



FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

PRVNÍ ZKUŠENOSTI S LOOP-X

Ivo Šimperský, Jaroslav Storm
Aneta Lhotová, Tomáš Hosszú

Radiologická klinika
Neurochirurgická klinika

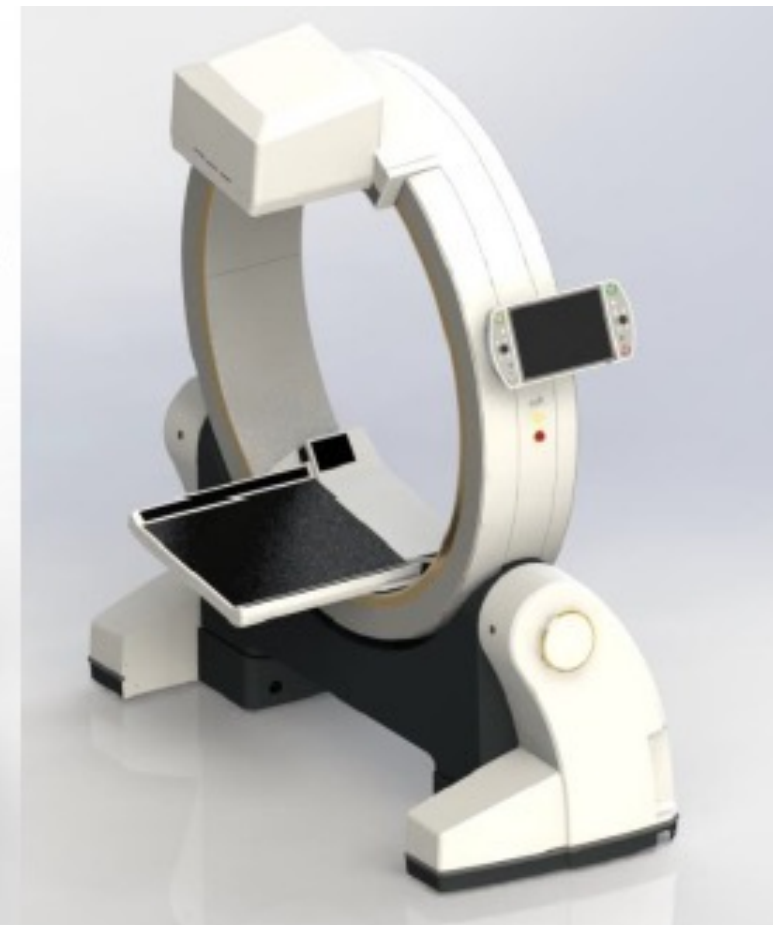
11. Konference radiologické fyziky, Ostrava 19.-21. duben 2023



FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

SKIASKOPIE
SKIAGRAFIE
CBCT

Mobilní zařízení LOOP-X je digitální rentgenový systém, podporuje jak 2D planární rentgenové snímání, tak pořizování 3D obrazu pomocí výpočetní tomografie pyramidovým paprskem (CBCT) a rekonstrukci vybraných anatomických oblastí zájmu.

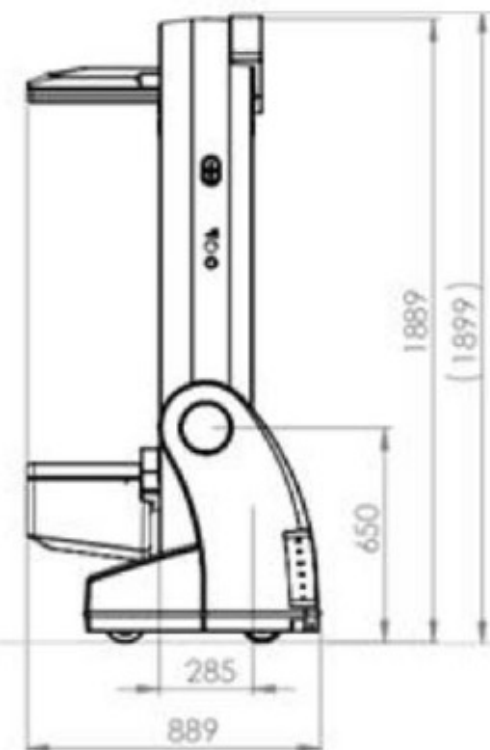
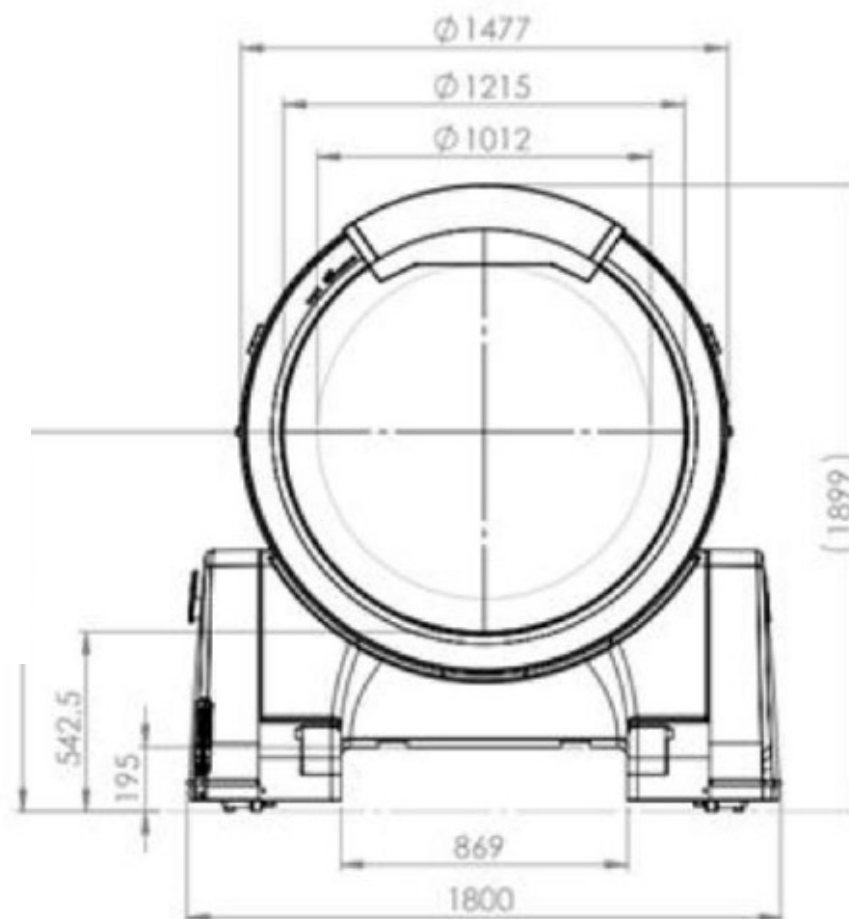


Obrázek 1: Dvě varianty IRm (vlevo) a Loop-X (vpravo)



FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

- ✓ Extrémně velký otvor gantry (121 cm)
- ✓ mimořádně velké zorné pole (FOV)
- ✓ IORT, brachyterapie, IGRT (částice), intervenční radiologie, chirurgie
- ✓ Manévrování pomocí akumulátoru





FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ



- ✓ 40 – 120 kV, 5 – 80 mA
- ✓ AEC pro topogram a planární zobrazení
- ✓ Detektor CsI(Tl), 43,2 x 43,2 cm, max. 2880 x 2880 (150 μ m)
- ✓ Rozsah rotace zdroje až 645°
- ✓ Náklon portálu +90° / -90° ($\pm 30^\circ$ pro 360° CBCT)
- ✓ Výkon - malé ohnisko: 6 kW, velké ohnisko: až 25 kW, (obvykle < 2 kW)
- ✓ Bezdrátové dálkové ovládání
- ✓ Robotické pohyby

