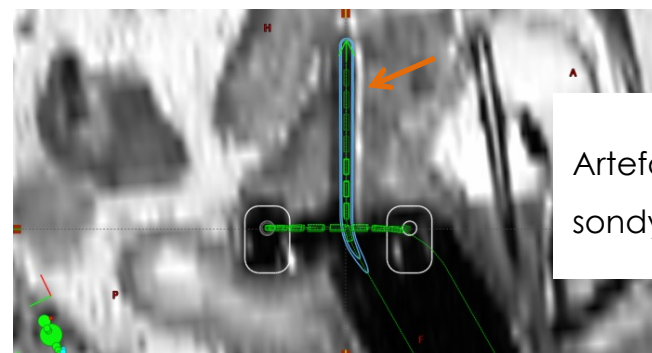
Afterloader: VarSource IX[®] / VarSource 200[®] / GammaMedplus IX[®] / GammaMedplus[®] Modality: HDR, PDR



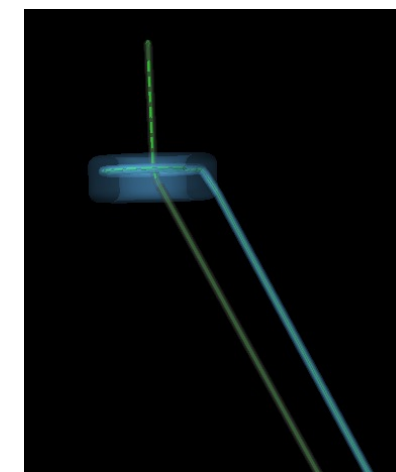
Kanál v ringu zviditelněný pomocí vodního gelu aplikovaného do návleku ringu (T2W)



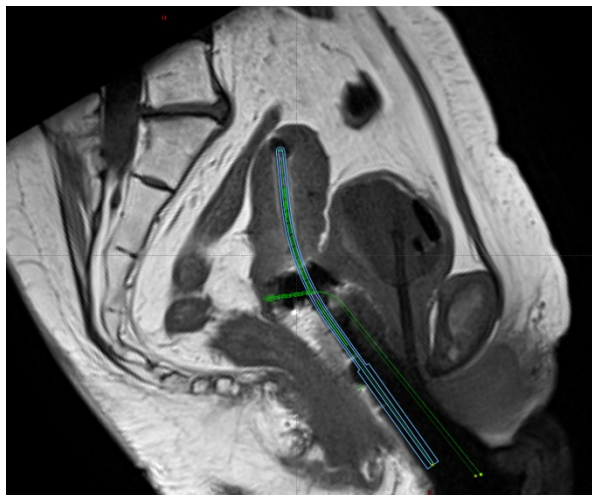
Rotace ringu dle výstupu katetru z ringu (T2W)



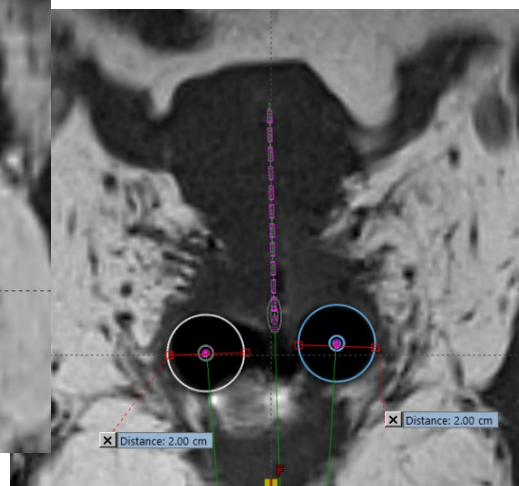
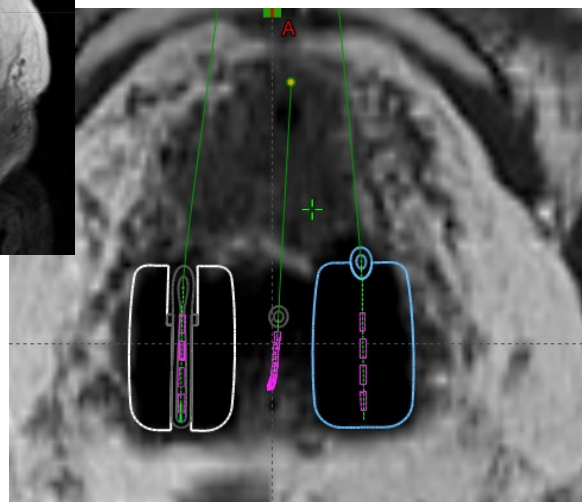
Artefakt podél sondy (T2W)



