



BUDAPEST FŐVÁROS
KORMÁNYHIVATALA



AKNÁS IONIZÁCIÓS KAMRÁK KALIBRÁLÁSA ^{90}Y RADIONUKLIDRA A SEMMELWEIS EGYETEMEN

**Szűcs László¹, Nagyné Szilágyi Zsófia¹, Zömbikné
Peka Anita¹, Dr. Kári Béla², Taba Gabriella²,
Dr. Czibor Sándor²**

¹ *Budapest Főváros Kormányhivatala, Metrológiai és
Műszaki Felügyeleti Főosztály*

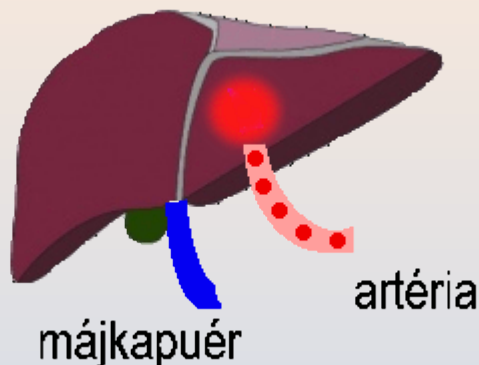
² *Semmelweis Egyetem, Orvosi Képző Klinikai,
Nukleáris Medicina Tanszék*



BUDAPEST FŐVÁROS
KORMÁNYHIVATALA

A máj megbetegedése - kezelése

- Egyik leggyakoribb rosszindulatú máj megbetegedés a hepatocelluláris karcinóma (HCC). A férfiak daganatos halálozásának második¹, a nők esetében a hatodik leggyakoribb oka.
- A kezelések napjainkban egyre terjedő eljárása az un. transzarteriális radioembolizáció (TARE), más nevén szelektív belső sugárterápia (SIRT).
- A máj vérellátása kettős: az egészséges májszövet a „v. portae”-ből (májkapuvéna) kapja a vért, kevésbé az artériából, míg a tumoros szövetek 90%-ban közvetlen az artériából. A TARE (és egyéb, inaktív májembolizációs kezelések) ezt a kettős vérellátást használja ki.



- Az embolizáció során radioaktív mikrogyöngyöket visznek be az artériába egy katéter segítségével, amelyek béta sugárzása aztán a tumoros szövethez érve roncsolják a rákos sejteket.

TheraSphere

Az üvegyöngyök tulajdonságai²:

- összetétele: $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{inaktív } ^{89}\text{Y}$



hevítés 1500 °C-on

- az összeolvadt üveg szerkezetű anyag besugárzása neutronnal



$^{89}\text{Y} \rightarrow ^{90}\text{Y}$

- a gyöngyök átlagos átmérője: $\varnothing 25 \mu\text{m}$,
- átlagos aktivitás $> 2500 \text{ Bq/gömb}$,
- szállítási dózisek: 3 – 20 GBq, 0,5 GBq-es lépcsőkben, személyre szabva,
- sűrűség: 3,6 g/dl
- ^{90}Y tiszta béta sugárzó, végenergia⁴: $2279,8 \pm 1,7 \text{ keV}$,
- átlagos béta energia: $926,7 \pm 0,8 \text{ keV}$



Korábbi előadásban (2019, Hajdúszoboszló) már beszámolót hallhattunk a szintén Ittrium-90 sugárzó, SIR-Spheres gyöngyökkel a Semmelweis Egyetemen folyó munkákról³.

Aktivitásmérés

A páciensbe történő bevétel előtt **minden alkalommal** meg kell győződni a beadandó radioaktív anyag aktivitásáról.



A mérések aknás ionizációs kamrák alkalmazásával történnek. Az ionizációs kamrákat előzetesen kalibrálni kell az adott radionuklidra, jelen esetben ^{90}Y TheraSphere gyöngyökre.

A BFKH Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály (MMFF) használati etalon ionizációs kamrái rendelkeztek kalibrációs faktoral, de csak 5 mL-es **ampullás** geometriára.