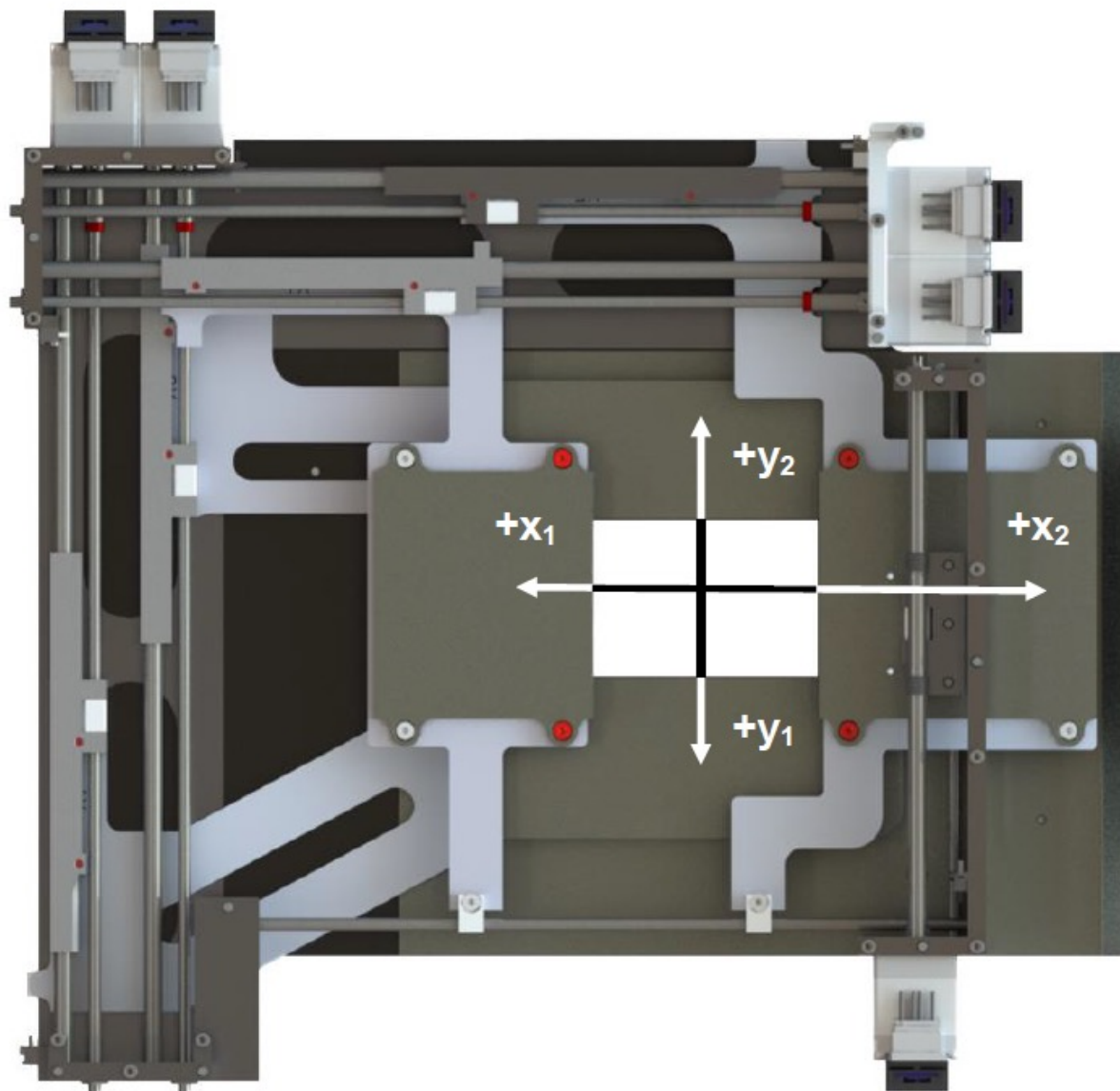




FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

KOLIMACE

- ✓ Zorné pole
3 x 3 - 25,4 x 25,4 (48) cm



Obrázek 40: Kolimátor s clonami (X1, X2, Y1, Y2) v perspektivě pohledu paprskového oka (při pohledu z rentgenového ohniska)

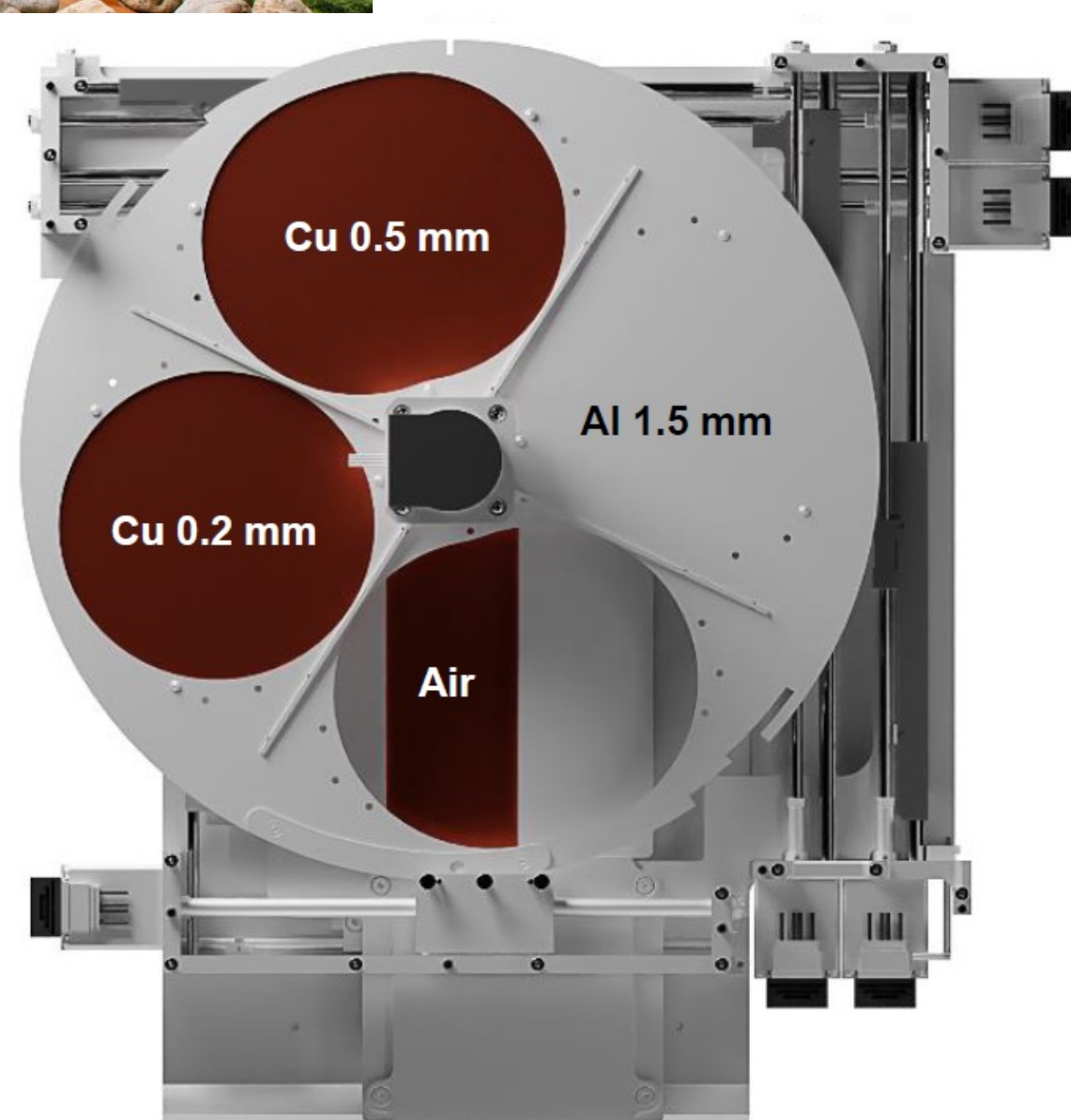


FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

FILTRACE

✓ Filtrace 4,4 mm Al + přídatná filtrace:

- 0,5 mm Cu (13,0 mm Al ekv.)
- 1,5 mm Al (1,5 mm Al ekv.)
- 0,2 mm Cu (5,2 mm Al ekv.)
- 2 bow-tie filtry s 0,3 mm Cu



Obrázek 41: Filtrační kolo se 4 typy filtrů pro různé rentgenové energie (kVp)



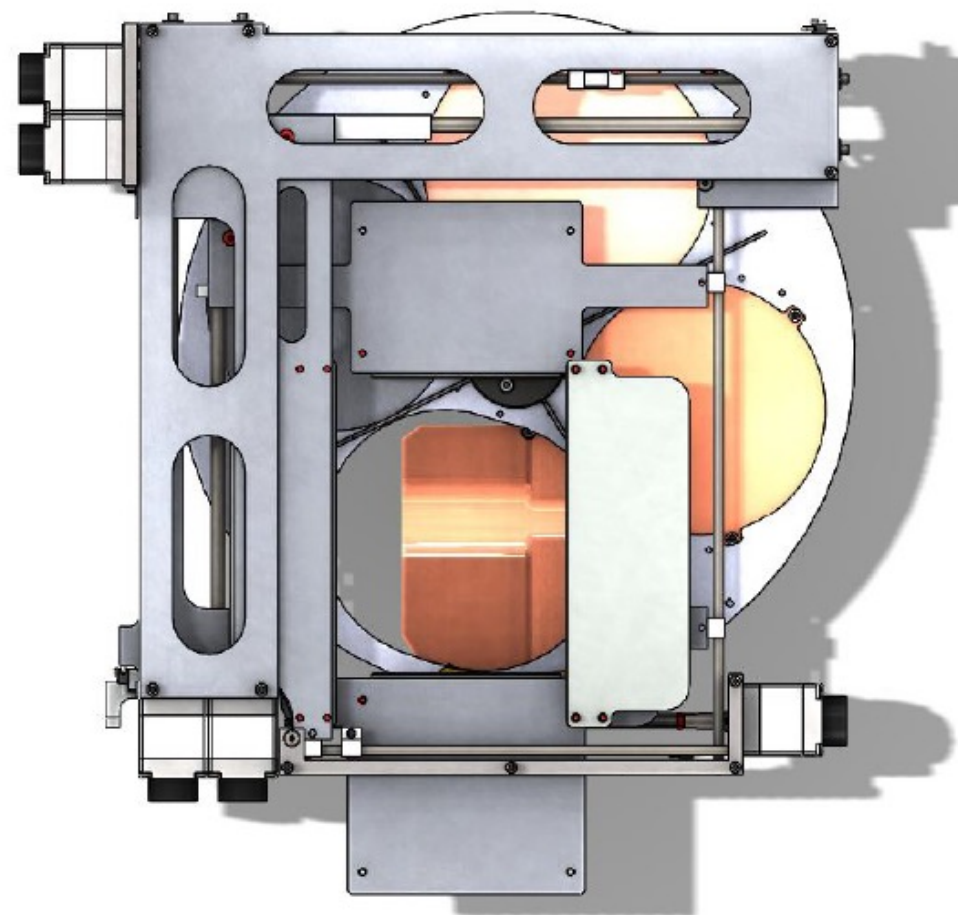
FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

MOTÝLKOVÉ FILTRY

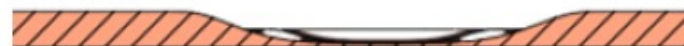
Bow-tie filtr 15 cm, 30 cm

0,3 mm uprostřed (další filtrace Cu).

