

Sugárzás elleni védelem a nukleáris medicina munkahelyeken A dolgozók és betegek sugárvédelme

Dr. Kári Béla; Dr. Duffek László

*Semmelweis Egyetem ÁOK Radiológiai és
Onkoterápiás Klinka*

A Nukleáris Medicinai Munkahelyek

- In vivo diagnosztika
- In vitro diagnosztika
- Terápia
 - Elsősorban izotópterápia
- Kutatás

A nukleáris medicina munkakört ellátó személyekkel szemben támasztott követelmények

- Orvosi vizsgálaton való részvétel (min. évenként)
- Munkaköri és egyéb alkalmassági vizsgálat
- Sugárvédelmi tanfolyamon való részvétel
(min. 5 évenként)
- Dózismérő viselése

Laboratóriumi sugárveszély a személyzet számára

Az aktív helységek:

- A meleg laboratórium →
- A vizsgáló helységek
- Aktív betegváró
- Izotóp és hulladék tároló helységek



A személyzet sugárterhelése

- A beérkező izotóp készítmények átvétele, adminisztrálása
- Az izotópok tárolása
- A farmakonok jelzése és dozírozása
- A farmakonok tárolása a felhasználásig
- A radiofarmakonok a betegbe juttatása
- A beteg a laboratórium területén való tartozkodása
- A vizsgálat elvégzése

A radioaktív anyagok nyilvántartása

- Régen a nyilvántartási könyv
- A „Radium” program használata

Radium 1.74_xp (SENUK)

Adatkezelés Jelentések Törzsadatok Lekérdezések / Listák Eszközök Adatszúrás Súlyó Kezelő: Sugárvédelmi felelős

Zárt sugárforrások Nyitott sugárforrások Törzsadatok Lekérdezések / Listák

Zárt leltár Alkalmazások

Leltárban Partner kódja: IKI-NAGYKER

Hatósági azon. Mubizonylat száma Kelte Nuklid Me (db) Eredeti aktivitás Dátuma Szolg.ido (év)

*000006 ZS011702 05/09/2019 Co-57 1 9.25 MBq 06/01/2019 2

Rendeltetés Forrás jelzése/gyártási szám Adagszám Fizikai forma Kémiai forma Kül.form. eng.okirat sz.

orvosi diagnoszt Q9-930 Szilárd fém C22212

Leltárba vétel Leltári szám Saját engedély szám Megjegyzés

05/09/2019 SVR-HA5907

Új sugárforrás Átadás Temetés Kölcsönvesz Kölcsönad Mentés Mégse Mubizonylat nyomtatás

Hatósági azon.	Mubiz. szám	Napi akt/db	Mubiz. kelte	Nuklid	Ered. aktivitás	Ered. akt.	Ered. akt.	Napi akt.	Napi akt.	Napi akt/db
*000006	ZS011702	2.911 MBq	5/9/2019	Co-57	9.25 MBq	6/1/2019	2.911 MBq	2.911 MBq		
*000007	OMH00188	265.731 Bq	12/1/2011	Co-57	931.2 kBq	12/1/2011	265.731 Bq	265.731 Bq		
*000008	OMH00009	2.859 kBq	2/1/2011	Co-60	10.06 kBq	2/1/2011	2.8586 kBq	2.859 kBq		
*000009	OMH00010	742.323 Bq	2/1/2011	Na-22	9.51 kBq	2/1/2011	742.323 Bq	742.323 Bq		
0A8A52642A	S0018465	1.464 MBq	7/29/1983	Cs-137	3.57 MBq	1/25/1982	1.4638 MBq	1.464 MBq		
0A9A49555A	S0015402	1.809 MBq	6/12/1981	Cs-137	4.38 MBq	5/22/1982	1.8093 MBq	1.809 MBq		
0A9B03491G	ME008742	1.172 Bq	8/25/2004	Co-57	4.13 MBq	7/7/2004	1.1717 Bq	1.172 Bq		
1A3B83001K	OMH00074	3.89 MBq	6/24/2015	Cs-137	4.39 MBq	6/1/2015	3.8896 MBq	3.89 MBq		
2A5B45839S	SS200561	9.298 kBq	12/14/2009	Am-241	9.46 kBq	12/1/2009	9.2984 kBq	9.298 kBq		
3A1B25249I	ME010063	4.913 Bq	3/21/2005	Co-57	3.8 MBq	2/20/2006	4.9133 Bq	4.913 Bq		
3A5B45829R	SS200560	4.089 kBq	12/14/2009	Cs-137	5.24 kBq	12/1/2009	4.0889 kBq	4.089 kBq		
4A4B95969E	CPH00006	30.298 MBq	2/9/2017	Sr-90	33 MBq	1/24/2017	30.2978 MBq	30.298 MBq		
5A7B39615L	ZS005050	57.386 Bq	11/19/2008	Co-57	3.43 MBq	11/17/2008	57.3857 Bq	57.386 Bq		
6A9A35509A	S002833	341.265 MBq	4/8/1970	Am-241	370 MBq	4/8/1970	341.2648 MBq	341.265 MBq		
7A6B68766B	QQ000472	543.273 kBq	3/25/2013	Re-226	555 kBq	5/10/1971	543.2725 kBq	543.273 kBq		
9A9B34470E	QQ000317	2.14 MBq	3/3/2008	Cs-137	4.618 MBq	5/14/1987	2.1401 MBq	2.14 MBq		

Nukleáris medicina létesítményekre és berendezésekre vonatkozó előírások

Új létesítmények és berendezések telepítéséhez és működésének engedélyezéséhez szükséges:

