

KILOVOLTOS KÚPSUGARAS CT DÓZISINDEX MEGHATÁROZÁSA A NYALÁBSZÉLESSÉG MÉRÉSÉVEL

Gazdag-Hegyesi Sz.^{1,2}, Gáldi Á.^{1,3}, Major T.^{1,4}, Pesznyák Cs.^{1,5}

¹ Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fizikai Tudományok Doktori Iskola

³ Semmelweis Egyetem, Doktori Iskola

⁴ Semmelweis Egyetem, Onkológiai Tanszék

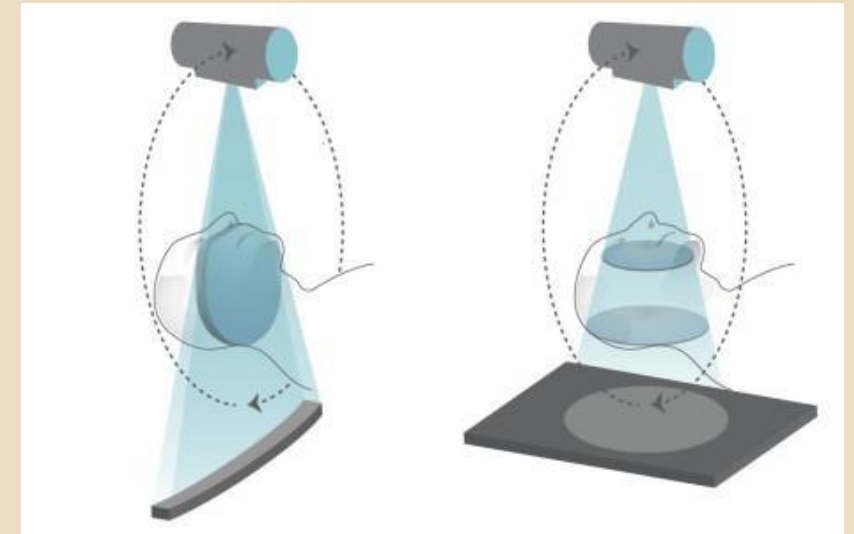
⁵ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technikai Intézet

Célkitűzés

- A lineáris gyorsítókra szerelt kilovoltos kúpsugaras CT (CBCT) berendezések dozimetriai vizsgálata
- A nemzetközileg elfogadott mérési módszerek vizsgálata és kiegészítő mérések végzése
- A gyártó által előrejelzett adatok összevetése mérési eredményeinkkel, különböző képalkotási protokollok esetén

Kúpsugaras Computer Tomográf (CBCT)

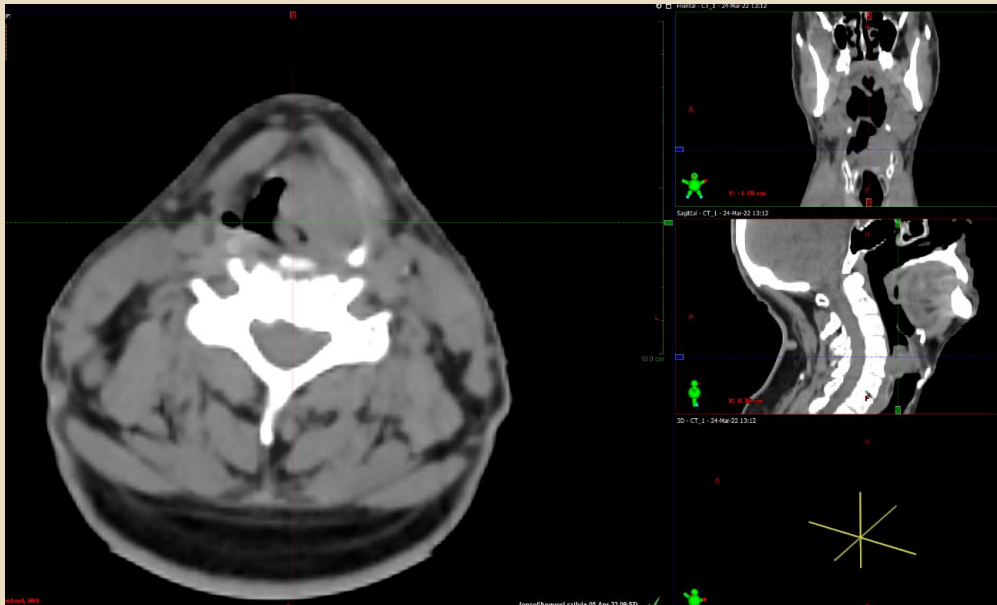
- A CBCT sugárterhelése alacsonyabb a diagnosztikus vagy terápiás célú CT-vizsgálatokhoz képest.
- Működési alapelve megegyezik a hagyományos CT-vel → denzitás függő röntgen sugárzás gyengülés
- Volumetrikus képalkotási módszer
- Sugárterhelés függ:
 - Készülék specifikációtól
 - Páciens testének méreteitől
 - Vizsgált terület nagyságától
 - Képalkotási paraméterektől (pl. csőfeszültség, csőáram)