Je optimalizován pro válcovité předměty
15, 30 cm (pro hlavu a tělo).



Obrázek 43: Vozík filtru přesunut do polohy „Motýlkový filtr 30 cm“





FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

ČÁROVÉ LASERY DETEKTORU

- ✓ Pohyblivé lasery pro definování rozsahu skenování a pro plánování řezů
- ✓ 2D jednotlivé obrázky, 2D fluoroskopie
- ✓ 3D – CBCT skenování (360°)
- ✓ Izocentrické zobrazování a kolimace
- ✓ Neizocentrické zobrazování a kolimace
- ✓ Rekonstrukce v reálném čase



Obrázek 52: Vizualizace indikace FOV



STANOVENÍ DÁVKY PACIENTA

CBCT CBDlw objemový index CB

Název předvolby	Kontrast	Energie [kV]	Pracovní režim [(P)ulzní / (C) Nepřetržitý	Proud trubice [mA]	Délka pulzu [ms]	Čas pořízení [s]	Počet snímků	Součin proudu a času [mAs]	DED na snímek [μGy / snímek]	DED na skenování [μGy]	FOV x v izocentru [cm]	FOV y v izocentru [cm]	Plocha FOV v izocentru [cm²]	DAP [cGy cm²]	Odhadovaný CBDIW [mGy]
Hlava nízko	Nízký kontrast [LC]	80	P	10	35	35	325	114	15	4 877,25	22	22	484	679,40	8,52
Hlava uprostřed	Nízký kontrast [LC]	80	P	10	35	70	650	228	15	9 754,50	22	22	484	1 358,81	17,03
Hlava vysoko	Nízký kontrast [LC]	80	P	10	35	140	1 301	455	15	19 509,00	22	22	484	2 717,61	34,07
Hlava nízko	Vysoký kontrast [HC]	120	P	10	10	35	325	33	9	2 926,35	25	25	625	526,40	6,00
Hlava uprostřed	Vysoký kontrast [HC]	120	P	10	20	35	325	65	19	6 177,85	25	25	625	1 111,28	12,00
Hlava vysoko	Vysoký kontrast [HC]	120	P	10	35	40	372	130	32	11 891,20	25	25	625	2 139,01	24,01
Hlava nízko	Nízký kontrast [LC]	80	P	10	35	35	325	114	15	4 877,25	22	22	484	679,40	8,52



FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

STANOVENÍ DÁVKY PACIENTA
CBCT

OVĚŘENÍ POMOCÍ PCXMC

DefForm []

File

Main menu New Form Open Form Save Form Save Form As ... Print As Text

Header text

Phantom data

Age: ☐ 0 ☐ 1 ☐ 5 ☐ 10 ☐ 15 ☒ Adult Phantom height: 159 Standard: 178.6 Phantom mass: 70 Standard: 73.2 ☒ Arms in phantom

Geometry data for the x-ray beam

FSD	Beam width	Beam height	Xref	Yref	Zref
80.00	20.00	20.00	0.0000	0.0000	60.0000

Projection angle: 270.00 Cranio-caudal angle: 0.00

LATR=180 AP=270 (pos) Cranial X-ray tube
LATL=0 PA=90 (neg) Caudal X-ray tube

☒ Draw x-ray field

Draw Update Field Stop

MonteCarlo simulation parameters

Max energy (keV): 150 Number of photons: 20000

Field size calculator

FID: 110 Image width: 18 Image height: 24 Calculate

Phantom exit- image distance: 5.0

FSD: Beam width: Beam height: Use this data

☒ Skeleton ☒ Brain ☒ Heart ☒ Testes ☒ Spleen ☒ Lungs ☒ Ovaries ☒ Kidneys ☒ Thymus ☒ Stomach ☒ Salivary glands ☒ Oral mucosa ☒ Pancreas ☒ Uterus ☒ Liver ☒ Upper large intestine ☒ Lower large intestine ☒ Small intestine ☒ Thyroid ☒ Urinary bladder ☒ Gall bladder ☒ Oesophagus ☒ Prostate ☒ Pharynx/trachea/sinus

Rotation increment: + 30 View angle: 30

Quick Sharp



FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

STANOVENÍ DÁVKY PACIENTA - CBCT OVĚŘENÍ POMOCÍ PCXMC

EXCEL, MAKRO VBA

Načtení parametrů
z DICOM souborů

Možnost korekce polohy Z
podle snímků

Výpočet orgánových dávek a
efektivní dávky z jednotlivých
úhlů pomocí PCXMC

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	AA	AB	AC
- vložit hodnoty vyšetření pacientů od řádku 6 do žlutých buněk										projection) in the columns with yellow script: press <ctrl>d													
- spustit macro Výpočet orgánových a efektivních dávek										Výpočet orgánových a efektivních dávek													
- na dotaz zapsat číslo posledního řádku s daty pacientů (6 a dále)																							
- makro spočítá dávky a vloží je do buněk vedle buněk zadání na listu Examination data, a vymaže adresáře a soubory																							
Hospital	Examination	Projection (AP,PA,LATL, LATR or num.angle)	Oblique angle	Patient number	Patient height (cm), (reference size=0)	Patient weight (kg), (reference size=0)	Patient age (0,1,5,10, 15,30)	X-ray tube voltage (kV)	Filtration (mm Al)	Additional filter (mm Cu)	FSD (cm)	X-ray beam width (cm, at FSD)	X-ray beam height (cm, at FSD)	Xref	Yref	Zref	Arms in phantom (1 or 0)	Input dose quantity (EAK,EE,DA P,EAP or MAS)	Input dose value	Further notes	Effective Dose ICRP103 [mSv]	Effective Dose ICRP60 [mSv]	
0832DAP2	2	180	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	24,0	24,0	0	0	40	0	DAP	95,3		0,0257	0,021	
0832DAP3	3	180	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	24,0	24,0	0	0	40	0	DAP	45,5		0,0123	0,010	
0832DAP4	4	90	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	24,0	24,0	0	0	40	0	DAP	46,8		0,0171	0,016	
0832DAP5	5	279	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	19,4	19,4	0	0	40	0	DAP	2565,6		1,8130	1,522	
0832DAP6	6	259	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	19,4	19,4	0	0	40	0	DAP	2565,6		1,7166	1,428	
0832DAP7	7	240	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	19,4	19,4	0	0	40	0	DAP	2565,6		1,7899	1,333	
0832DAP8	8	220	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	19,4	19,4	0	0	40	0	DAP	2565,6		1,6194	1,225	
0832DAP9	9	200	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	19,4	19,4	0	0	40	0	DAP	2565,6		1,3743	1,048	
0832DAP10	10	181	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	19,4	19,4	0	0	40	0	DAP	2565,6		1,0158	0,851	
0832DAP11	11	161	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	19,4	19,4	0	0	40	0	DAP	2565,6		0,8509	0,8024	
0832DAP12	12	141	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	19,4	19,4	0	0	40	0	DAP	2565,6		0,9773	0,9836	
0832DAP13	13	122	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	19,4	19,4	0	0	40	0	DAP	2565,6		1,1154	1,1217	
0832DAP14	14	102	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	19,4	19,4	0	0	40	0	DAP	2565,6		1,2244	1,2046	
0832DAP15	15	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	26,1	26,1	0	0	40	0	DAP	107,9		0,0368	0,0351	
0832DAP16	16	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	26,1	26,1	0	0	40	0	DAP	1737,9		0,5931	0,5646	
0832DAP17	17	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	26,1	26,1	0	0	40	0	DAP	180,8		0,0617	0,0588	
0832DAP18	18	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	18,8	18,8	0	0	40	0	DAP	137,6		0,0531	0,0530	
0832DAP19	19	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	18,8	18,8	0	0	40	0	DAP	215,8		0,0833	0,0831	
0832DAP20	20	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	18,8	18,8	0	0	40	0	DAP	215,3		0,0832	0,0829	
0832DAP21	21	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	18,8	18,8	0	0	40	0	DAP	214,9		0,0830	0,0828	
0832DAP22	22	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	18,8	18,8	0	0	40	0	DAP	225,0		0,0869	0,0866	
0832DAP23	23	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	18,8	18,8	0	0	40	0	DAP	225,1		0,0869	0,0867	
0832DAP24	24	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	18,8	18,8	0	0	40	0	DAP	235,4		0,0909	0,0907	
0832DAP25	25	98	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	18,8	18,8	0	0	40	0	DAP	215,1		0,0831	0,0828	
0832DAP26	26	90	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	25,7	25,7	0	0	40	0	DAP	392,9		0,1374	0,1289	
0832DAP27	27	180	0	1	159	70	30	120	4,4	0,1	60	25,7	25,7	0	0	40	0	DAP	174,5		0,0428	0,0351	
0832DAP28	28	82	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	16,7	16,7	0	0	40	0	DAP	1950,0		0,9356	0,9389	
0832DAP29	29	102	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	16,7	16,7	0	0	40	0	DAP	1950,0		0,9217	0,9396	
0832DAP30	30	121	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	16,7	16,7	0	0	40	0	DAP	1950,0		0,8782	0,9155	
0832DAP31	31	141	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	16,7	16,7	0	0	40	0	DAP	1950,0		0,7925	0,8047	
0832DAP32	32	161	0	1	159	70	30	120	4,4	0,6	60	16,7	16,7	0	0	40	0	DAP	1950,0		0,725	0,6860	



FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

STANOVENÍ DÁVKY PACIENTA - CBCT

OVĚŘENÍ POMOCÍ PCXMC

EXCEL, MAKRO VBA

Načtení parametrů
z DICOM souborů

Možnost korekce polohy Z
podle snímků

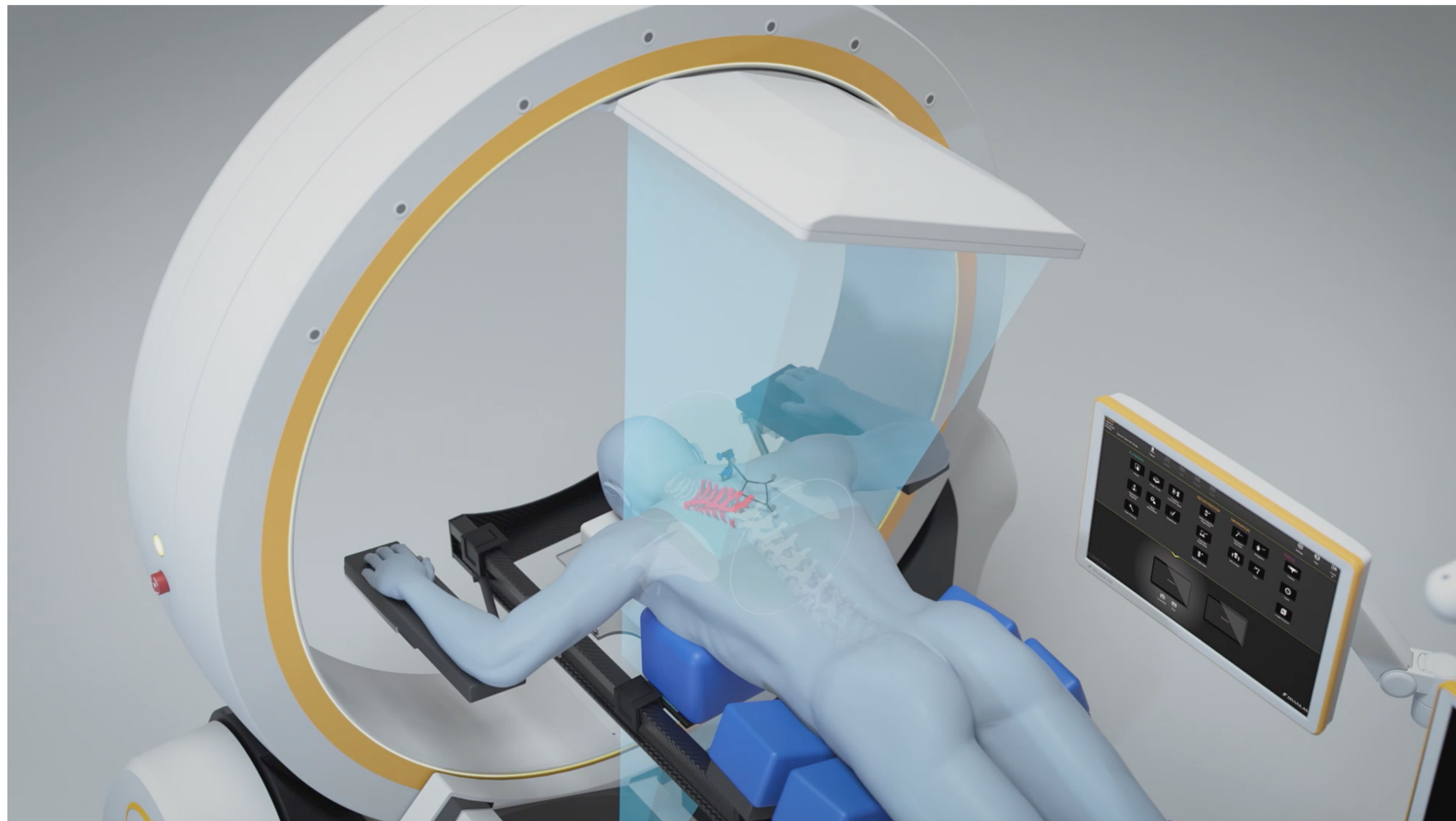
Výpočet orgánových dávek a
efektivní dávky z jednotlivých
úhlů pomocí PCXMC

	T	U	AA	AB	AC	AD	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	
			Efektivní dávka ICRP103 [mSv]	Chyba efektivní dávky ICRP103 [%]	Efektivní dávka ICRP60 [mSv]	Chyba efektivní dávky ICRP60 [%]	Aktivní kostní dřeň (mGy)	chyba ABM (%)	Nadledviny (mGy)	Chyba nadledvinek (%)	mozek (mGy)	Mozková chyba (%)	Prsa (mGy)	Chyba prsou (%)	tlusté střevo (mGy)	Chyba tlustého střeva (%)	Ex
	Input dose value	Effective Dose ICRP103 [mSv]	Effective Dose ICRP103 Error [%]	Effective Dose ICRP60 [mSv]	Effective Dose ICRP60 Error [%]	Active bone marrow (mGy)	ABM error (%)	Adrenals (mGy)	Adrenals error (%)	Brain (mGy)	Brain error (%)	Breasts (mGy)	Breasts error (%)	Colon (mGy)	Colon error (%)	Ex	
4	735,0	0,0807	1,3	0,094	2,6	0,085342	0,9	0,037217	12	0,000048	48,8	0,00577	13,7	0,216348	1,4		
5	48,6	0,0053	1,3	0,006	2,6	0,005644	0,9	0,002461	12	0,000003	48,8	0,000382	13,7	0,014309	1,4		
6	57,7	0,0118	1	0,014	1,7	0,026586	0,5	0,011713	8,7	0,000006	64,3	0,000292	11,3	0,019909	1,5		
7	1537,9	0,3067	1	0,342	2	0,557563	0,6	0,149772	11,4	0,000072	59,7	0,009757	16,3	0,862172	1,2		
8	1537,9	0,3501	1,1	0,4279	2	0,869286	0,5	0,30348	9,2	0,000158	49,3	0,008462	12,7	0,723898	1,6		
9	1537,9	0,4191	0,9	0,5205	1,6	1,074849	0,4	0,21991	9,8	0,0001	53	0,007172	12,5	0,809086	1,4		
10	1537,9	0,4454	1	0,5461	1,7	1,164851	0,4	0,242092	9,3	0,000047	53,9	0,008313	12,7	0,781726	1,6		
11	816,1	0,0832	1	0,0942	1,7	0,091062	1	0,078965	15	0,000061	71,1	0,005806	10,5	0,221464	1,7		
12	1362,2	0,5127	1	0,6311	1,7	0,171265	1	0,120162	14,8	0,000064	53,4	0,020802	8,8	1,549693	1		
13	1362,2	0,4954	1	0,6123	1,8	0,168625	1,1	0,179987	10,5	0,000109	45,7	0,017382	9,4	1,637975	1		
14	1362,2	0,4994	1	0,5597	1,8	0,162767	0,9	0,108865	16,2	0,000049	57,7	0,018595	10,4	1,873866	1		
15	1362,2	0,4449	0,9	0,4872	1,6	0,172201	0,8	0,081783	13,1	0,000037	70,5	0,021981	8,3	1,822824	0,9		
16	1362,2	0,3445	1,1	0,3904	2,1	0,231842	0,9	0,073114	15,4	0,00005	76,7	0,018657	8,5	1,314103	1,1		
17	1362,2	0,2949	1,1	0,3434	2	0,301311	0,8	0,088136	13	0,000009	98,6	0,011761	12,3	1,055519	1,3		
18	1362,2	0,2774	1,1	0,3157	2,2	0,495425	0,6	0,118057	11,8	0,000161	50,8	0,007127	14,5	0,800745	1,4		
19	1362,2	0,3084	1,1	0,3727	1,9	0,778328	0,6	0,176975	9,5	0,000188	58,6	0,006926	15,6	0,6647	1,3		
20	1362,2	0,3712	0,9	0,4538	1,6	0,992253	0,5	0,197858	10,8	0,000035	60,7	0,006355	12,5	0,704635	1,5		
21	1362,2	0,3969	1,1	0,4820	2,1	1,093283	0,3	0,176127	11,2	0,000048	55,1	0,005928	15,5	0,714308	1,3		