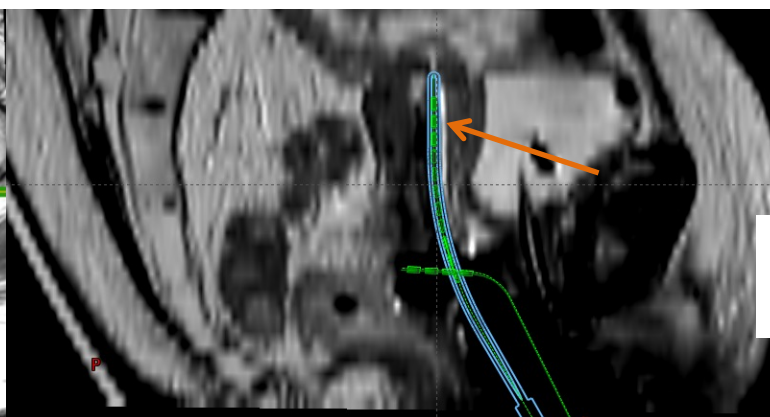
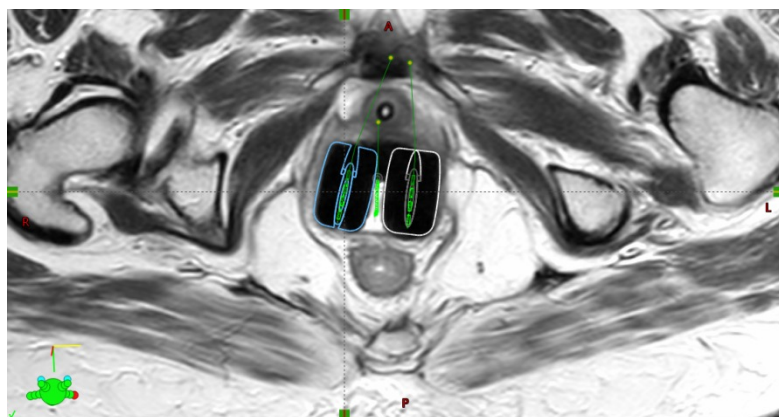
Rekonstrukce aplikátoru – titanový Fletcher



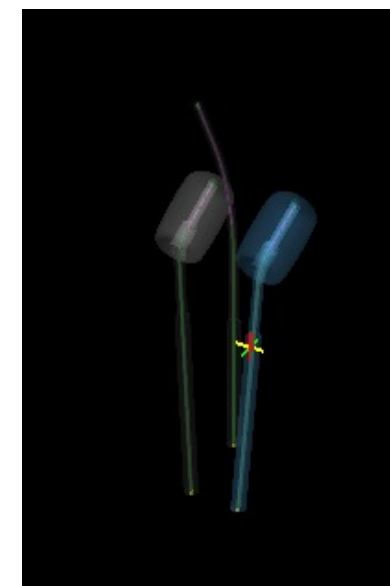
Rekonstrukce pomocí
modelu aplikátoru,
aplikátor dobře viditelný na
T1W sekvenci