- Illetékes országos intézetek szakvéleménye
- Szakmai kollégiumi állásfoglalás
- Területileg illetékes OAH engedélye
- Átvétel előtti vizsgálat (NNK SSF)

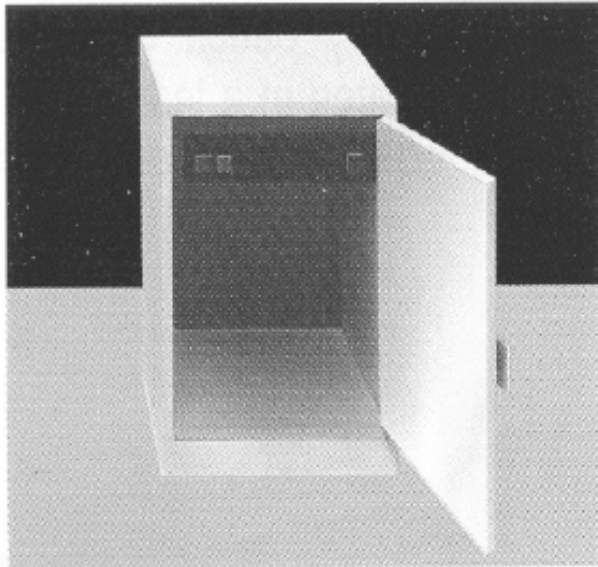
(Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály)

SZÜKSÉGES VÉDŐESZKÖZÖK

Shielded storer



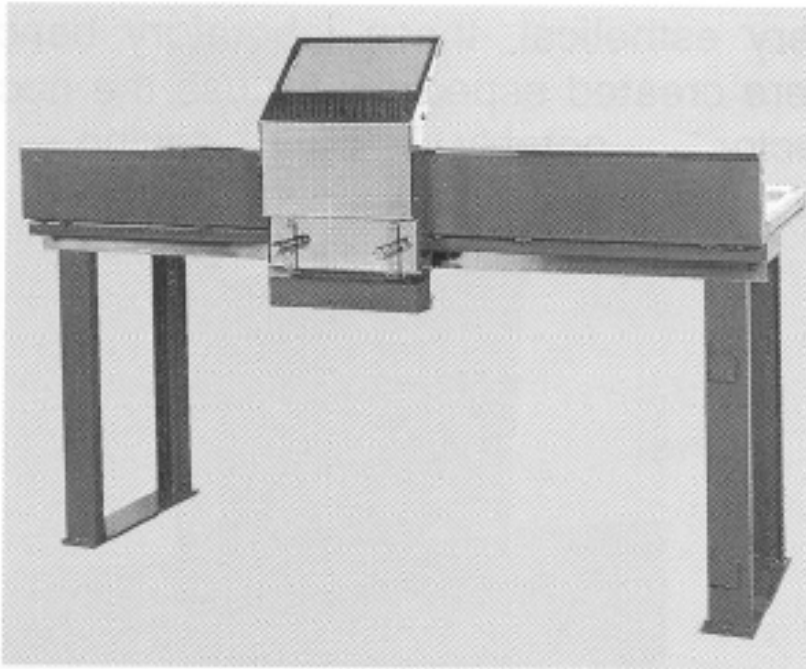
Shielded storer MEDI 63 and 50



The MEDI 63 and MEDI 50 shielded storers are made to store radioactive products either at room temperature or at refrigerated temperature (4 °C).