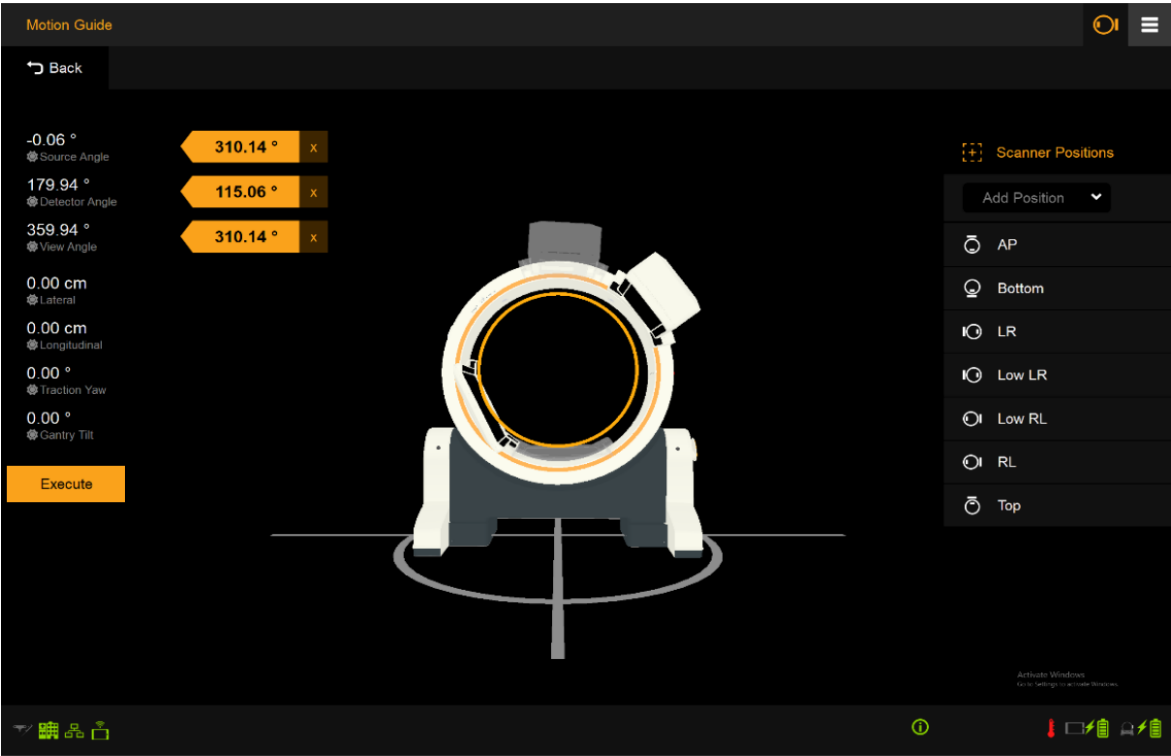
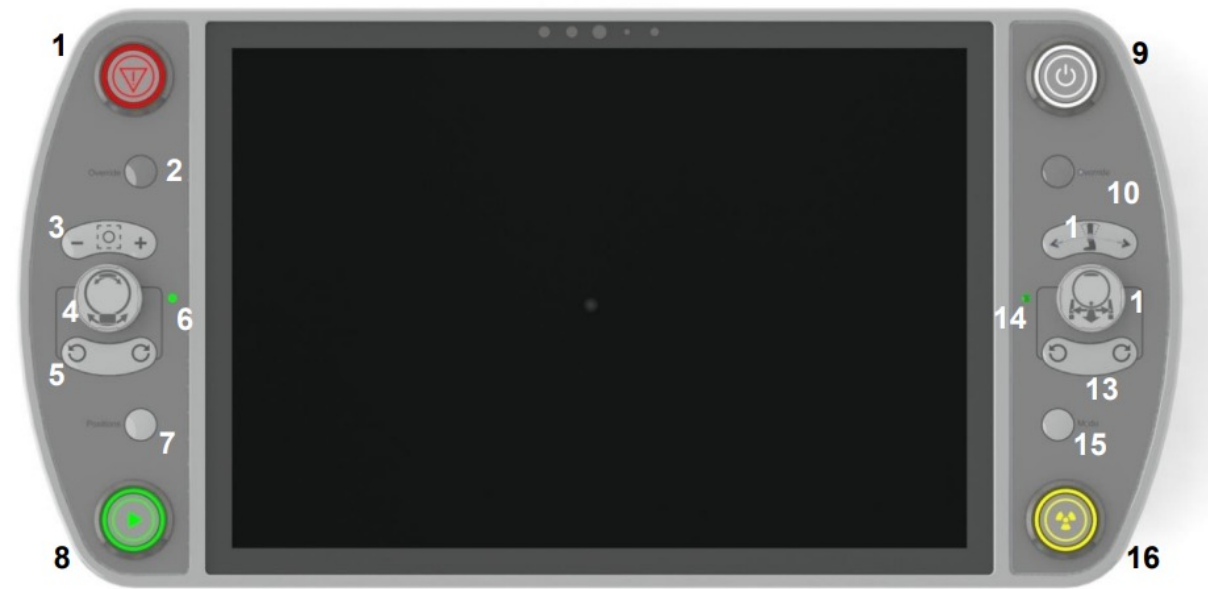
FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

NEUROCHIRURGIE





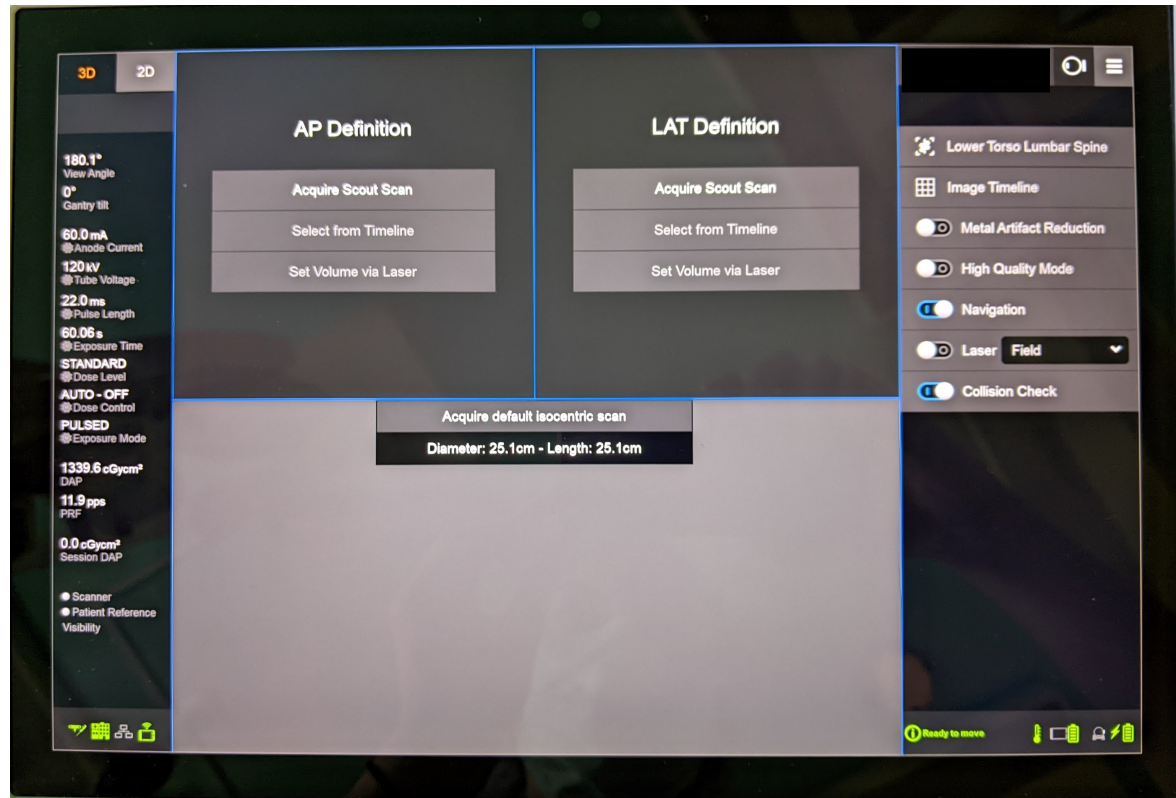
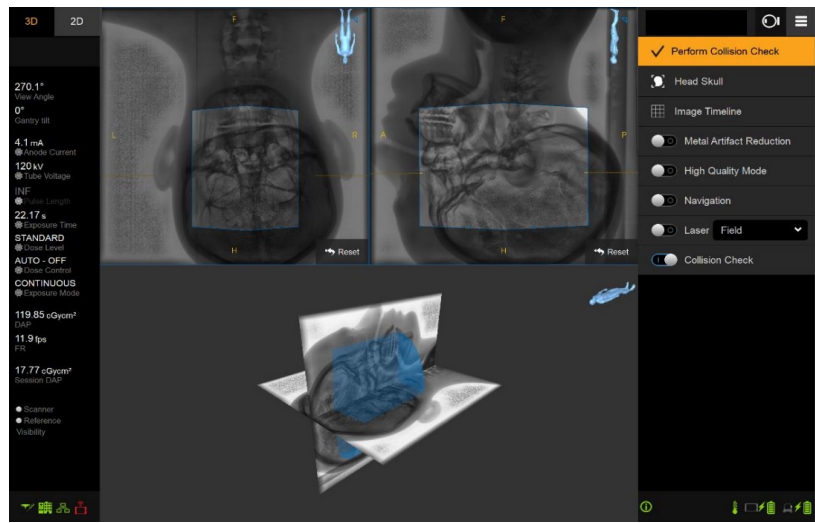
OVLÁDÁNÍ





FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

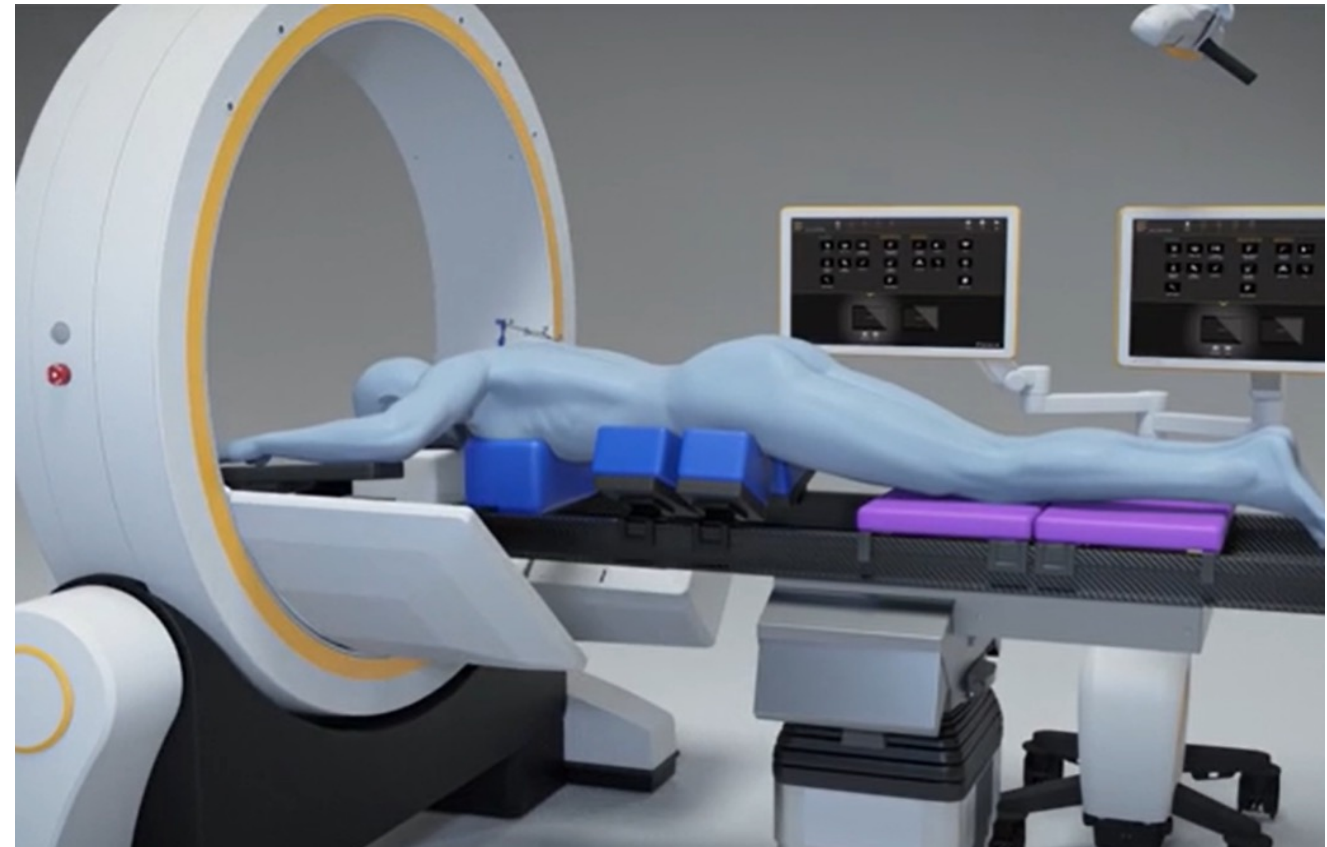
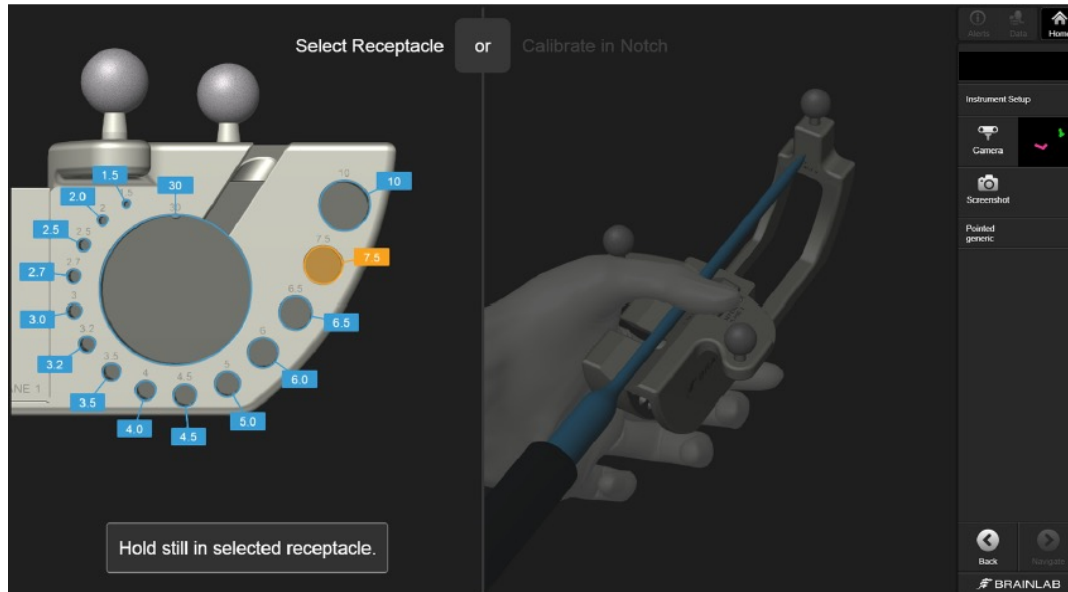
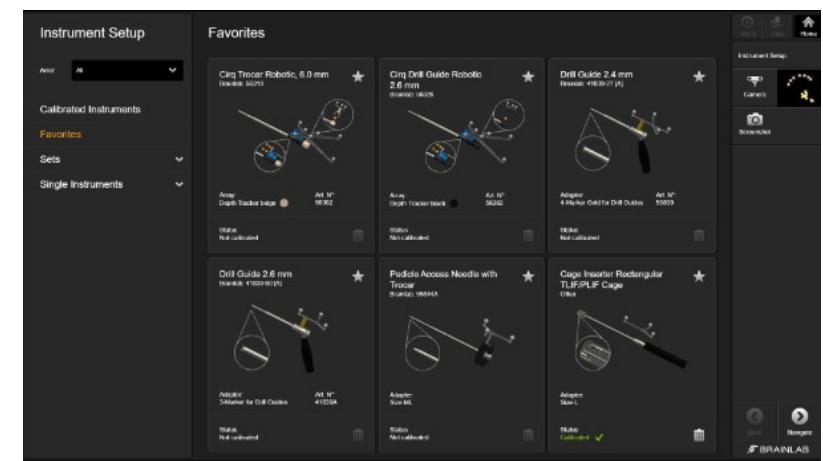
VÝBĚR PROTOKOLU, POLOHY PACIENTA POŘÍZENÍ 3D SKENU