Kúpsugaras Computer Tomográf (CBCT)

Hagyományos CT

kV CBCT



Lehetővé teszi a páciens valós idejű lokalizációját a kezelési pozícióban, lágyszövetes daganatok esetén is.

Computer tomográf dózis index (CTDI)

- CT által kibocsájtott sugárdózis és a páciens testében kialakuló dóziseloszlás jellemzésére szolgáló mérő szám
- Egy hagyományos diagnosztikus CT egyszeri axiális felvételezése során mekkora a test közepén az átlagosan elnyelt dózis:

$$CTDI_{100} = \frac{1}{N \cdot T} \int_{-50}^{50} D(z) dz$$

- Mivel a test térfogatának kb. egyharmada kap akkora dózist, amit a középpont és kb. 2/3-ad része annyit, mint a perifériák átlaga, így a súlyozott CTDI értéket alkalmazzuk:

$$CTDI_{w,100} = \frac{1}{3} CTDI_{centrum,100} + \frac{2}{3} CTDI_{periféria,100}$$

Computer tomográf dózis index (CTDI)

- Amennyiben a nyalábszélesség meghaladja a 40 mm-t nem alkalmazhatjuk korrekciók használata nélkül a pontmérések eredményeit

$$CTDI_{100,(N \cdot T) > 40} = CTDI_{w,100,ref} \cdot \frac{CTDI_{FA,N \cdot T}}{CTDI_{FA,ref}}$$