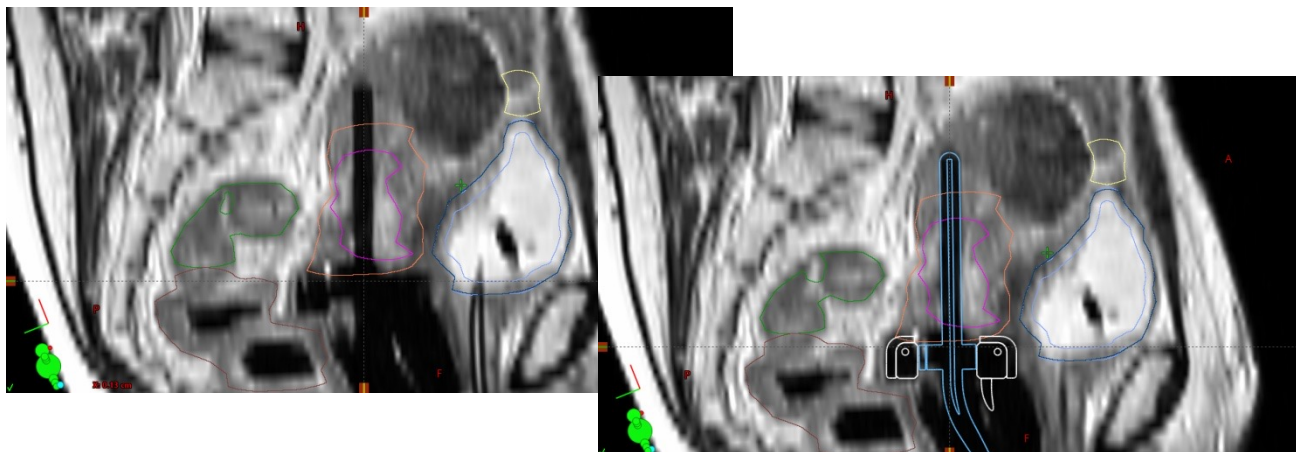
T2W



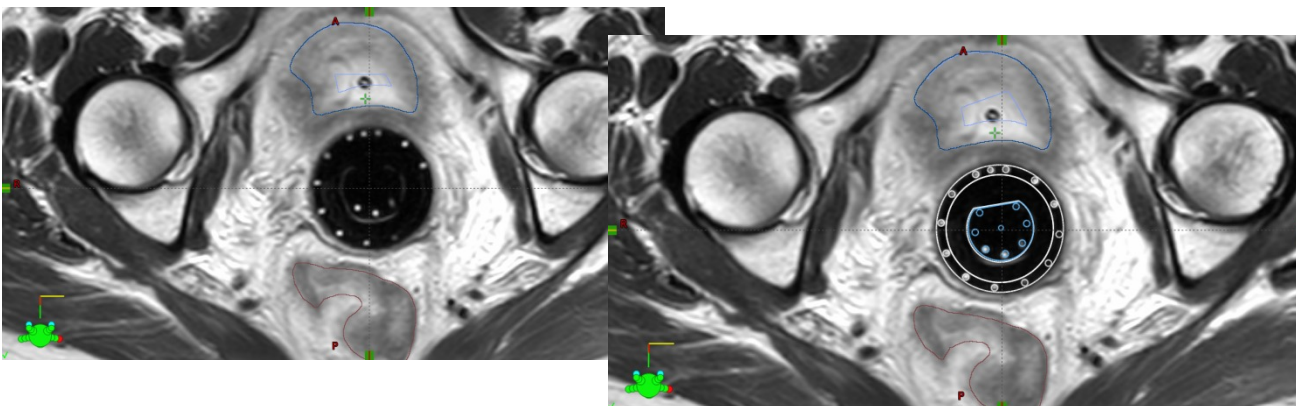
Artefakt podél sondy



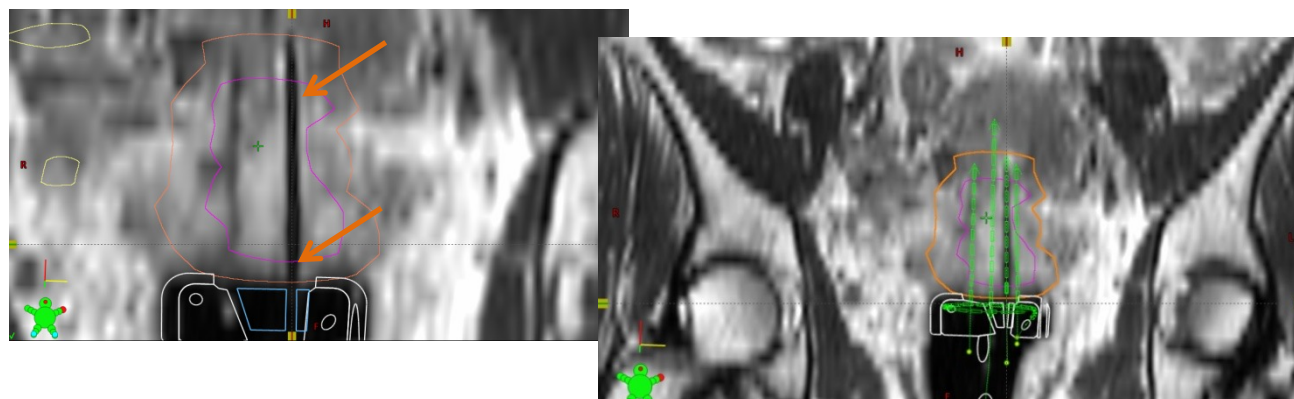
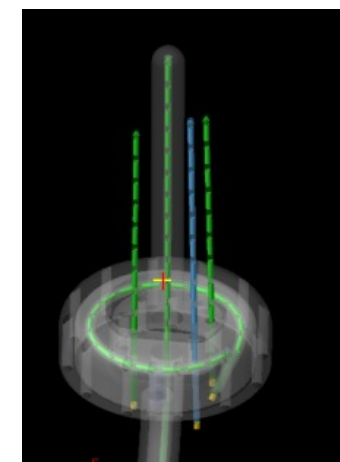
Rekonstrukce aplikátoru – plastový ring



T2W



Rotace aplikátoru
podle otvorů pro jehly



Ruční zadání jehel – jehly
dobře viditelné , procházejí
otvory v aplikátoru

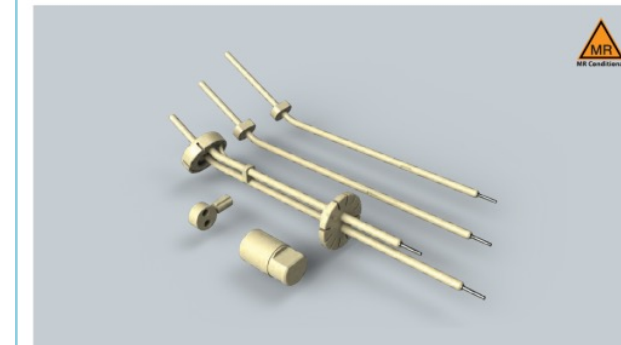
3D Interstitial Ring Applicator, 60° Set