Árnyékolt asztal ólom-üveg árnyékolással

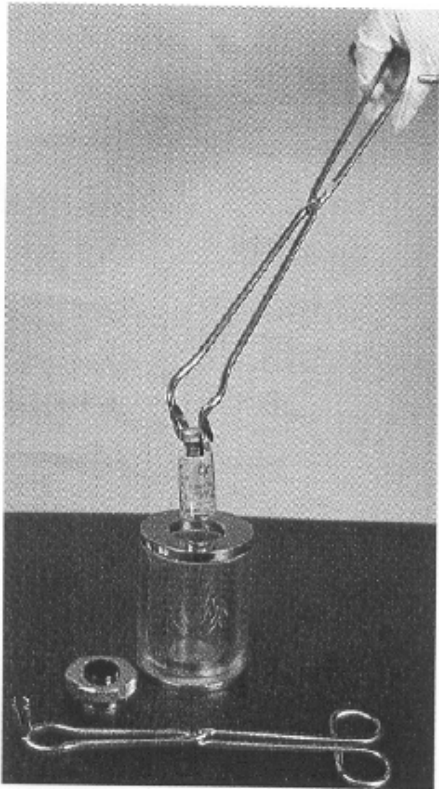
Shielded laboratory bench MEDI 51



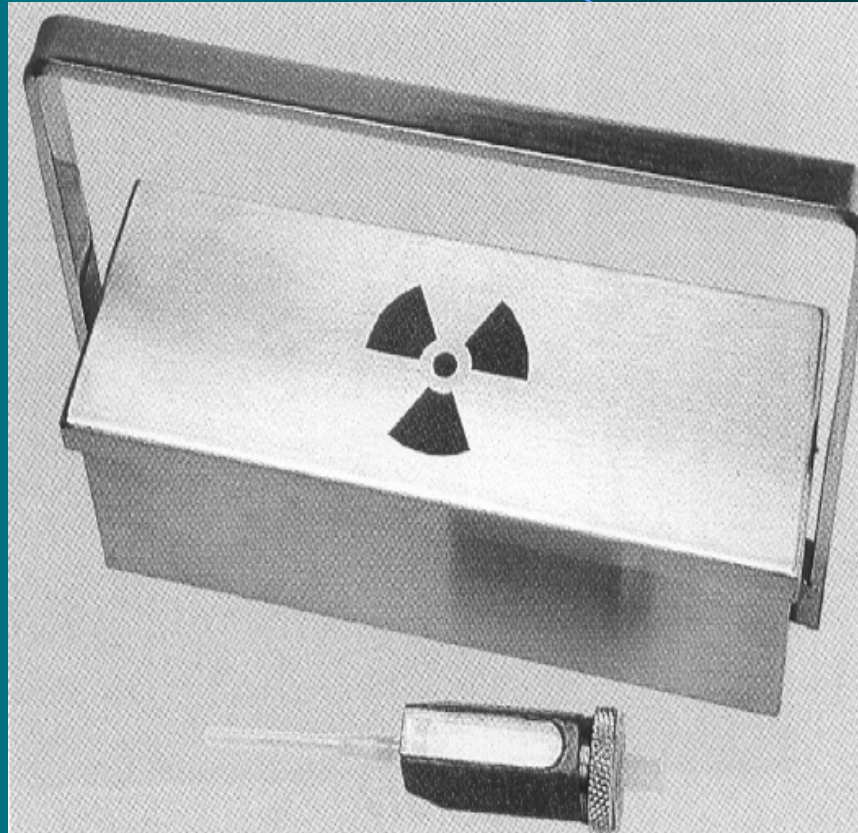
These shielded laboratory benches are made for radioactive product handling with lead glass shield protection for the operator.