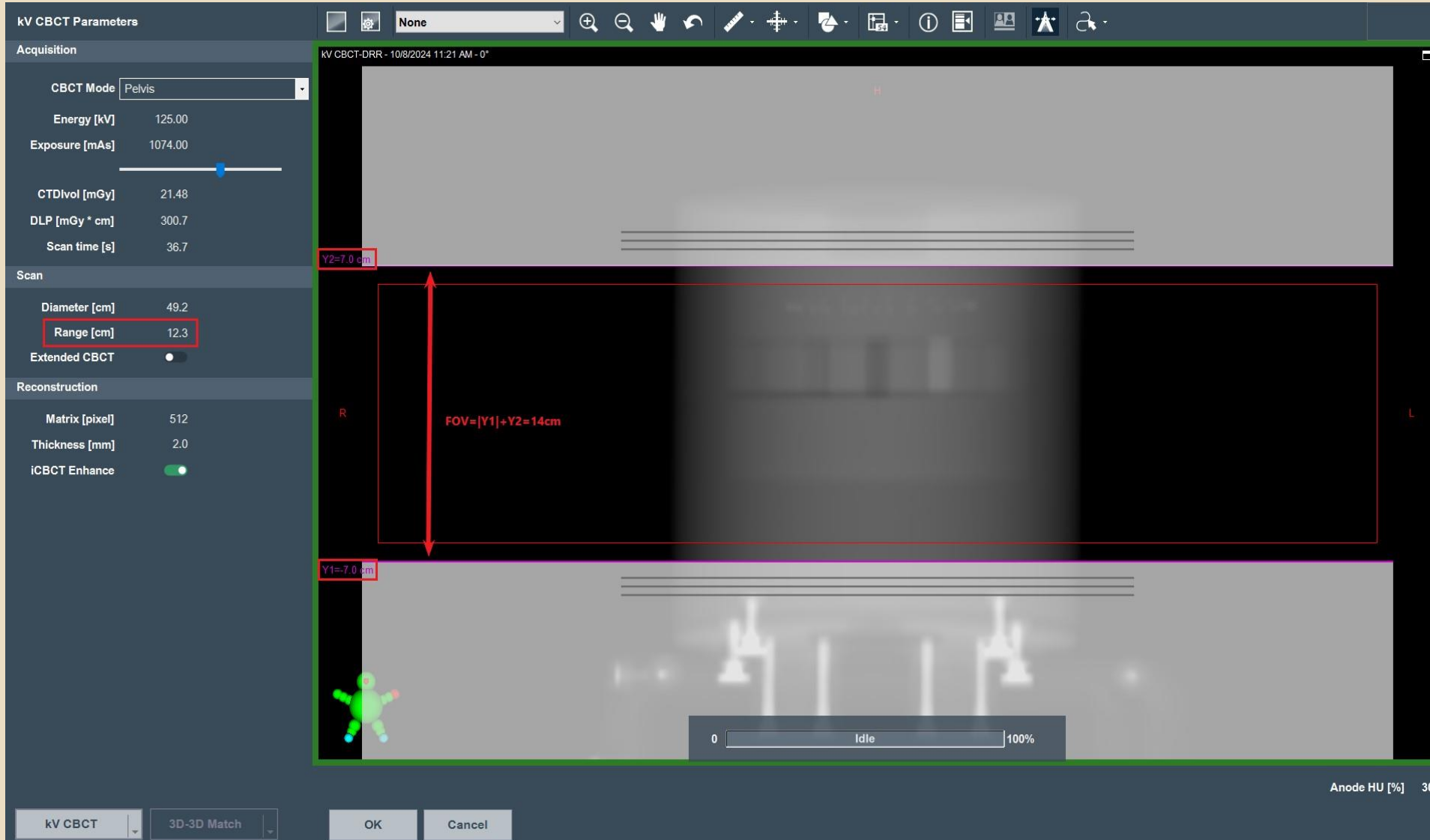
- Melyhez a méréseket fantomban kell elvégezni referencia nyalábszélesség alkalmazásával és szabad levegőben a referencia és a kiterjed nyalábszélességgel, ahol a következő definíciókat használjuk:

$$CTDI_{w,100,ref} = \frac{1}{3} CTDI_{centrum,ref} + \frac{2}{3} CTDI_{periféria,ref}$$

$$CTDI_{FA,ref} = \frac{1}{(N \cdot T)_{ref}} \int_{-50}^{50} D(z) dz$$

$$CTDI_{FA,N \cdot T} = \frac{1}{N \cdot T} \sum_{i=1}^n \left(\int_{-50}^{50} D(z) dz \right)_i$$