GM11010190

CT Compatible / MR Compatibility: Conditional

Intended for: HDR or PDR brachytherapy of the vagina, cervix, and uterus

Afterloader: GammaMedplus iX™ / GammaMedplus™



Stanovení dávkových kritérií pro plánování

Dávková kritéria (dose constraints) jsou stanovena pro celkovou dávku ze zevní RT a BT

Target	D90 CTV _{HR} EQD2 ₁₀	D98 CTV _{HR} EQD2 ₁₀	D98 GTV _{res} EQD2 ₁₀	D98 CTV _{IR} EQD2 ₁₀	Point A EQD2 ₁₀
Planning Aims	> 90 Gy < 95 Gy	> 75 Gy	>95 Gy	> 60 Gy	> 65 Gy
Limits for Prescribed Dose	> 85 Gy	-	>90 Gy	-	-
OAR	Bladder D _{2cm} ³ EQD2 ₃	Rectum D _{2cm} ³ EQD2 ₃	Recto-vaginal point EQD2 ₃	Sigmoid D _{2cm} ³ EQD2 ₃	Bowel D _{2cm} ³ EQD2 ₃
Planning Aims	< 80 Gy	< 65 Gy	< 65 Gy	< 70 Gy*	< 70 Gy*
Limits for Prescribed Dose	< 90 Gy	< 75 Gy	< 75 Gy	< 75 Gy*	< 75 Gy*

** for the sigmoid/bowel structures these dose constraints are valid in case of non-mobile bowel loops resulting in the situation that the most exposed volume is located at a similar part of the organ*

Protokol pro přepočet fyzikálních dávek na EQD2 a sumaci dávek ze zevní RT a jednotlivých frakcí BRT

PHYSICAL - BIOLOGICAL DOCUMENTATION OF GYNAECOLOGICAL HDR BT									
PATIENT , ID-number							tumour entity		
EXTERNAL BEAM THERAPY		TUMOUR		OAR		FIGO, TNM			
dose per fraction	1,8	$D_{iso} [\alpha/\beta=10Gy]$		$D_{iso} [\alpha/\beta=3Gy]$					
fractions without central shield	25	44,3		43,2					
fractions with central shield		0,0		0,0		GTV at diag.		cm ³	
total dose	45,0	44,3		43,2		chemoth.			
Total volume (body contour) treated to 43 Gy [cm ³]									
Total volume (body contour) treated to 57 Gy [cm ³]									
BRACHYTHERAPY		F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6		
date								dose values in Gy	
physicist									
MR / CT	MRI							TOTAL BT	TOTAL BT + EBT
applicator(s): type, # needles									
applicator(s): dimensions									
Plan, remarks								mean	stddev
TRAK [cGy at 1m]		0,00	0,00	0,00				0,00	
TRAK intrauterine [%]		0,0%							
TRAK vaginal [%]		0,0%							
TRAK interstitial [%]		0,0%							
Planning aim for D_{38} CTV _{HR}		0	0	0					
planning aim EQD2 ₁₀	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3
dose to + A left	x	x	x	x					
A _{left} EQD2 ₁₀	#HODNOTA!	#HODNOTA!	#HODNOTA!	#HODNOTA!	0,0	0,0	#HODNOTA!	#HODNOTA!	
dose to - A right	x	x	x	x					
A _{right} EQD2 ₁₀	#HODNOTA!	#HODNOTA!	#HODNOTA!	#HODNOTA!	0,0	0,0	#HODNOTA!	#HODNOTA!	
dose to A mean	x	#HODNOTA!	#HODNOTA!	#HODNOTA!	0,0	0,0			
A _{mean} EQD2 ₁₀	#HODNOTA!	#HODNOTA!	#HODNOTA!	#HODNOTA!	0,0	0,0	#HODNOTA!	#HODNOTA!	
GTV _{res} [cm ³]		0						0,0	0,0
D ₃₈		0,0	0,0	0,0					
D ₃₈ EQD2 ₁₀	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3
CTV _{HR} [cm ³]		0,00						0,0	0,0
D ₃₈		0,0	0,0	0,0					
D ₃₈ EQD2 ₁₀	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3
D ₃₀		0,0	0,0	0,0					
D ₃₀ EQD2 ₁₀	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3
D ₅₀		0,0	0,0	0,0					
D ₅₀ EQD2 ₁₀	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3
CTV _{IR} [cm ³]		0						0,0	0,0
D ₃₈		0,0	0,0	0,0					
D ₃₈ EQD2 ₁₀	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3
D ₅₀		0,0	0,0	0,0					
D ₅₀ EQD2 ₁₀	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3