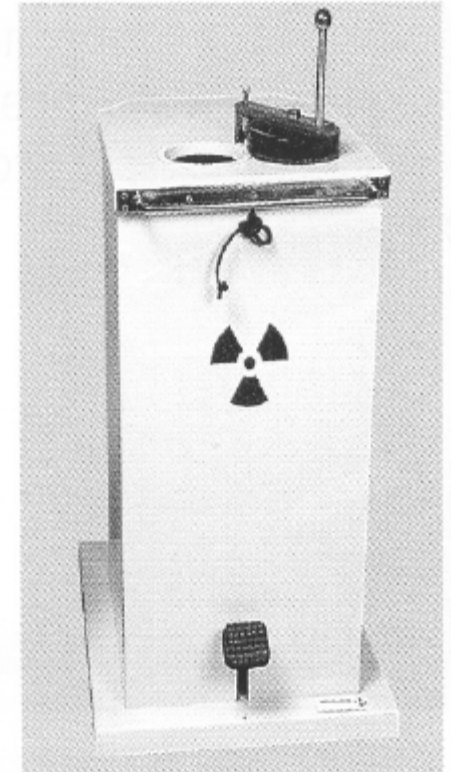
VÉDŐESZKÖZÖK



Csipesz

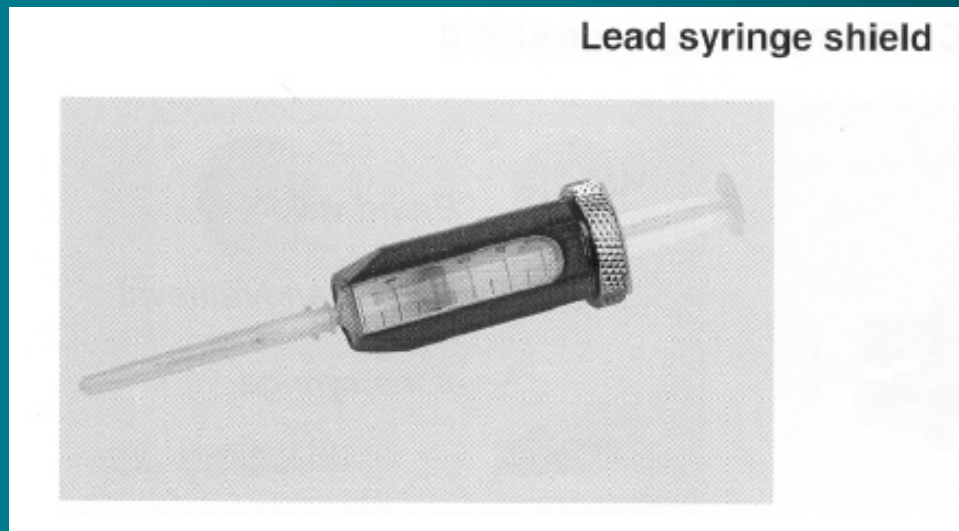


Forrás tartó

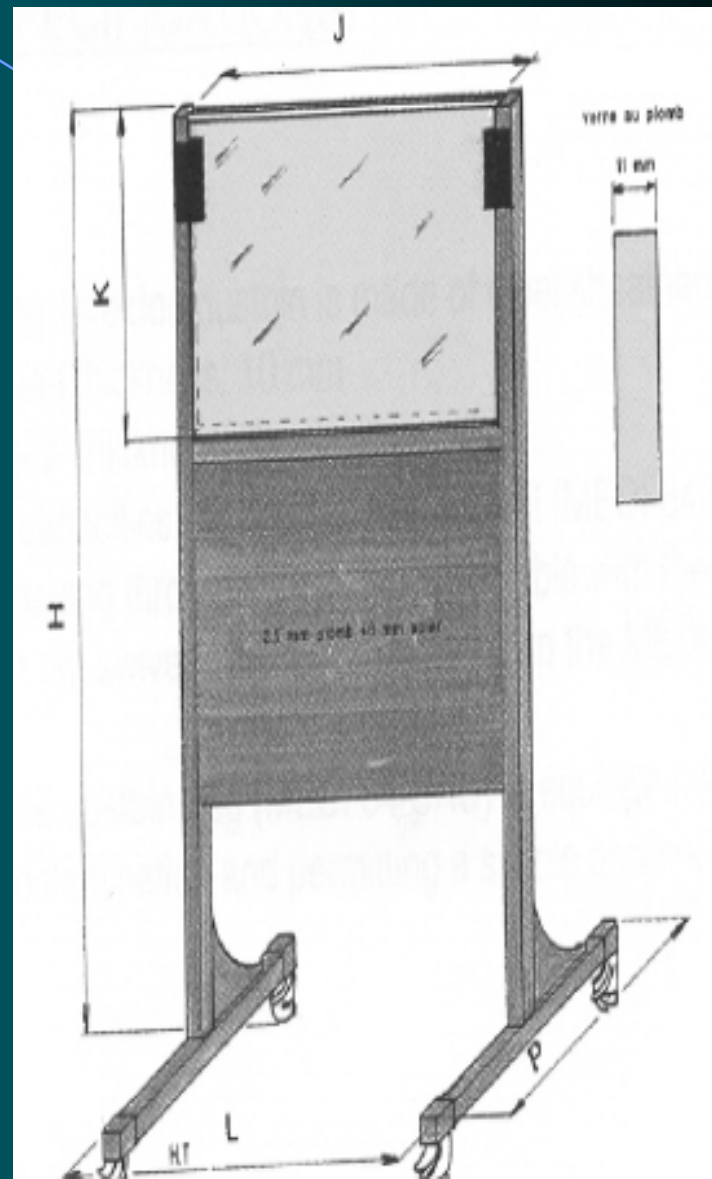


Radioatív hulladék
tároló

VÉDŐESZKÖZÖK



Injekciós tű árnyékoló



ó
l
o
m
ü
v
e
g
á
r
n
y
é
k
o
l
ó

MÉRŐ MŰSZEREK

GM Detektor Alapú Felületi Szennyezettségmérő



**Hitelesített ionizációs kamra alapú
dózismérő**

MÉRŐ MŰSZEREK

Személyi Doziméter



Személyi Dozimeter (önleolvasó)

MÉRŐ MŰSZEREK



Alacsony háttérű üreges mérőhely



Izotópazonosító és szennyezettség mérő

Sugárvédelem feladata a vizsgálaton résztvevő beteg esetén

- Dóziskorlátozás
- Indokoltság biztosítása
- Optimálás (ALARA)

A laboratóriumi sugárveszély a betegek számára

- A vizsgáló helység
- A várakozó helység
- A vizsgálat maga
- Minden helységnek külön kifüggesztett sugárvédelmi szabályzatának kell lennie

Az izotópdiagnosztikai vizsgálatok sugárterhelése

- Az elnyelt dózis számítás módszereit a laboratóriumban nem alkalmazzuk
- A radiofarmakonoknak meg kell felelni a gyógyszerekkel szemben támasztott követelményeknek
- A radionuklid ne tartalmazzon szennyeződések
- A pontos dozirozás igen nagy jelentőséggel bír
- A minőségi vizsgálati eljárások alkalmazása

A radiofarmakonok előállítása a következő lépésekből áll

- Magreakció
- Elválasztás
- Kémiai tisztítás
- Jelzett vegyületek előállítása
- Minőségbiztosítás, Minőségellenőrzés

Recommended Adult and Minimum Amounts in MBq

Radiopharmaceutical	Adult	Minimum
Tc99m DTPA (Kidney)	200	20
Tc99m DMSA	100	15
Tc99m MAG3	70	15
Tc99m Pertechetate (Cystography)	20	20
Tc99m MDP	500	40
Tc99m COLLOID (Liver/Spleen)	80	15
Tc99m COLLOID (Marrow)	300	20
Tc99m SPLEEN (Denatured R B C)	40	20
Tc99m R B C (Blood Pool)	800	80
Tc99m ALBUMIN (Cardiac)	800	80
Tc99m Pertechetate (First Pass)	500	80
Tc99m MAA / Microspheres	80	10
Tc99m Pertechetate (Ectopic Gastric)	150	20
Tc99m Colloid (Gastric Reflux)	40	10
Tc99m IDA (Biliary)	150	20
Tc99m Pertechetate (Thyroid)	80	10
Tc99m HMPAO (Brain)	740	100
Tc99m HMPAO (W B C)	500	40
I-123 HIPPURAN	75	10
I-123 (Thyroid)	20	3
I-123 Amphetamine (Brain)	185	18
I-123 mIBG	400	80
I-131 mIBG	80	35
GALLIUM 67	80	10