Az ^{90}Y mikrogöngyöket tartalmazó készlet pedig ampullában, bonthatatlan plexi árnyékoló burkolattal érkezik.

A feladat az adott, burkolattal együtt érkező sugárforrásra vonatkozó kalibrációs tényező megállapítása volt.

A kalibrációs tényező ismeretében egész Magyarországon lehetővé válik az ionizációs kamrák kalibrálása.



Aktivitásmérők a Semmelweis Egyetemen



VEENSTRA-405



ATOMLAB-100



CAPINTEC

Kalibrációs faktor

A használati etalonra vonatkozó kalibrációs faktor meghatározása a BFKH MMFF „B” szintű laboratóriumában került sor 2022 novemberében.

A kalibrációhoz a Vascular Venture Kft. és a Semmelweis Egyetem munkatársainak közbenjárására a Boston Scientific, a TheraSphere gyártója nyújtott segítséget, aki inaktív ampullákat és gyöngyöket valamint nyitott plexi árnyékoló kapszulát bocsátott rendelkezésünkre.



A kalibrációhoz még ^{90}Y radioaktív oldat került felhasználásra. A mérések három részre tagolódtak:

1. Linearitás vizsgálat, amelynek célja az volt, hogy egy alacsonyabb (néhány MBq) és egy nagyobb (1 GBq) aktivitású oldatnál is alkalmazható-e ugyanaz a kalibrációs faktor?
2. Kalibrációs faktor meghatározása ^{90}Y üvegyöngyökre, plexi tokozással.
3. Az ionizációs kamrán belüli geometria, pozíciófüggés meghatározása.

Linearitás vizsgálat

A vizsgálathoz az ^{90}Y alapanyagból 4 különböző aktivitású hígítás történt:



Törzsoldat: $1519,9 \pm 0,1$ mg
 A_0 : (1321 ± 6) MBq

$9,41 \pm 0,01$ mg
 A_1 : $(8,18 \pm 0,04)$ MBq

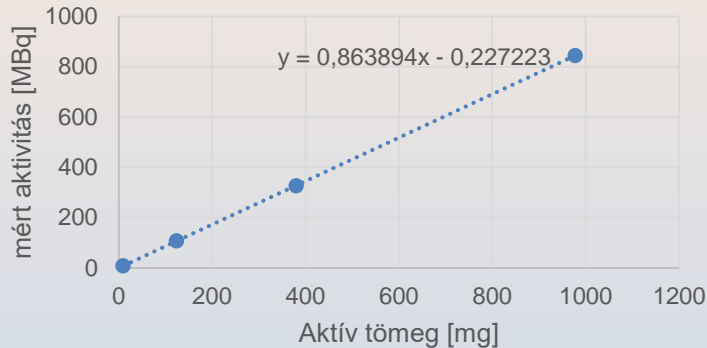
$123,92 \pm 0,01$ mg
 A_2 : $(107,7 \pm 0,5)$ MBq

$380,108 \pm 0,01$ mg
 A_2 : $(330,4 \pm 1,5)$ MBq

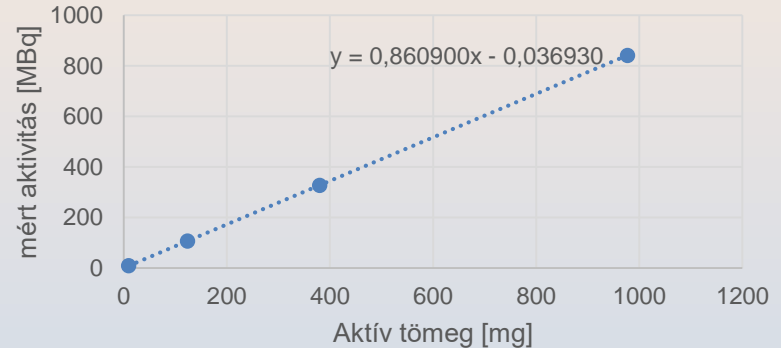
$976,83 \pm 0,01$ mg
 A_2 : $(849,0 \pm 3,9)$ MBq