Protokol pro přepoččet fyzikálních dávek na EQD2 a sumaci dávek ze zevní RT a jednotlivých frakcí BRT

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Protokol o brachyterapii karcinomu děložního hrdla								
2	Jméno:		Příjmení:	Rodné číslo:				Číslo pacientky:	
3	G		M						
4									
5	ZEVNÍ RADIOTERAPIE			NÁDOR		OAR	Frakcionace zevní RT		
6	Pánev - dávka na frakci			1,8	Diso [$\alpha/\beta=10\text{Gy}$]	Diso [$\alpha/\beta=3\text{Gy}$]	25x1,8Gy = 45 Gy		
7	Počet frakcí			25	44,25	43,20	vstupní MR		13.12.
8	SIB LU+ - dávka na frakci				0,00	0,00	GTV init (dg) [cm ³]		
9	Pánev - celková dávka			45,00	44,25	43,20	Zahájení zevní RT		21.12.
10									
11	BRACHYTERAPIE			1. fr. BT	2. fr. BT	3. fr. BT	4. fr. BT		
12	datum			03.02.2023	07.02.2023	10.02.2023	14.02.2023		
13	lékař								
14	CT/MR			MR	MR	MR	MR		
15	aplikátor			plast ring	plast ring	plast ring	plast ring		
16	katalogové číslo aplikátoru			GM11010190	GM11010190	GM11010190	GM11010190		
17	sonda [° / cm]			60°/6cm	60°/6cm	60°/6cm	60°/6cm		
18	ovoidy / ring			perfor. Ø30/42mm	perfor. Ø30/42mm	perfor. Ø30/42mm	perfor. Ø30/42mm		
19	jehly: počet/ délka								
20	ozařovací čas celkový (370GBq) [s]			343,0	330,0	335,0	310,0		
21	ozařovací čas - ovoidy/ring [s]			138,0	119,0	130,0	94,0		
22	ozařovací čas - jehly [s]								
23	dávkový příkon [Gy/min]			0,46	0,46	0,44	0,45		
24	TRAK [mGy]			3,88	3,73	3,79	3,50	14,90 mGy	
25	TRAK vagina/TRAK total [%]			40,2%	36,1%	38,8%	30,3%		
26	TRAK intersticiální/TRAK total [%]							TOTAL TOT	
27	poznámky							BT BT +	
28									
29	Předepsaná dávka (PD)			7,00	7,00	7,00	7,00	Dávka [Gy]	
30	PDiso [$\alpha/\beta=10\text{Gy}$]			9,92	9,92	9,92	9,92	39,67	83,9
31	PDiso [$\alpha/\beta=3\text{Gy}$]			14,00	14,00	14,00	14,00	56,00	99,2
37	Volume of PD [cm ³]			72,10	68,42	70,31	61,95		
38									