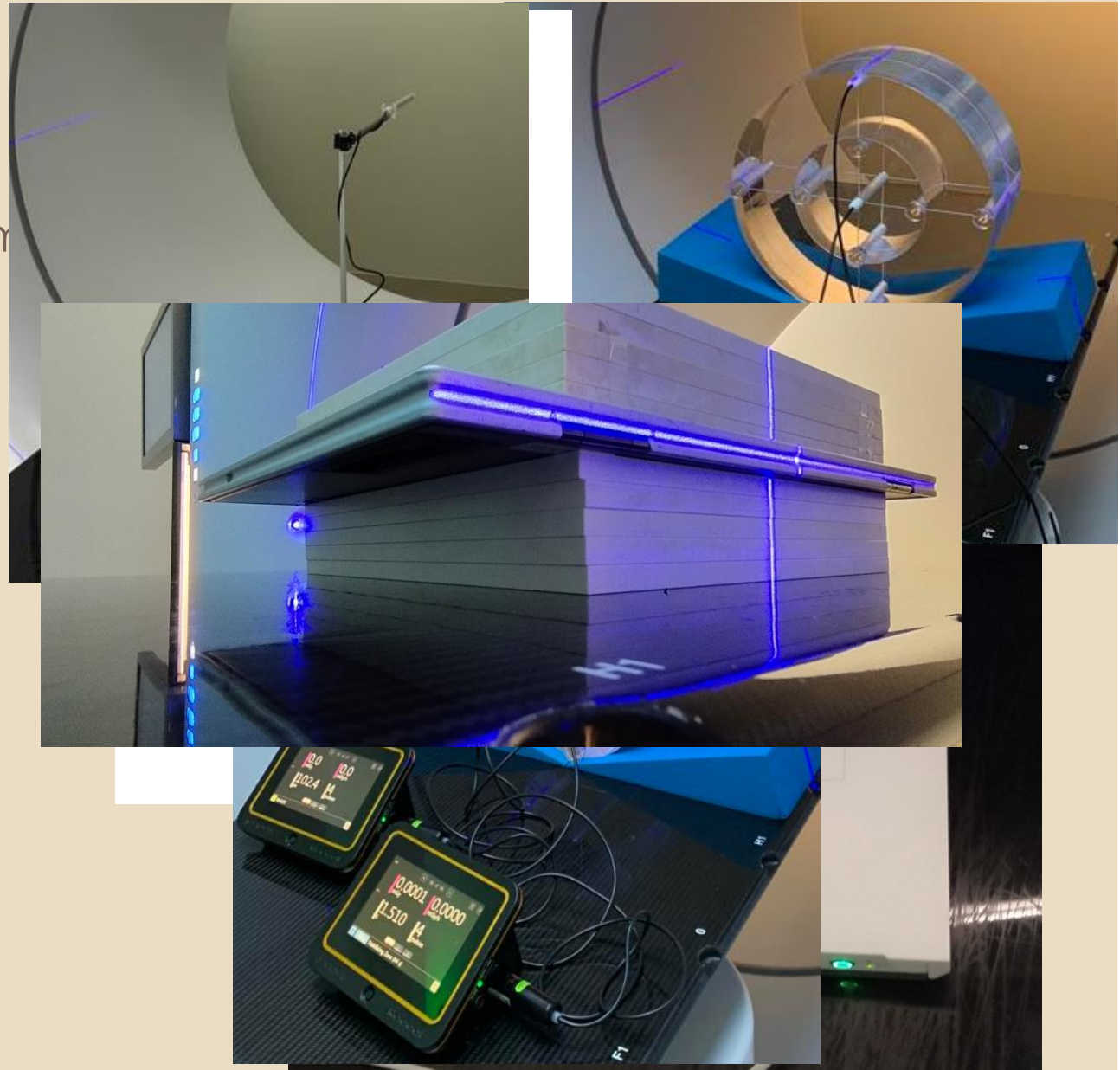
Nyaláb szélesség beállítása



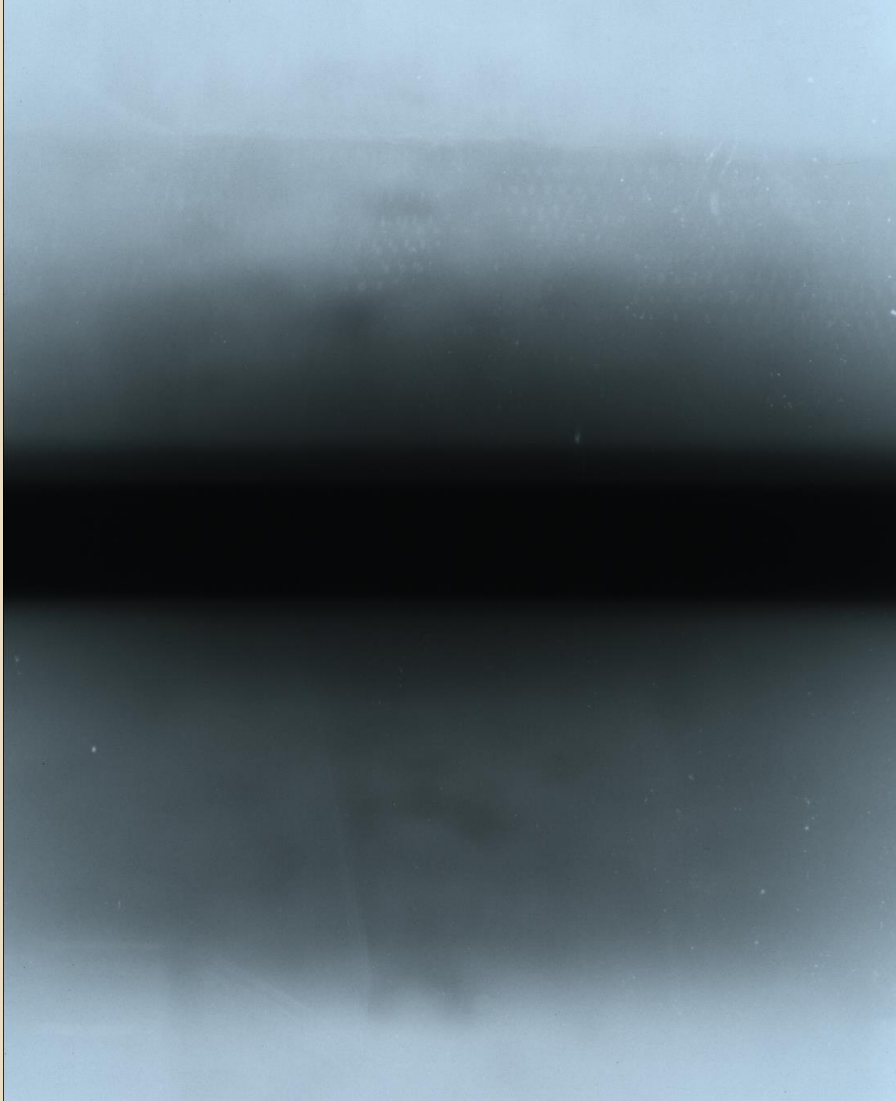
- FOV: 10-280 mm
- Range: 9-245 mm

Mérési elrendezések

- Varian Ethos lineáris gyorsító
- IBA MatriXX Resolution (25.3 cm x 25.3 cm) ionizációs kamra detektor mátrix
- PTW Octavius 1000 SRS (5 cm x 5 cm) ionizációs kamra detektor mátrix
- Radcal 10X6-3CT ceruzakamra
- Radcal Accu-Gold Touch detektor
- Purelmaging CTDI fantom
- Fuji Medical X-ray Film Fuper RX-N 30x40 mm hagyományos röntgenfilm
- Gafchromic EBT3 radikróm film



Izocentrumban mérhető nyalábszélesség meghatározása