A BFKH MMFF 2 db ionizációs kamrájának linearitása:

CAPINTEC CRC-15R linearitása ^{90}Y radionuklidra



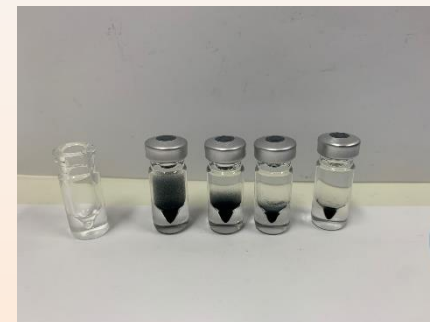
CAPINTEC CRC-ULTRA linearitása ^{90}Y radionuklidra



Kalibrációs faktor meghatározása (^{90}Y mikrogöngy + plexi tok)

A plexi tokkal együtt inaktív göngyöket tartalmazó oldattal töltött ampullák is rendelkezésre álltak.

Egy ampullában az oldat radioaktív ^{90}Y oldattal lett felcserélve, majd aktivitását meghatározásra került plexi tok nélkül és tokkal egyaránt.



A plexi tok nélkül, az ampullákra alkalmazott kalibrációs faktorokkal, az etalonok által kijelzett radioaktivitások: **CRC-15R: (159,6 ± 01,5) MBq**, **CRC ULTRA: (158,1 ± 0,5) MBq**

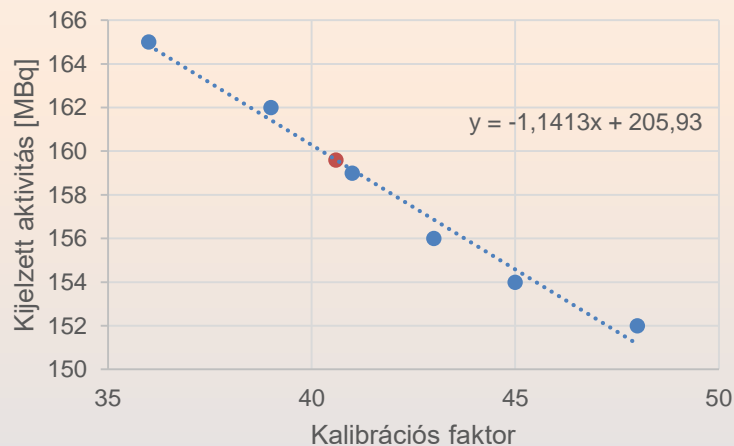
A plexi tokkal a kalibrációs faktoraikat változtatva meghatározásra került a kijelzett aktivitás a faktorok függvényében.

CRC-15R		CRC-ULTRA	
faktor #	kijelzés [MBq]	faktor #	kijelzés [MBq]
48	152	52	150,4
45	154	50	152,4
43	156	48	154,4
41	159	46	156,8
39	162	44	159,1
36	165	42	161,7

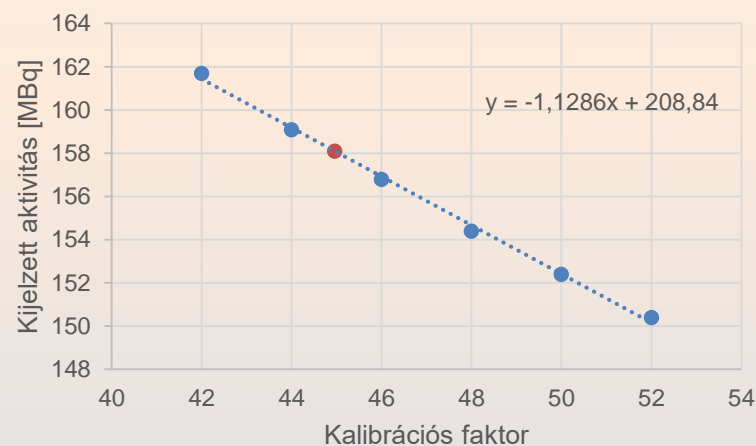
Kalibrációs faktor meghatározása (⁹⁰Y mikrogyöngy + plexi tok) II