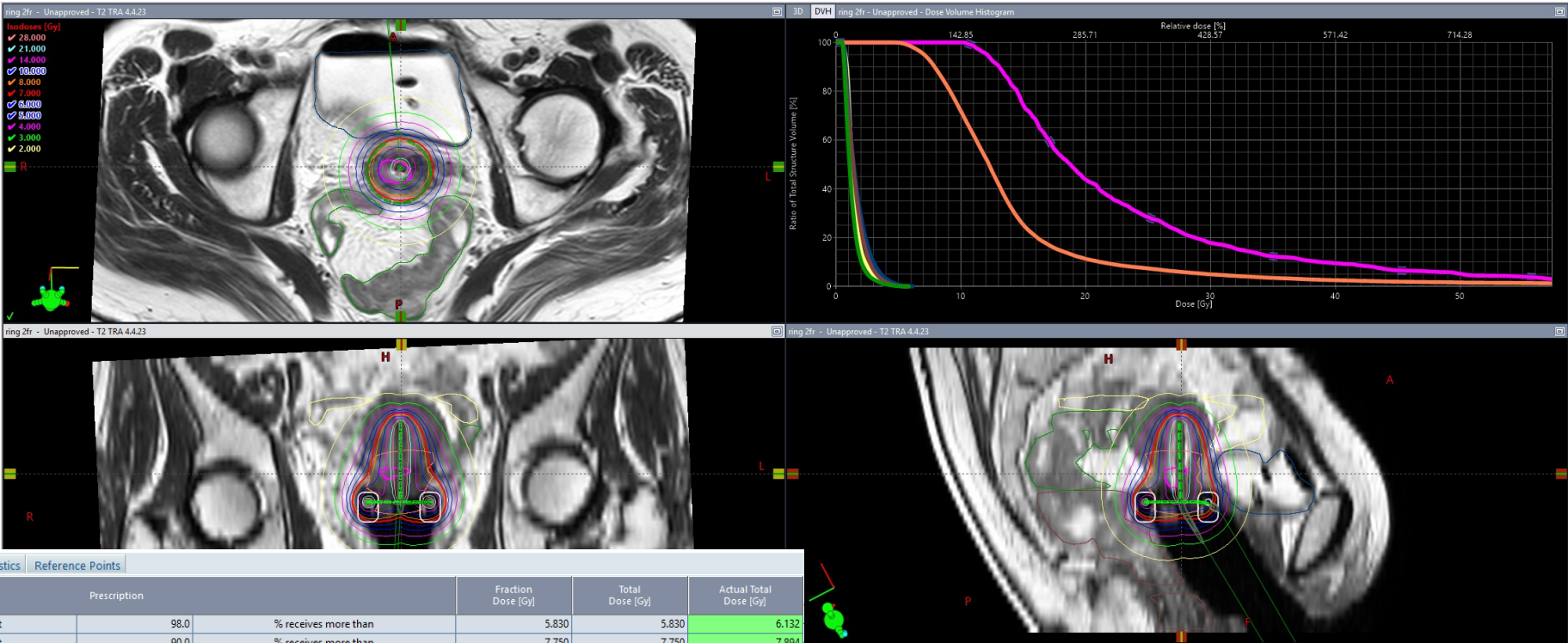
D41									
fx =KDYŽ(D40="";"";D40*(D40+10)/(2+10))									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
30	PDiso [$\alpha/\beta=10\text{Gy}$]			9,92	9,92	9,92	9,92	39,67	83,92
31	PDiso [$\alpha/\beta=3\text{Gy}$]			14,00	14,00	14,00	14,00	56,00	99,20
37	Volume of PD [cm ³]			72,10	68,42	70,31	61,95		
38									
39	GTV [cm ³]			2,38	1,66	2,50	0,60		
40	D98			14,22	13,01	13,05	13,64		
41	D98iso [$\alpha/\beta=10\text{Gy}$]			28,71	24,94	25,06	26,86	105,57	149,82
42									
43	HR CTV [cm ³]			32,49	29,02	33,08	24,86		
44	D98 = MTD			6,86	6,53	6,75	7,24		
45	D98iso [$\alpha/\beta=10\text{Gy}$]			9,64	9,00	9,42	10,39	38,45	82,70
46	D90			8,29	7,75	7,84	8,46		
47	D90iso [$\alpha/\beta=10\text{Gy}$]			12,64	11,47	11,66	13,01	48,77	93,02
48	V100 = volume of PD [%]			97,48	95,53	96,72	98,82		
49									
50	IR CTV [cm ³]			106,60	92,93	100,70	84,28		
51	D98			3,75	3,81	3,91	4,18		
52	D98iso [$\alpha/\beta=10\text{Gy}$]			4,30	4,39	4,52	4,95	18,15	62,40
53									
54	Point A right [Gy]			6,01	5,98	5,92	5,66		
55	Point A left [Gy]			5,97	6,03	5,91	5,84		
56	Dmean iso [$\alpha/\beta=10\text{Gy}$]			7,98	8,01	7,84	7,55	31,38	75,63
57									
58	BLADDER [cm ³]			97,09	116,83	91,86	77,05		
59	Dose 2.0 cm ³			5,36	5,32	5,39	4,97		
60	Dose 2.0 cm ³ iso [$\alpha/\beta=3\text{Gy}$]			8,96	8,85	9,04	7,92	34,78	77,98
61									
62	RECTUM [cm ³]			38,28	36,32	35,66	49,77		
63	Dose 2.0 cm ³			2,85	3,78	3,34	3,49		
64	Dose 2.0 cm ³ iso [$\alpha/\beta=3\text{Gy}$]			3,33	5,13	4,24	4,53	17,23	60,43
65									
66	SIGMOID [cm ³]			26,06	37,69	41,38	26,91		
67	Dose 2.0 cm ³			3,31	2,78	3,68	2,68		
68	Dose 2.0 cm ³ iso [$\alpha/\beta=3\text{Gy}$]			4,18	3,21	4,92	3,04	15,35	58,55
69									
70	BOWEL [cm ³]			24,81	29,13	24,19	24,77		
71	Dose 2.0 cm ³			1,76	1,31	1,54	1,49		
72	Dose 2.0 cm ³ iso [$\alpha/\beta=3\text{Gy}$]			1,68	1,13	1,40	1,34	5,54	48,74
73									
74	Recto-vaginal point [Gy]			4,80	3,85	3,98	3,21		
75				7,49	5,27	5,56	3,99	22,31	65,51
76	PIBS + 2cm [Gy]			1,99	2,29	2,05	2,45		
77				1,99	2,42	2,07	2,67		
78									