- Nem találtunk megfelelő mérési elrendezést filmdozimetria alkalmazásához → ionizációs kamra detektormátrixok alkalmazása
- A közvetlenül szoftveresen beállítható mezőparaméterek közül a FOV paraméter áll közelebb a kialakuló nyalábszélességhez.
- Range paraméter a rekonstrukciót követően kialakuló kép szélességét határozza meg.

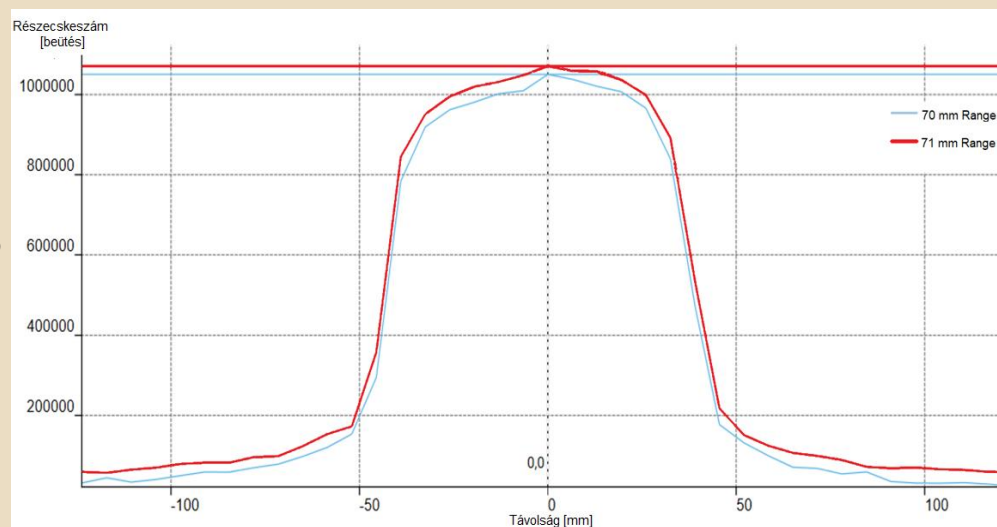
Imaging Protocols	U [kV]	I [mAs]	CTDI [mGy]
Koponya	100	138.9	3,67
Csökkentett dózisú koponya	100	46	1,22
Mellkas	125	300.65	6,01
Emlő	125	49	0,98
Kismedence	125	1074	21,48