EANM Secretariat

Hollandstrasse 14/Mezzanine · 1020 Vienna, Austria

phone: +43-1-2128030, fax: +43-1-21280309

e-mail: office@eanm.org · Internet: www.eanm.org

Dózistáblázat gyermek gyógyászatban

Dosage Card

Fraction of Adult Administered Activity

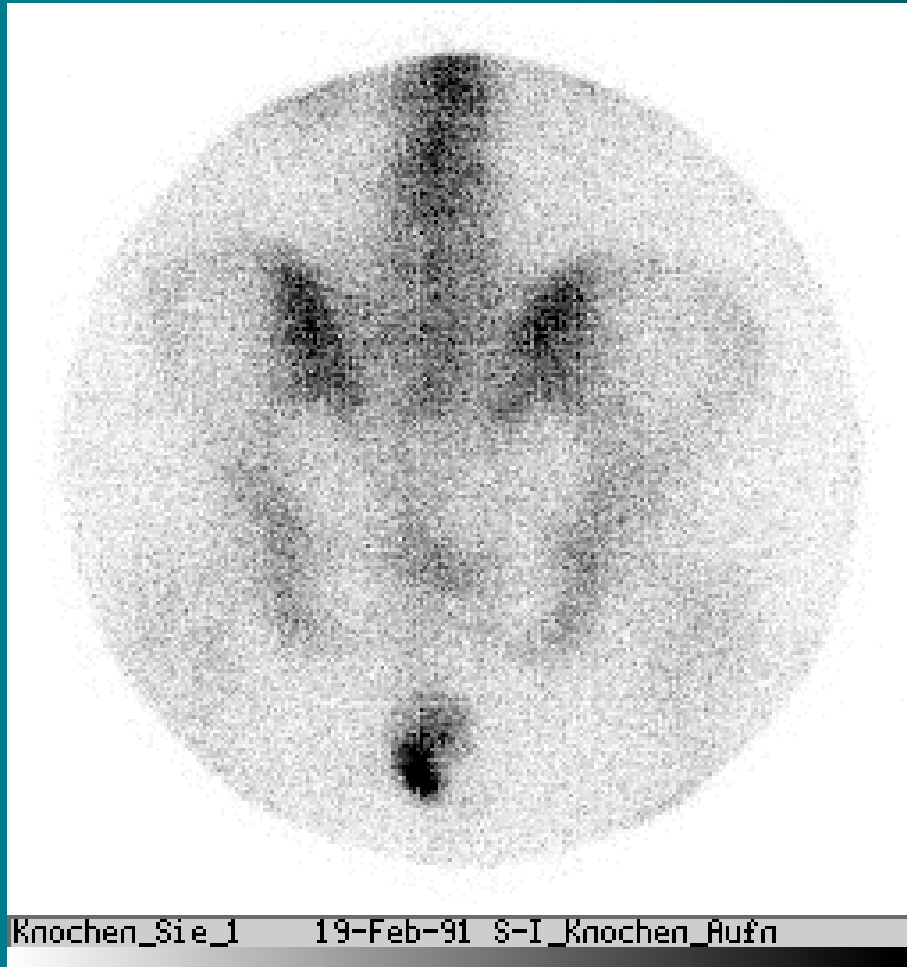
3 kg = 0.1	22 kg = 0.50	42 kg = 0.78
4 kg = 0.14	24 kg = 0.53	44 kg = 0.80
6 kg = 0.19	26 kg = 0,56	46 kg = 0,82
8 kg = 0.23	28 kg = 0.58	48 kg = 0.85
10 kg = 0.27	30 kg = 0.62	50 kg = 0.88
12 kg = 0.32	32 kg = 0.65	52-54 kg = 0.90
14 kg = 0.36	34 kg = 0.68	56-58 = 0.92
16 kg = 0.40	36 kg = 0.71	60-62 kg = 0.96
18 kg = 0.44	38 kg = 0.73	64-66 kg = 0.98
20 kg = 0.46	40 kg = 0.76	68 kg = 0.99

This card summarizes the views of the Paediatric Committee of the European Association of Nuclear Medicine. It should be taken in the context of "good practice" of nuclear medicine and local regulation.

Információ sűrűség fontossága a képalkotásban

Low number of counts

High number of counts



Total counts: ~300 000



~2 000 000

A radióaktív gyógyszerek minőség ellenőrzése a laboratóriumban

- Precipitációs módszer (ülepítéssel eljárás)
- Papír és vékonyréteg kromatográfia
- Oldószer extrakciós módszer

Diagnoszikai célra alkalmazott radioaktív nuklid kiválasztás szempontjai

- A sugárterhelés a lehető legalacsonyabb legyen
 - ALARA -
- A kapott kép minősége jó legyen
- Szerv specifikus legyen
- Könnyen hozzáférhető legyen
- Az ára is elfogadható legyen

Vizsgálat	Radiofarmakon	H_E mSv MBq	Beadott akt. MBq	A vizsgált e- gyén sugár- terhelése(H_E) mSv-ben
Terheléses szívvizsgálat EKG kapuzott szívvizsgálat B-J Shunt	$^{201}\text{TlCl}$	2,3E-01	74	17
	^{99m}Tc pirofoszfát	8,0E-03	740	5,8
	^{99m}Tc -pertechnetát	5,3E-03	600	3,2
Tüdőperfúzió Agyi szcintigráfia Epeutak vizsgálat	^{99m}Tc -HSA-MA	1,2E-02	120	1,5
	^{99m}Tc -HM-PAO	8,4E-03	500	4,2
	^{99m}Tc -HIDA	2,4E-02	140	3,4
Májszcintigráfia Vesescintigráfia Renográfia	^{99m}Tc -fitát	2,0E-02	100	2,8
	^{99m}Tc -DMSA	1,6E-02	160	2,6
	^{131}I -Hippurán	6,6E-02	10	0,7
Csontszcintigráfia B_{12} -vitamin felszívódás	^{99m}Tc -foszfon	8,0E-03	800	6,4
	^{57}Co - B_{12} vitamin	5,8E+00	0,02	0,12

Néhány vizsgálat felnőtt emberre vonatkozó (effektív dózisegyenértékben mért) sugárterhelése

Természetes
háttérsugárzás

H_E (mSv)



Rtg diagnosztika

Nukleáris Medicina

• CT-has

• CT-mellkas

• Irrigoscopia

• Urographia

• Gyomor-bél passage

• 2 irányú L gerinc

• Nativ has

• Medence

• 2 irányú D gerinc

• 2 irányú koponya

• 2 irányú mellkas

• Szív-Tl

• Agy SPECT

• PET-FDG

• Szív-Tc

• Cholescintigraphia

• Csontscintigraphia

• Tüdő perfusio

• Vese

• Pajzsmirigy - Tc

• Schilling teszt

• Urographia	• Cholescintigraphia
• Gyomor-bél passage	
• 2 irányú L gerinc	• Csontscintigraphia
• Nativ has	
	• Tüdő perfusio
• Medence	