Stanovení dávkových kritérií pro plánování

$$EQD2 = D \left[\frac{\alpha/\beta + d}{\alpha/\beta + 2} \right]$$

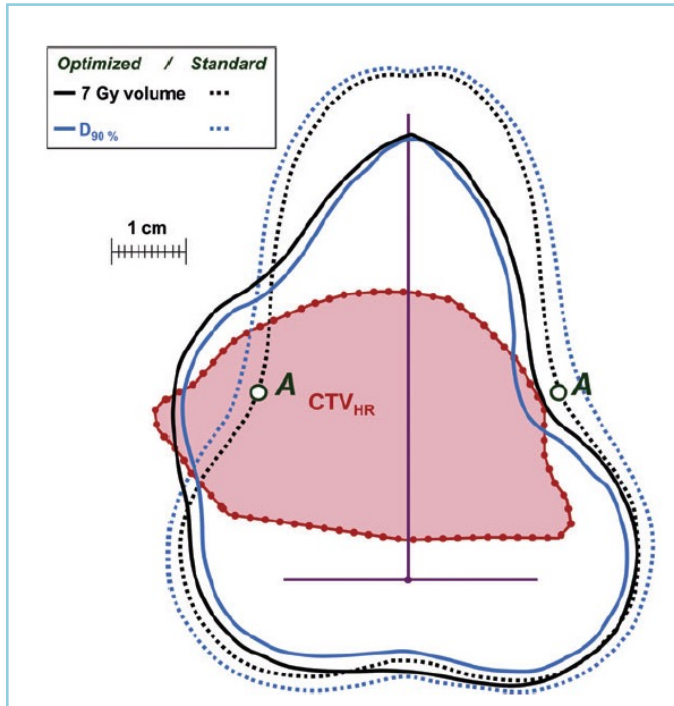
z požadované hodnoty EQD2 je nutno stanovit pro každou strukturu fyzikální dávku **d** pro každou jednotlivou frakci BT

$\alpha/\beta = 3$ pro kritické orgány
 $\alpha/\beta = 10$ pro nádor



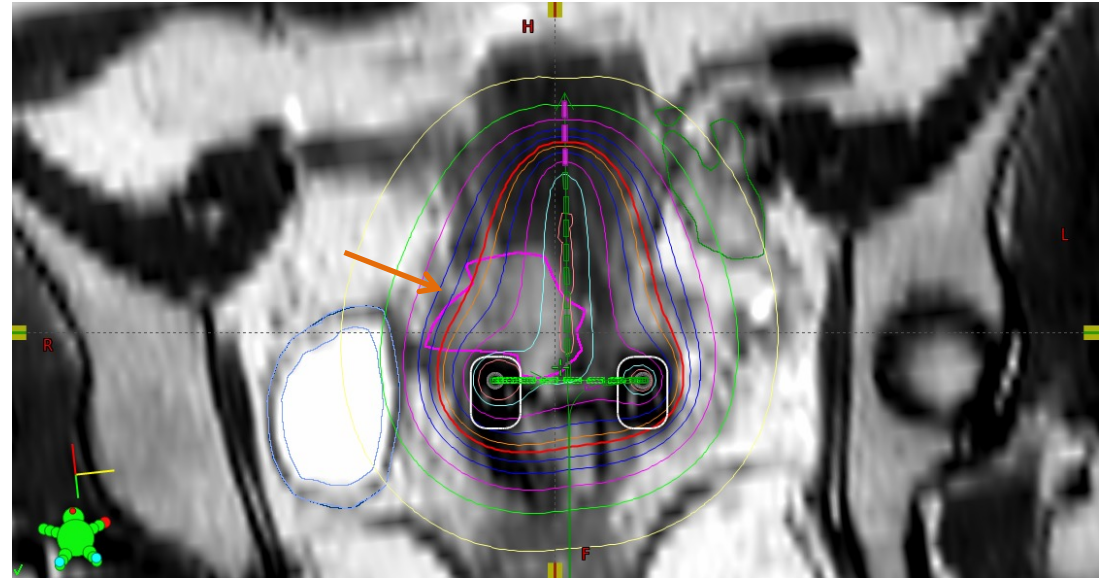
Structure	Index		Target Value	Actual Value
bladder	D2.00cc [Gy]	is less than	5.40	4.30
bladder	D2.00cc [Gy]	is less than	6.25	4.30
bowel	D2.00cc [Gy]	is less than	4.45	3.48
bowel	D2.00cc [Gy]	is less than	4.95	3.48
rectum	D2.00cc [Gy]	is less than	3.90	3.67
rectum	D2.00cc [Gy]	is less than	4.95	3.67
sigmoideum	D2.00cc [Gy]	is less than	4.45	3.14
sigmoideum	D2.00cc [Gy]	is less than	4.95	3.14