NAVIGOVANÝ 3D SKEN

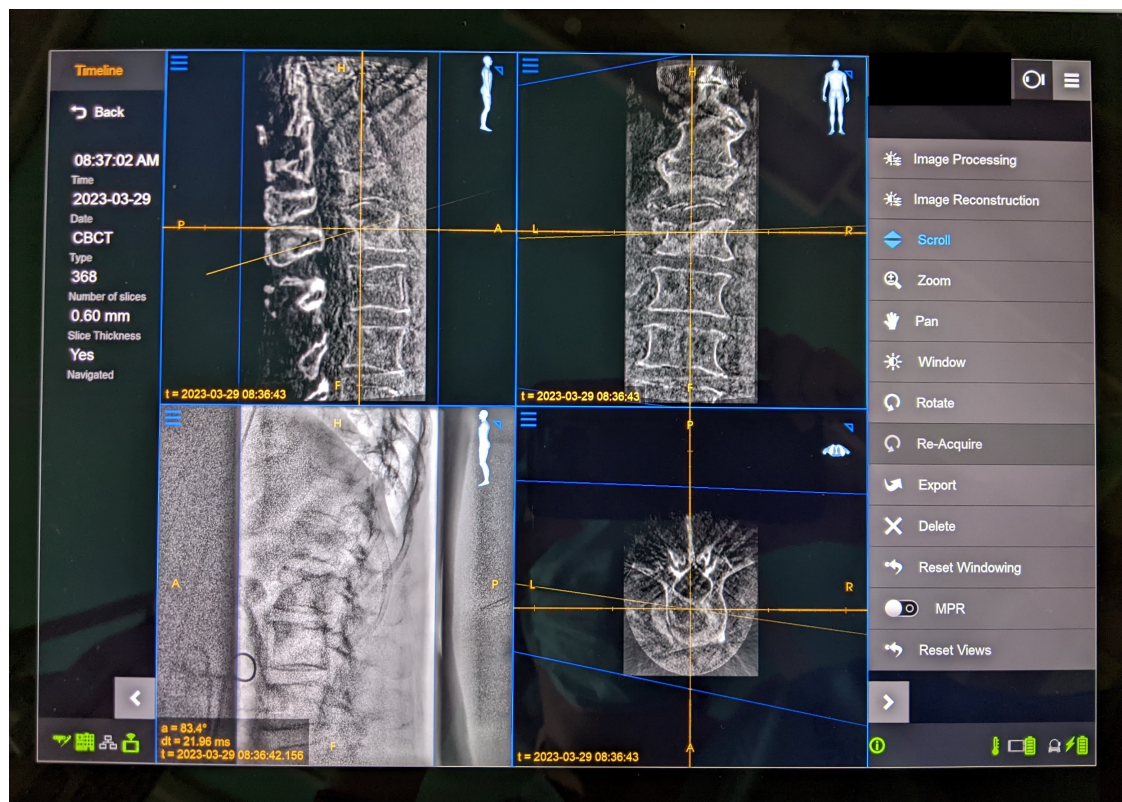
- Umístění reference na trn obratle
- Peroperační 3D sken a registrace
- Ověření přesnosti pomocí ukazovátk
- Kalibrace nástrojů





FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

NAVIGOVANÝ 3D SKEN

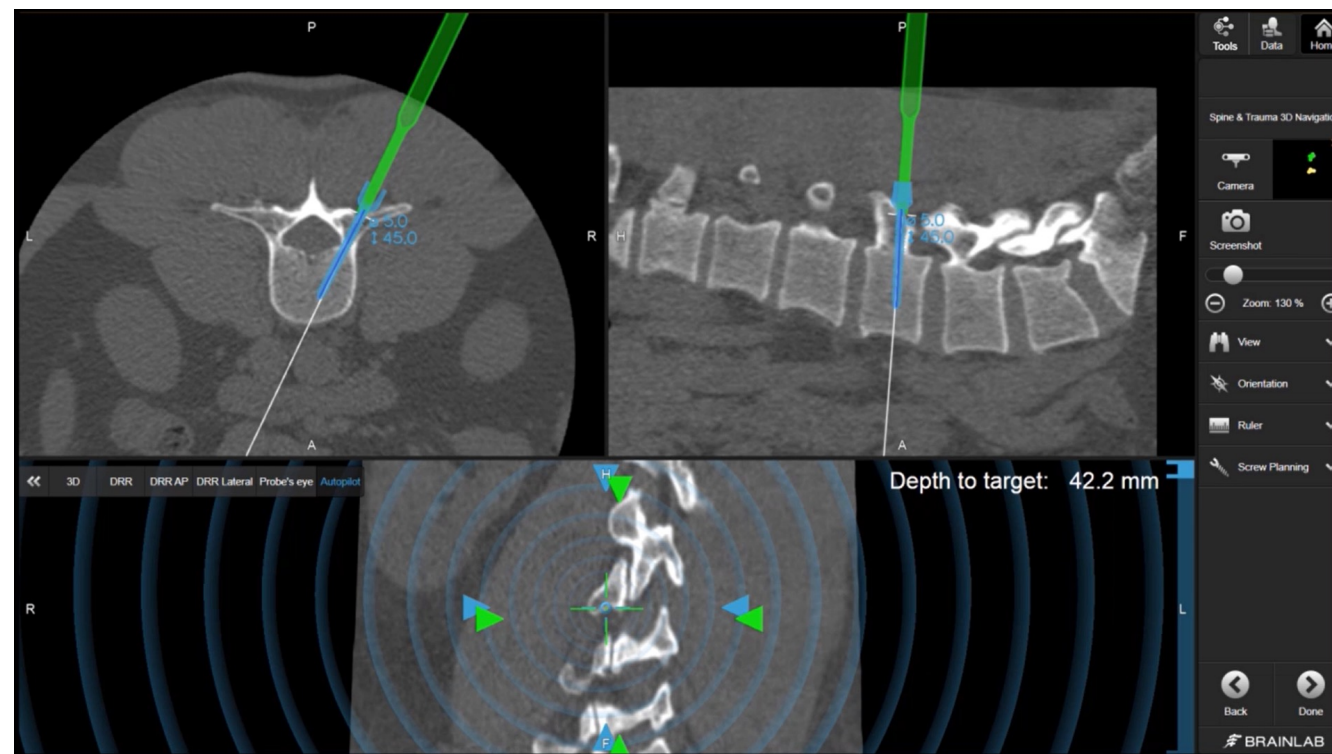
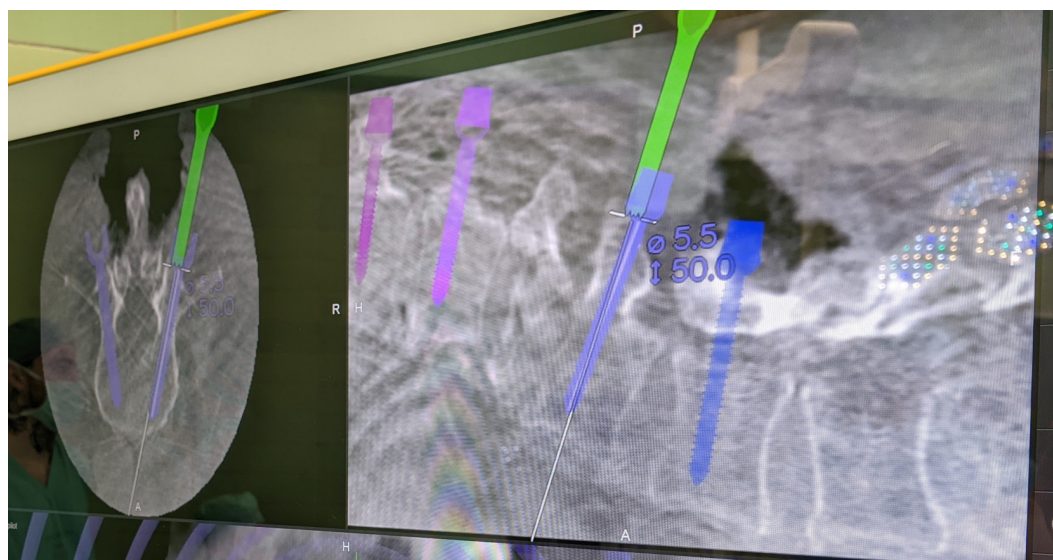




FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

NAVIGACE

- Vizualizace navigovaných nástrojů na 2D snímcích, **3D skenech**, MR nebo CT skenech v reálném čase