A helyes alkalmazott dózis feltétele

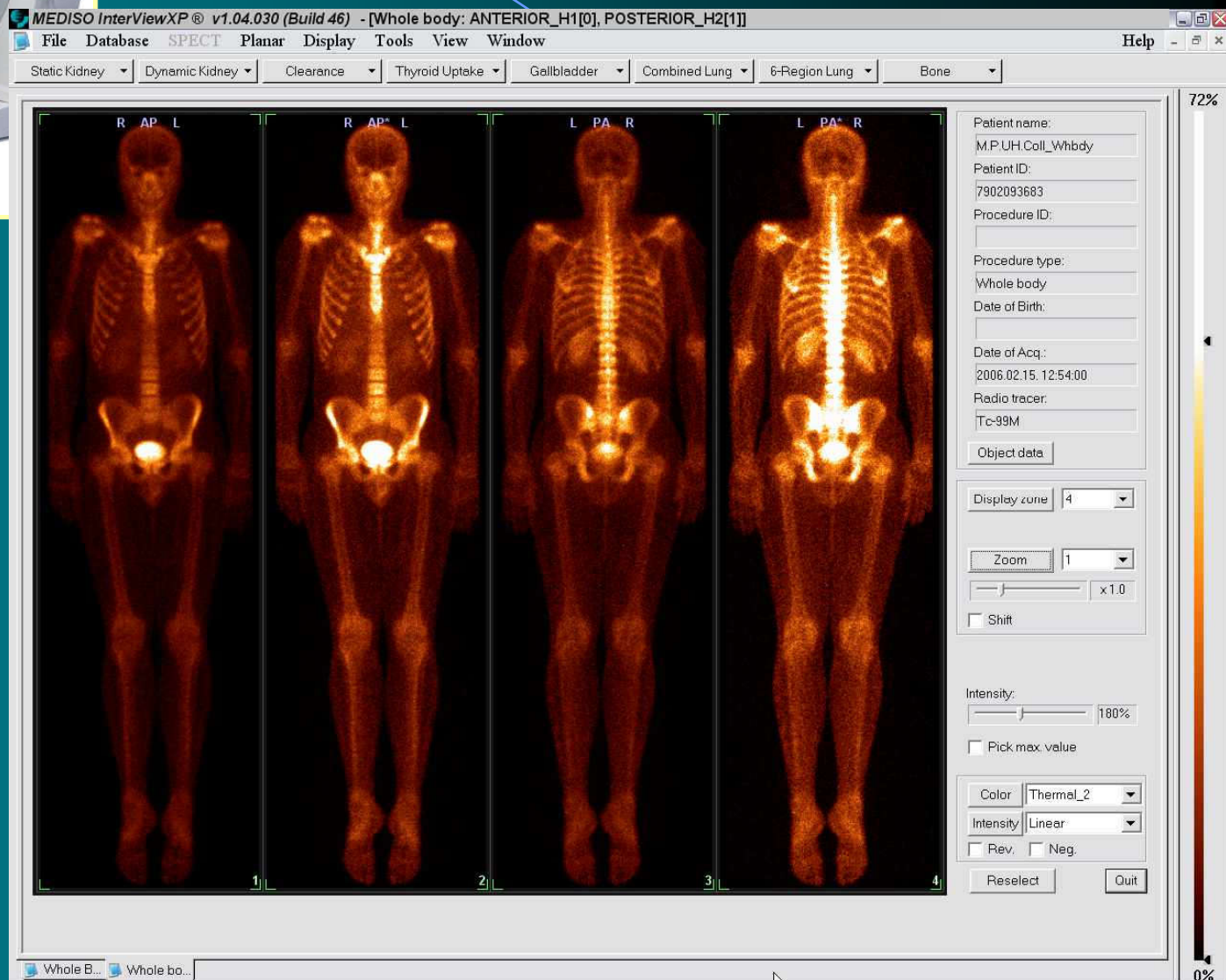


Folyamatosan karbantartott (kalibrált) dóziskalibrátor



Képmínőség - jel/zaj viszony , jelölés -

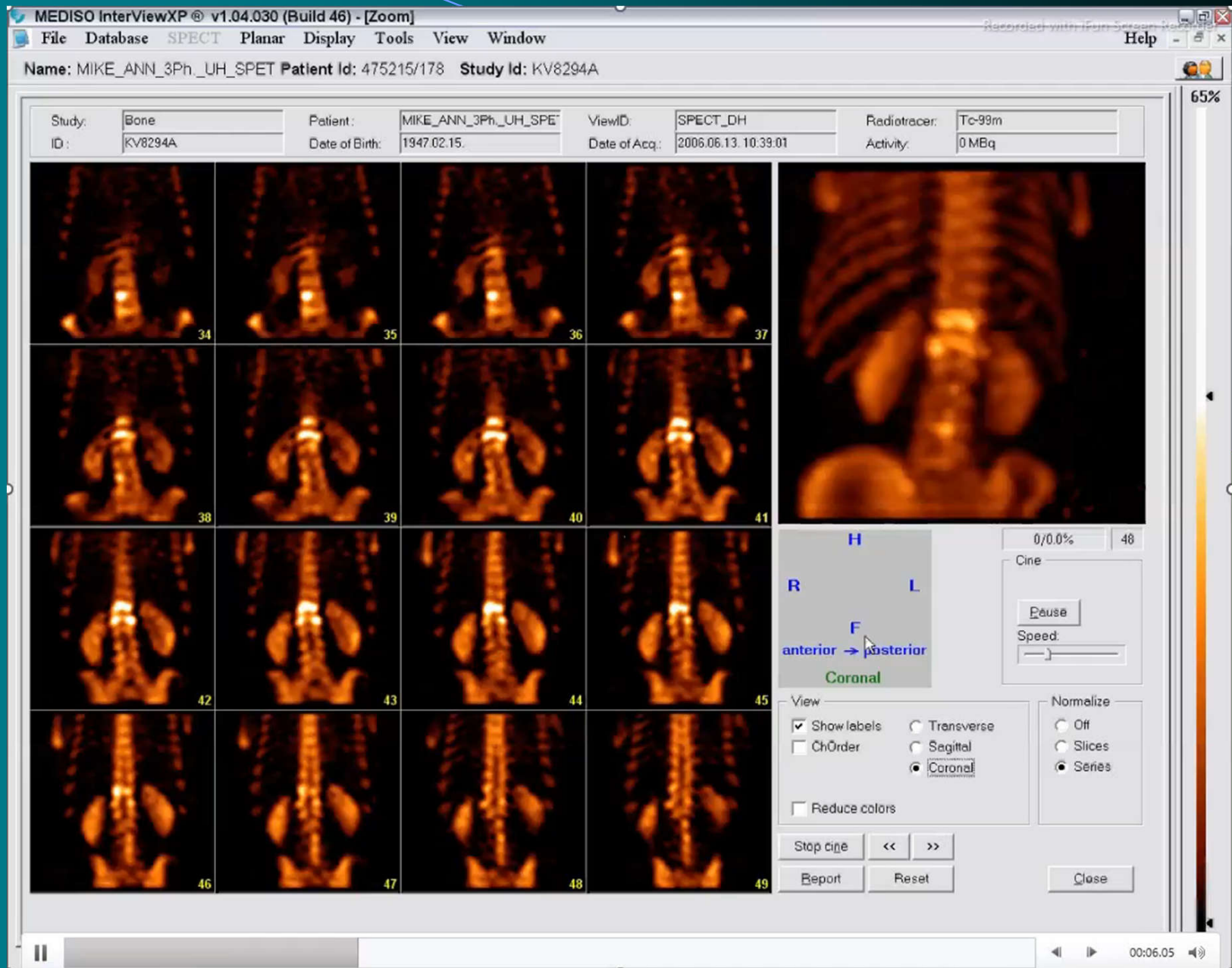
Konvencionális
nukleáris
medicinai