Preplanning – návrh jehel

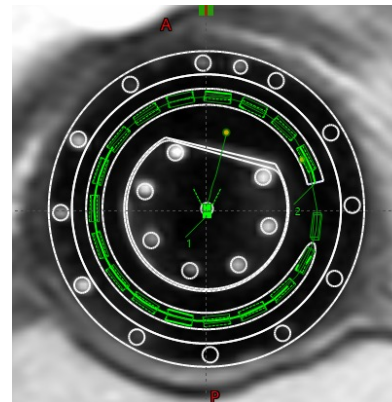


Schematické znázornění případu, kdy nelze adekvátně ozářit cílový objem pouze intrakavitárním aplikátorem

ICRU Report No 8g Prescribing, recording, and reporting brachytherapy for cancer of the cervix. Journal of the ICRU, Volume 13, No1-2 2013, str. 121



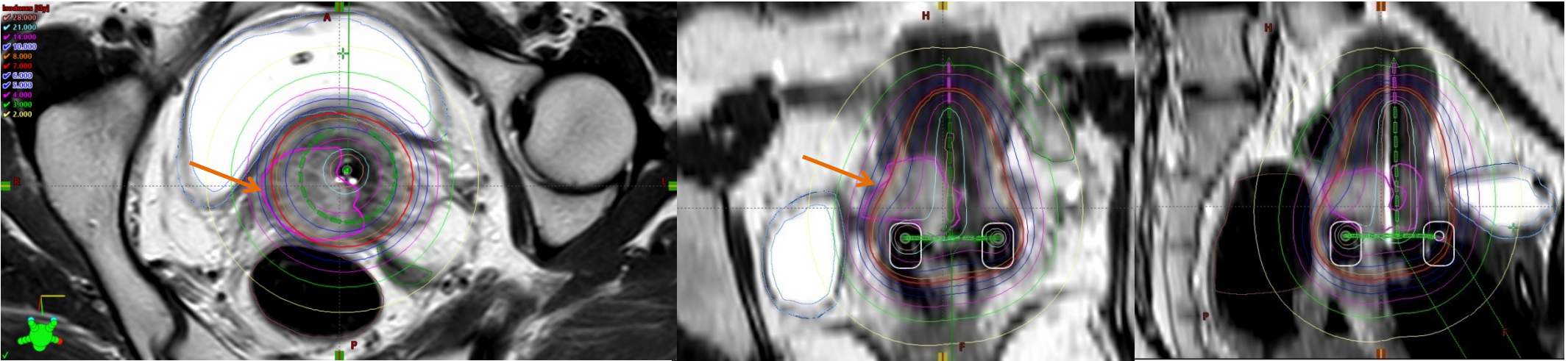
GTV (znázorněno růžovou barvou) promínuje laterálně – pomocí intrakavitárního aplikátoru nelze dodat předepsanou dávku - je nutno přidat intersticiální jehly



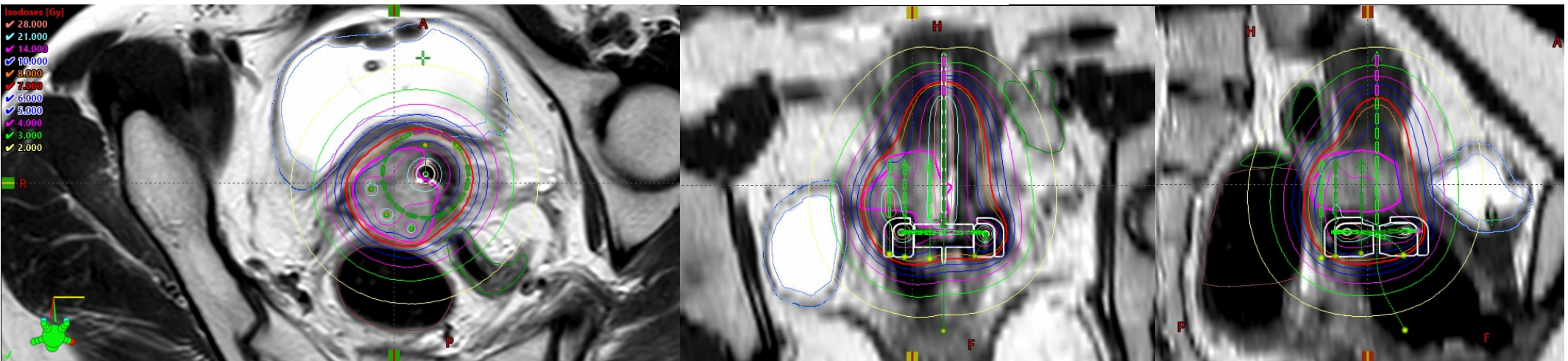
Je třeba stanovit:

- počet jehel
- umístění jehel
- vzdálenost, do které mají být jehly zavedeny do tkáně

Preplanning – návrh jehel



1. frakce brachyterapie – použit ring aplikátor – GTV není ozářen předepsanou



Preplanning pro následující frakce – přidány 3 intersticiální jehly do otvorů v návleku v ringu



Děkuji za pozornost