A mért, kijelzett aktivitások a kalibrációs faktorok függvényében:

CRC-15R aktivitás kijelzése a kalibrációs faktor függvényében



CRC-ULTRA aktivitás kijelzése a kalibrációs faktor függvényében



Az BFKH MMFF használati etalon ionizációs kamráinak ⁹⁰Y üveggyöngyöket tartalmazó, plexi tokkal ellátott ampullákra: **CRC-15R: #41; CRC-ULTRA: #45**
A Semmelweis Egyetem ionkamrái ezen faktorok alapján lettek leszámoltatva

Meglepetés faktorok és MC modell

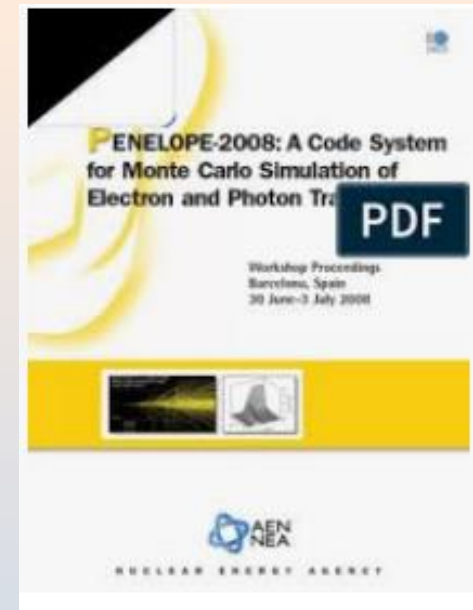
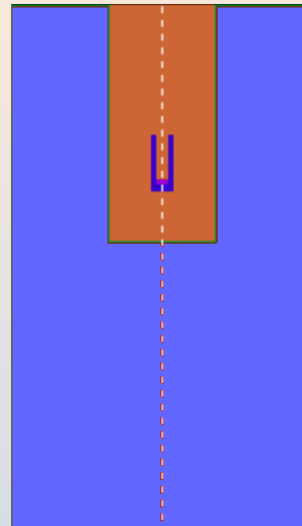
A plexi „árnyékolás” sokkal nagyobb korrekciós faktorra utalt, mint amekkora a valóságban fellépett (a kijelzett aktivitások 4,6 % illetve 4,2 % változása volt megfigyelhető).

Az elméleti háttér meghatározása, „magyarázatként” Monte-Carlo (MC) kód futtatásával valósult meg. Az MC kódok alapját Enrico Fermi rakta le, amikor neutrontranszport számításokat végzett.

Az alkalmazott MC kód a PENELOPE (Penetration and **ENERgy LOSS** of **P**ositrons and **E**lectrons) volt.