alkalmazás (2D
egésztest Scan



72%

0%

3D Csont SPECT Leképezés



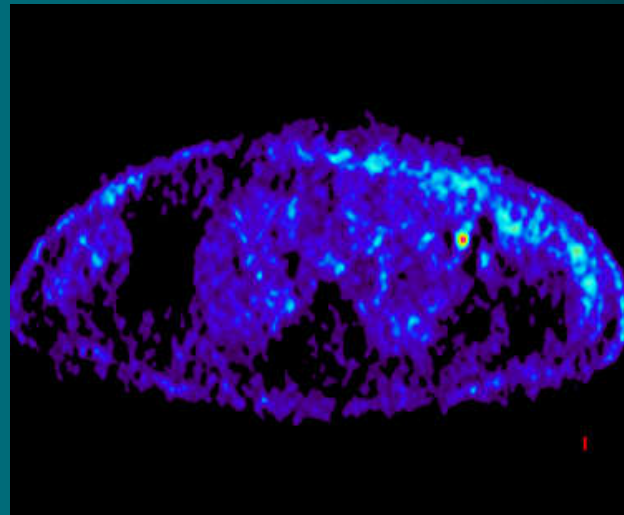
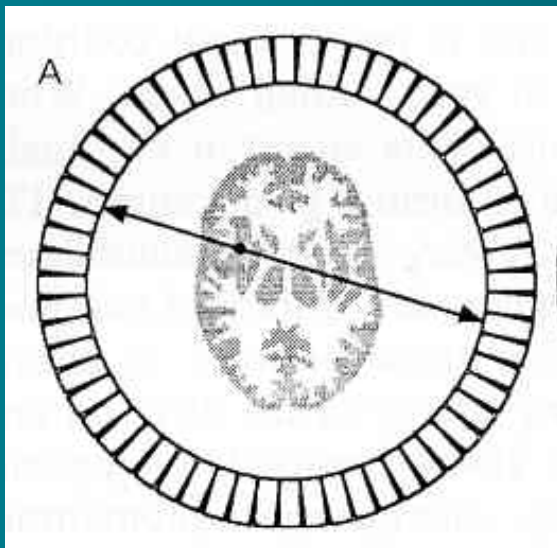
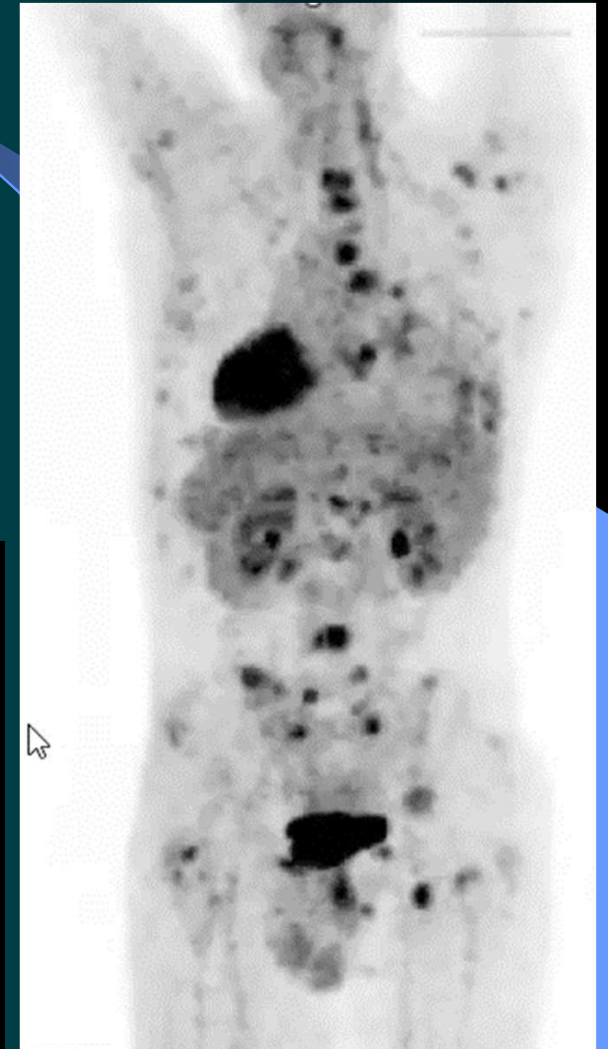
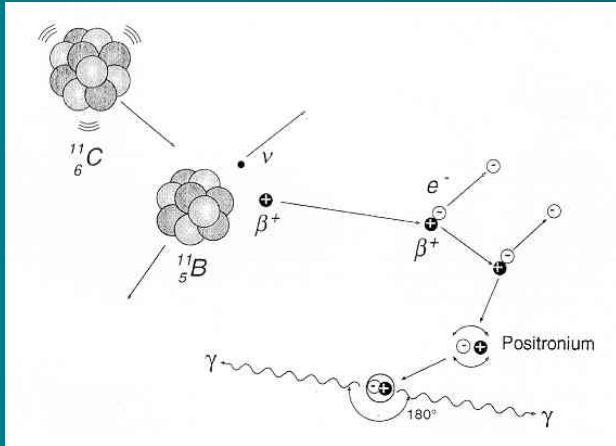
PET Leképezés