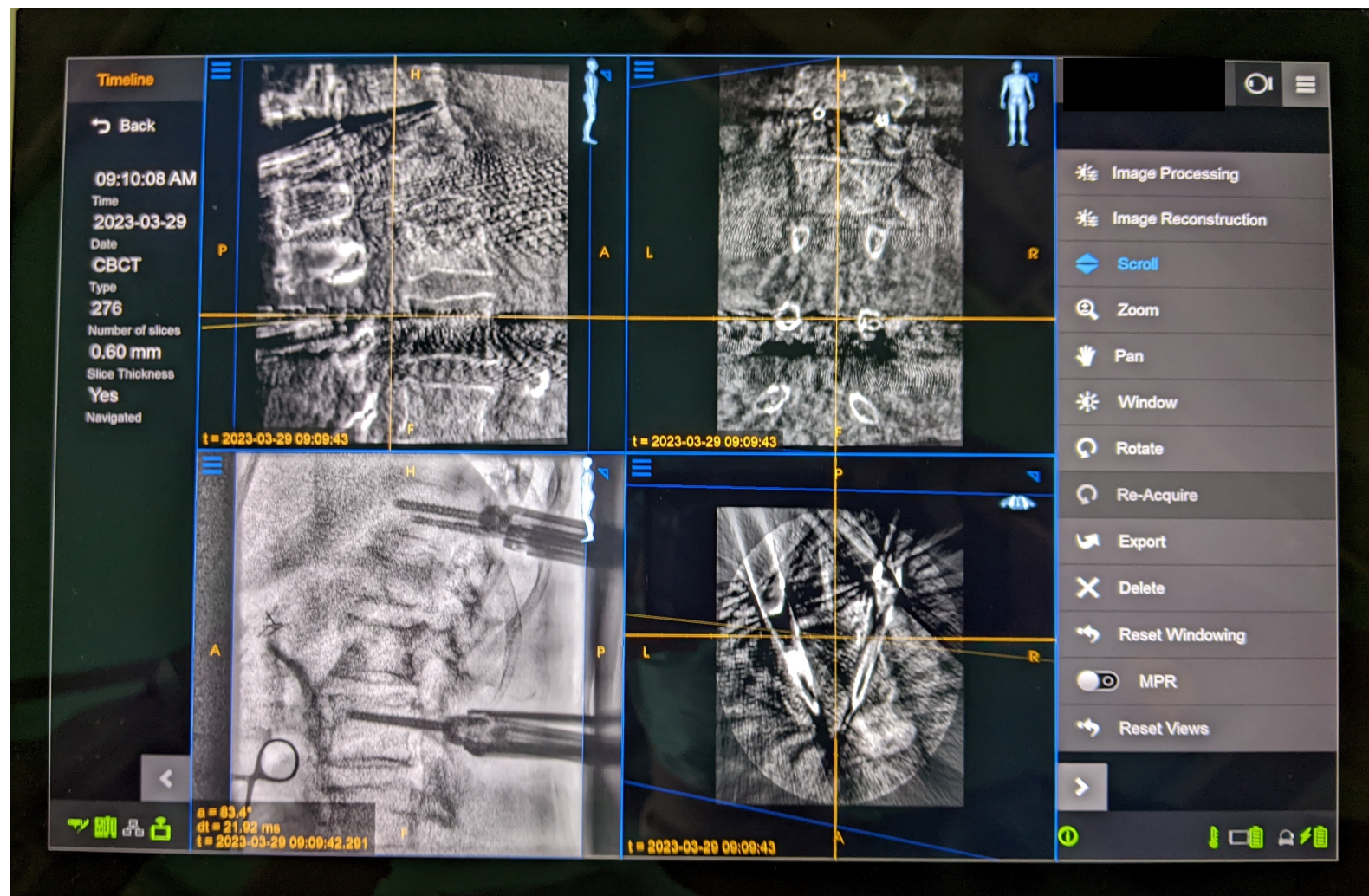




FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

KONTROLNÍ 3D SKEN

- Čitelnost snímků výrazně ovlivňují artefakty způsobené kovovými implantáty
- Pokud je kvalita skenu dostačující pro kontrolu pozice zavedených šroubů - dle uvážení operátora není nutné ověřovat pozici implantátů pooperačním CT
- Ve většině případů pro tyto účely kvalita 3D skenu postačuje

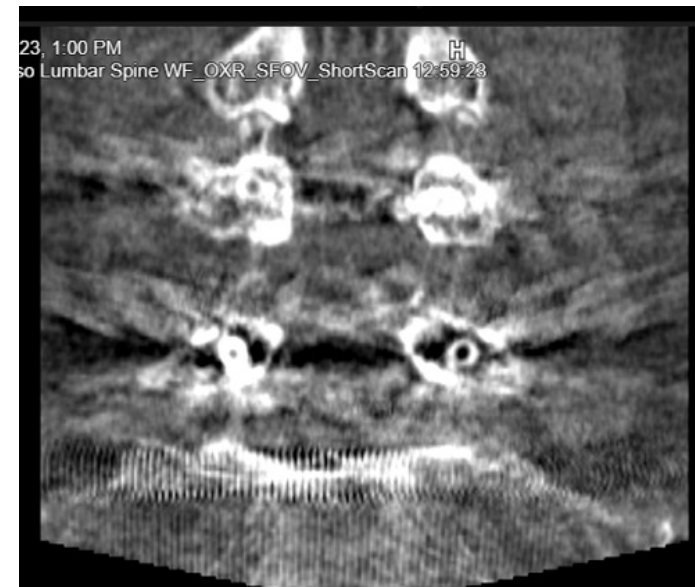




FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

OPTIMALIZACE PACIENTSKÝCH DÁVEK

- ✓ Přednastavené 3D protokoly
 - ✓ anatomická oblast
 - ✓ výška a hmotnost pacienta
- ✓ Po 25% redukci proudu
 - ✓ kvalita diagnostické informace zachována
 - ✓ redukce artefaktů v oblasti kovových implantátů
- ✓ Další možnosti
 - ✓ vymezení oblasti zájmu
 - ✓ využití Bow-tie filtrů
 - ✓ úpravy expozičních parametrů
 - ✓ ...





FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

PŘÍNOSY

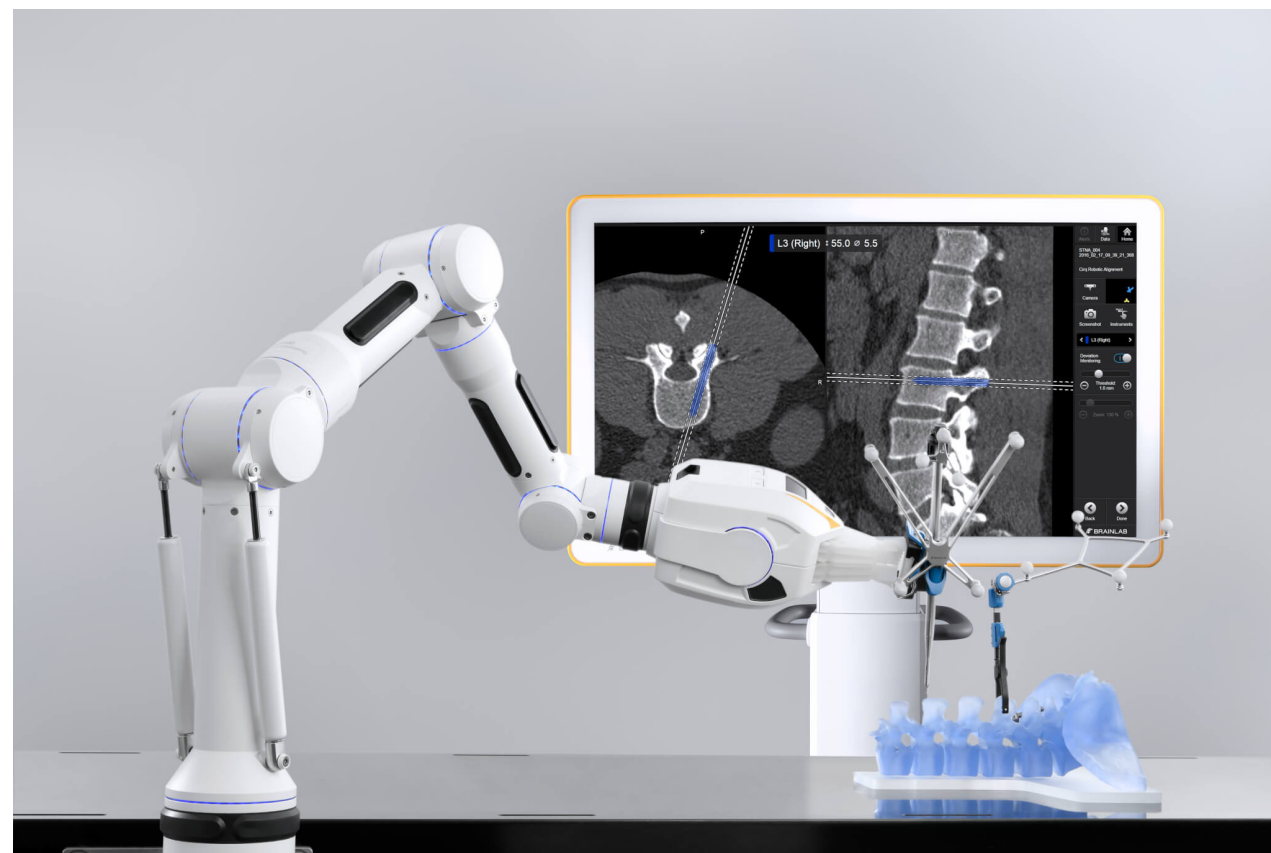
- Plánování řezů a trajektorií na úrovni kůže
- Minimalizace dávky pro chirurgický tým
- Detailní 3D zobrazení kostních patologií
 - Přesnější výkony
 - Eliminace reoperací
 - Miniinvazivní, bezpečné a efektivní pro pacienta





CIRQ – ROBOTICKÉ RAMENO

- Bez motorizované hlavy
 - Stabilní pozice + držení
- S motorizovanou hlavou
 - Plná integrace: plánování, zobrazování, navigace
 - Robotická přesnost a stabilní držení
 - Speciální naváděcí SW pro hrubé manuální nastavení dle předem naplánované trajektorie
 - Cirq Robotic Alignment Module – jemné robotické upravení polohy kopírující předem naplánovanou trajektorii





FAKULTNÍ NEMOCNICE
HRADEC KRÁLOVÉ

DĚKUJEME ZA POZORNOST