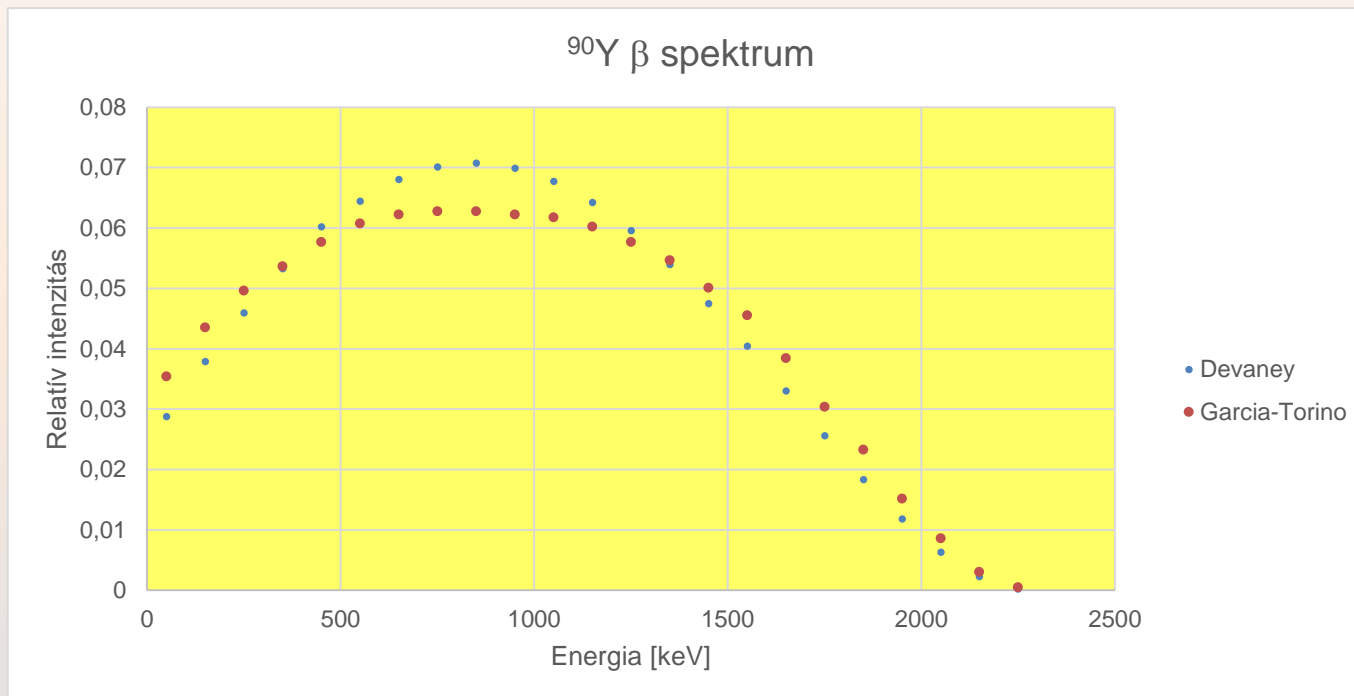
Az egyszerűsített mérési geometriában a színek:

- világoskék: argon munkagáz,
- barna: levegő,
- lila: üveg ampulla,
- piros: ^{90}Y forrás,
- világoszöld: plexi árnyékolás,