Vizsgált
képalkotási
protokollok

FOV [mm]	Range [mm]	Mért [mm]	Egymástól való eltérés [mm]
20	17	21.05 ± 0.12	0.35 ± 0.016
	18	21.4 ± 0.15	
40	34	40.67 ± 0.23	0.1 ± 0.017
	35	40.77 ± 0.19	
60	52	60.36 ± 0.17	0.39 ± 0.038
	53	60.75 ± 0.08	
80	70	80.2 ± 0.10	0.55 ± 0.019
	71	80.75 ± 0.26	
120	105	119.6 ± 0.22	0.15 ± 0.021
	106	119.8 ± 0.13	
200	175	198.2 ± 0.19	0.2 ± 0.022
	176	198.4 ± 0.03	

- A kollimátorok távolságának meghatározása során diszkrepanciát láttunk.
- FOV 8 cm-re állítása esetén mérésünkben 0.55 mm-nyi különbséget találtunk.

- A vizsgált mezőméretek esetén a beállási bizonytalanságok átlaga ~0.3 mm.



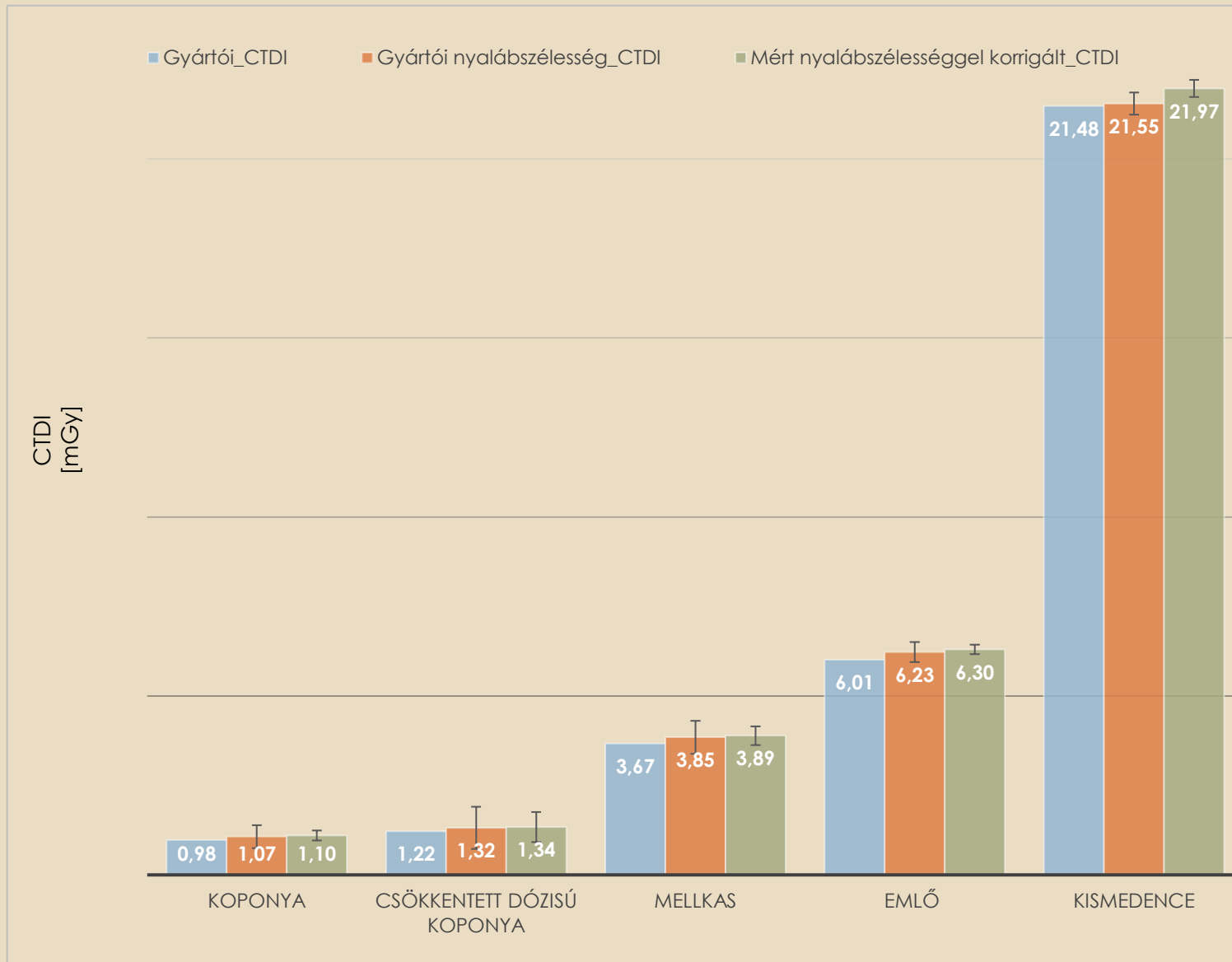
Mezőméret
beállítási
bizonytalansága

Nyalábszélesség mezőmérettől való függése

- A legnagyobb eltérés kis mezőméretek esetén
- ≤ 11 cm-es FOV esetén a mért nyalábszélesség nagyobb, mint a várt paraméter
- ≥ 12 cm-es FOV esetén kisebb nyalábszélességeket detektálunk

FOV [mm]	Mért_IBA [mm]	Mért_PTW [mm]	Eltérés_IBA [mm]	Eltérés_PTW [mm]
10	14.2 ± 0.15	12.6 ± 0.46	4.17 ± 0.15	2.6 ± 0.46
20	21.4 ± 0.12	21.4 ± 0.21	1.43 ± 0.12	1.43 ± 0.21
40	41.1 ± 0.2	40.7 ± 0.2	1.1 ± 0.2	0.8 ± 0.2
60	60.4 ± 0.06	60.5 ± 0.26	0.43 ± 0.06	0.47 ± 0.26
80	80.7 ± 0.12	80.7 ± 0.21	0.73 ± 0.12	0.7 ± 0.21
100	100.9 ± 0.15		0.87 ± 0.15	
110	110.2 ± 0.14		0.2 ± 0.14	
120	119.3 ± 0.17		-0.7 ± 0.17	
160	159.6 ± 0.35		-0.43 ± 0.35	