- sötétzöld: vas, kamrafal.



Béta spektrum

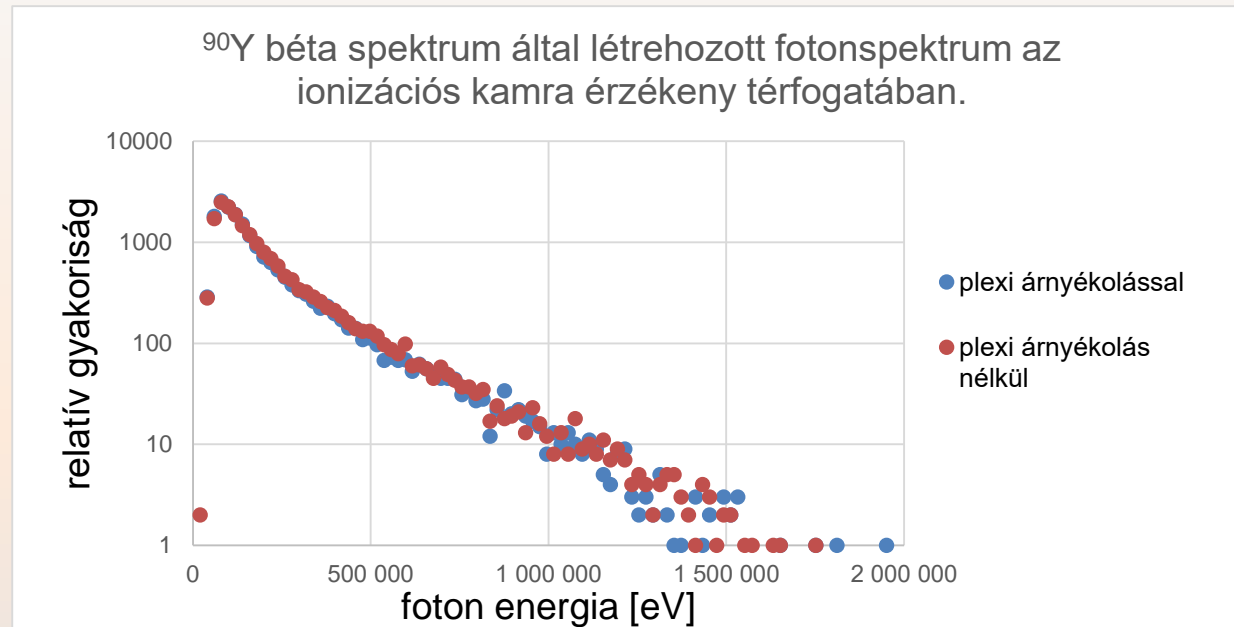
A kód bemenő paramétereinek közé tartozik a béta spektrum. Spektrumként Eduardo Garcia-Toraño (CIEMAT) által mért adatok kerültek felhasználásra⁵.



10^7 részecske transzport volt végigkísérve plexi árnyékolással és anélkül.

MC eredmények

Az MC PENELOPE transzportkód eredményei.



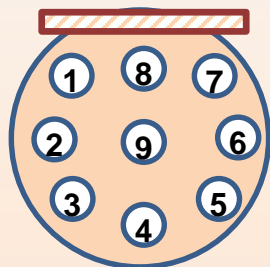
Észrevételek:

- A két transzportszámítás látszólag ugyanazt a foton spektrumot hozta létre az ionizációs kamra érzékeny térfogatában.
- Integrálisan a plexi árnyékolás nélküli eset 2,4 %-al adott nagyobb értéket mint az anélküli eset.
- Az érzékeny térfogatban béta részecske nem volt kimutatható.

Geometriai bizonytalanság

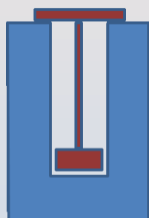
A geometriai bizonytalanság meghatározása 5 mL-es ampullákba töltött $^{90}\text{Sr}(+^{90}\text{Y})$ radionukliddal történt.

Az ampulla 9 síkbeli pozíciója (felülnézet):



A forrástartó három függőleges pozíciója:

H1



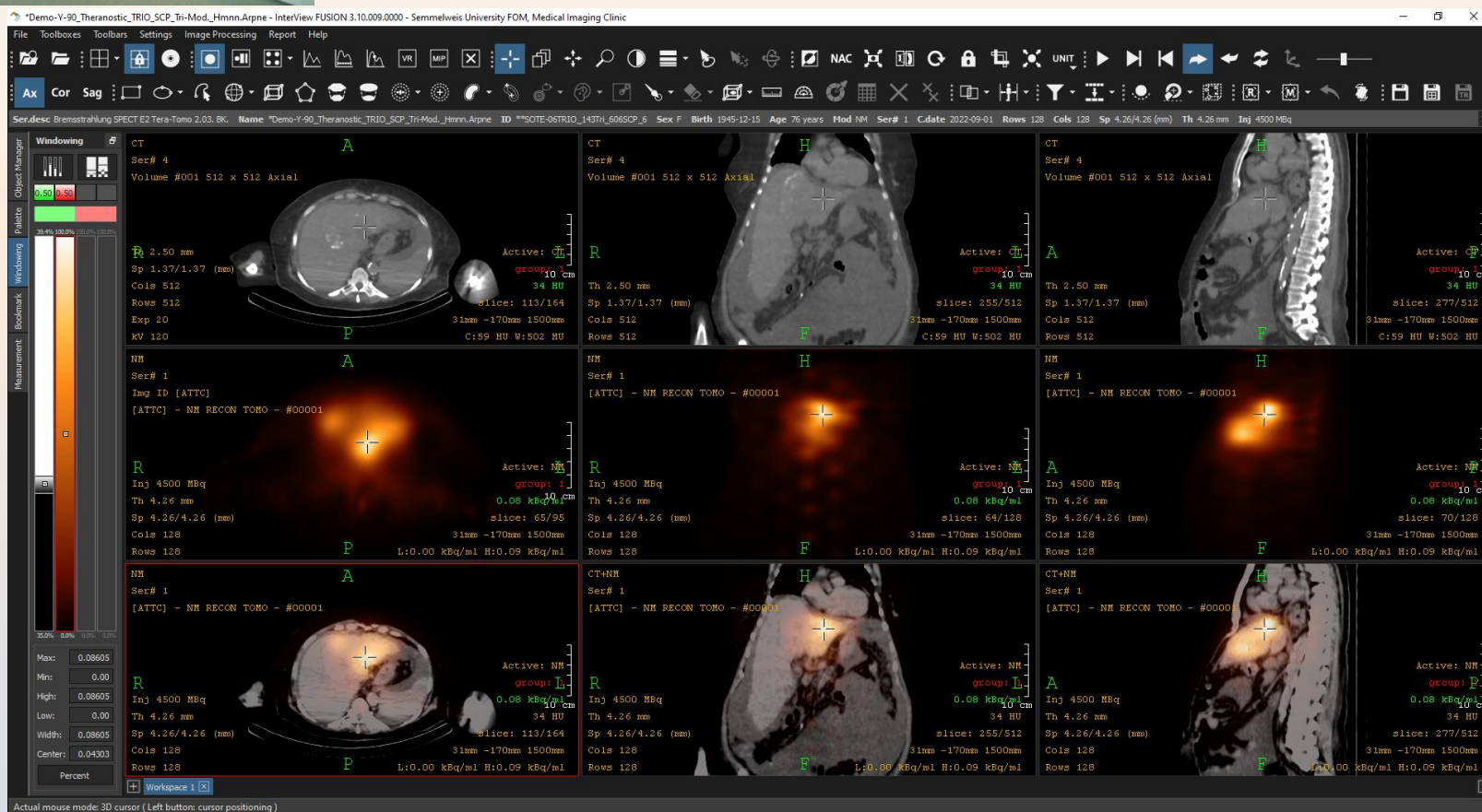
Forrástartó magasság pozíció	Középpont és kerületi átlag eltérés [%]	Középpont magassághüggése [MBq]	
H1	1,3	$6,26 \pm 0,03$	
H2	0,9	$6,49 \pm 0,03$	
H3	1,4	$6,36 \pm 0,03$	
szórás:		1,8	%
Eredő bizonytalanság:		2,3	%

A pozicionálás bizonytalansága biztosan kisebb, mint 2,3 %!