200	198.4 ± 0.15		-0.57 ± 0.15	

CTDI értékek vizsgálata



- A nyalábszélesség vizsgálatát követően kiszámítottuk a CTDI értékeket a mért paraméterekkel korrigálva, majd az így deklarált CTDI értékeket összevetettük korábbi eredményeinkkel, illetve a gyártói adatokkal.
- Nagyobb értékeket detektáltunk a gyártó által meghatározott és korábbi eredményeinkhez képest.
- Minden eredmény egy db CBCT-re vonatkozik

Következtetések

- Szignifikáns különbséget találtunk a gyártó által megadott FOV paraméterek és a mért nyalábszélességek között
- A kis sugárterheléssel járó képalkotási protokollok CTDI mérésekor tapasztaltuk a legnagyobb eltérést, 12,2 %-kal nagyobb a csökkentett dózisú koponya, illetve 11,8 %-kal az emlő képalkotási protokoll esetén.
- Eredményeinket tekintve korábbi vizsgálatunk, illetve jelenlegi paramétereink alapján is azt állíthatjuk, hogy az expozíció során jelentkező CTDI nagyobb értékeket mutat a gyártó által közölnél.
- Mérési eredményeink mindössze becslései a képalkotás során fellépő valós abszolút sugárterhelésnek, hiszen a detektálási határfok messze elmarad a 100%-tól.
- Mérési eredményeink alapján a nyalábszélesség jelentősen befolyásolja a CTDI értékét, hiszen alapvető részét képezi a számításoknak. Célszerű lenne a mérési protokoll kiegészítése a nyalábszélesség meghatározásával.

Köszönöm a figyelmet!