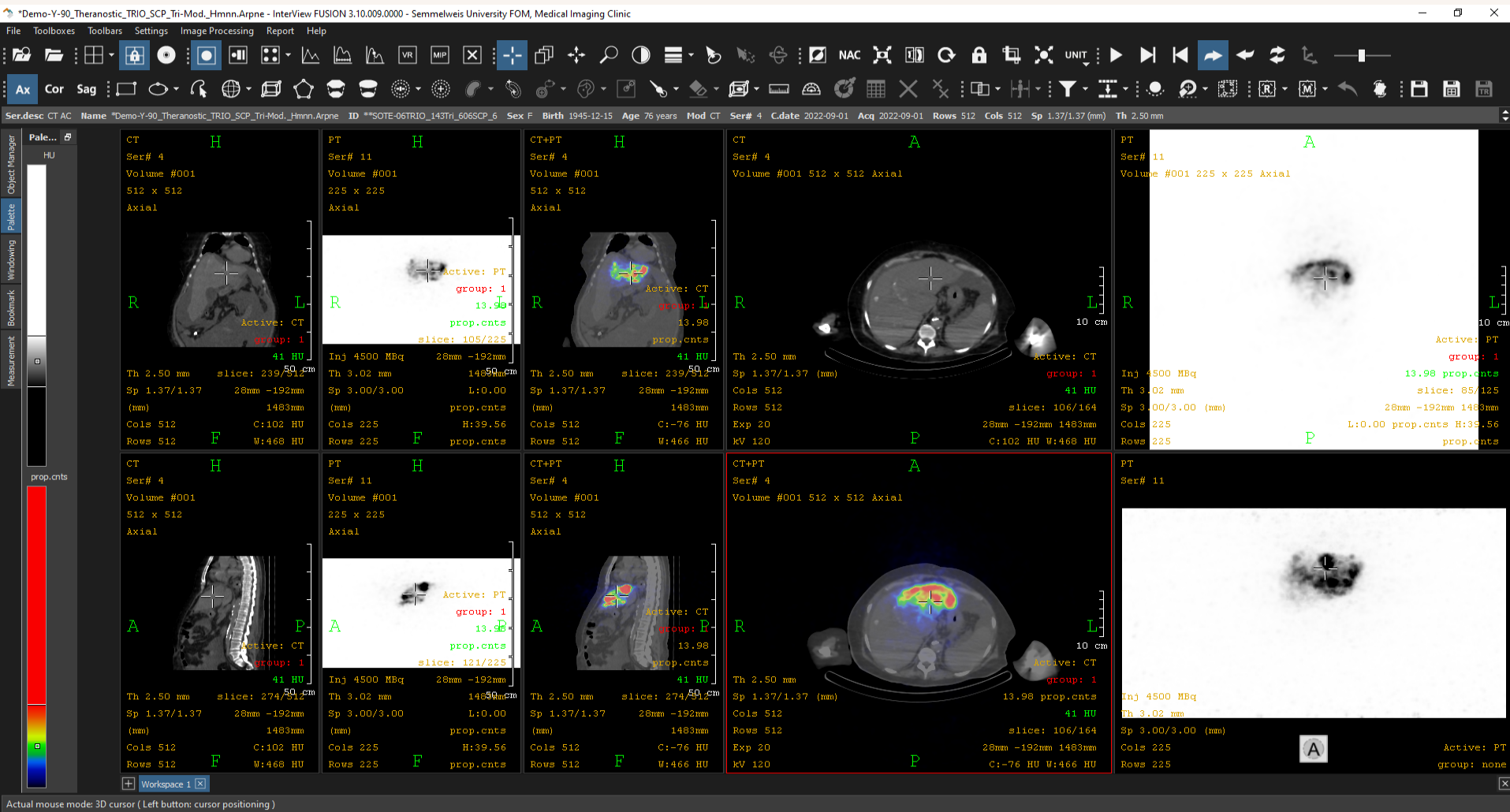




A Terápiát Követő Képi Diagnosztika: Trio SPECT-CT (BrehmStrahlung) E:80, 120keV *Real Trio SCP. Application*



A Terápiát Követő Képi Diagnosztika: Trio PET-CT – *Real Trio Modality App.*



Irodalom

1. Medicalonline 2014. május 26. (http://medicalonline.hu/gyogyitas/cikk/a_hepatocellularis_carcinoma_kezelese)
2. <https://www.bostonscientific.com/en-US/medical-specialties/interventional-radiology/interventional-oncology/therasphere/about-therasphere.html>
3. Taba Gabriella, Apáti Annamária, Dr. Kári Béla, Prof. Dr. Bérczi Viktor, Dr. Bánsághi Zoltán, Dr. Czibor Sándor, Milecz-Mitykó Richárd, Dr. Györke Tamás: Az első Y-90 végzett máj embolizációs terápia a Semmelweis Egyetemen, Hajdúszoboszló 2019
4. Monographie BIPM-5, Vol 3, 2006
5. Eduardo Garcia-Toraño and Agustín Grau Malonda: EFFY, a new program to compute the counting efficiency of beta particles in liquid scintillators. Computers Physics Communications. Volume 36, Issue 3, May 1985, Pages 307-312.





BUDAPEST FŐVÁROS
KORMÁNYHIVATALA



KÖSZÖNJÜK A FIGYELMET!



BUDAPEST FŐVÁROS
KORMÁNYHIVATALA