Pozitron sugárzó radiofarmakonok

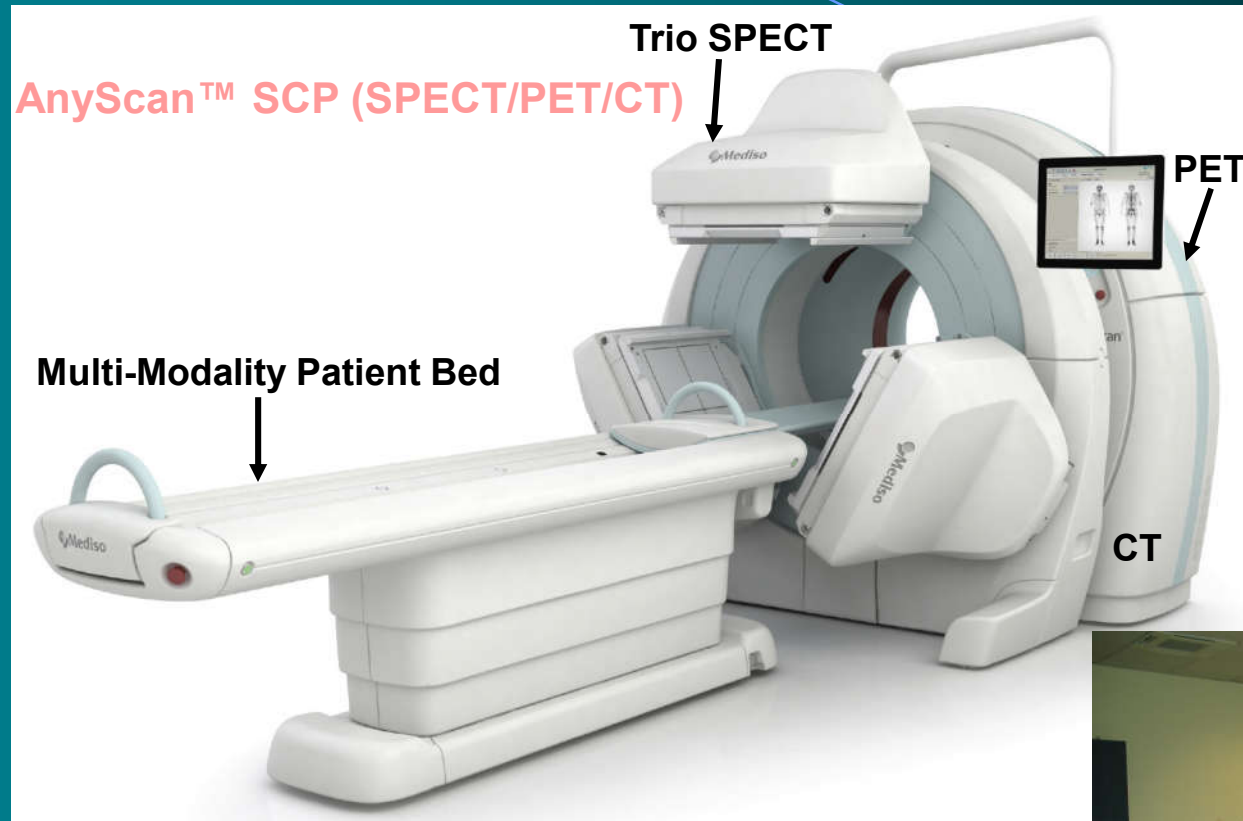
A legfontosabb pozitron sugárzó radiofarmakonok és felezési idejük:

^{11}C	20,4 min
^{13}N	9,96 min
^{15}O	2,07 min
^{18}F	109,7 min

Positron Emission Tomography (PET)



HYBRID IMAGING SYSTEMS SPECT/PET/CT



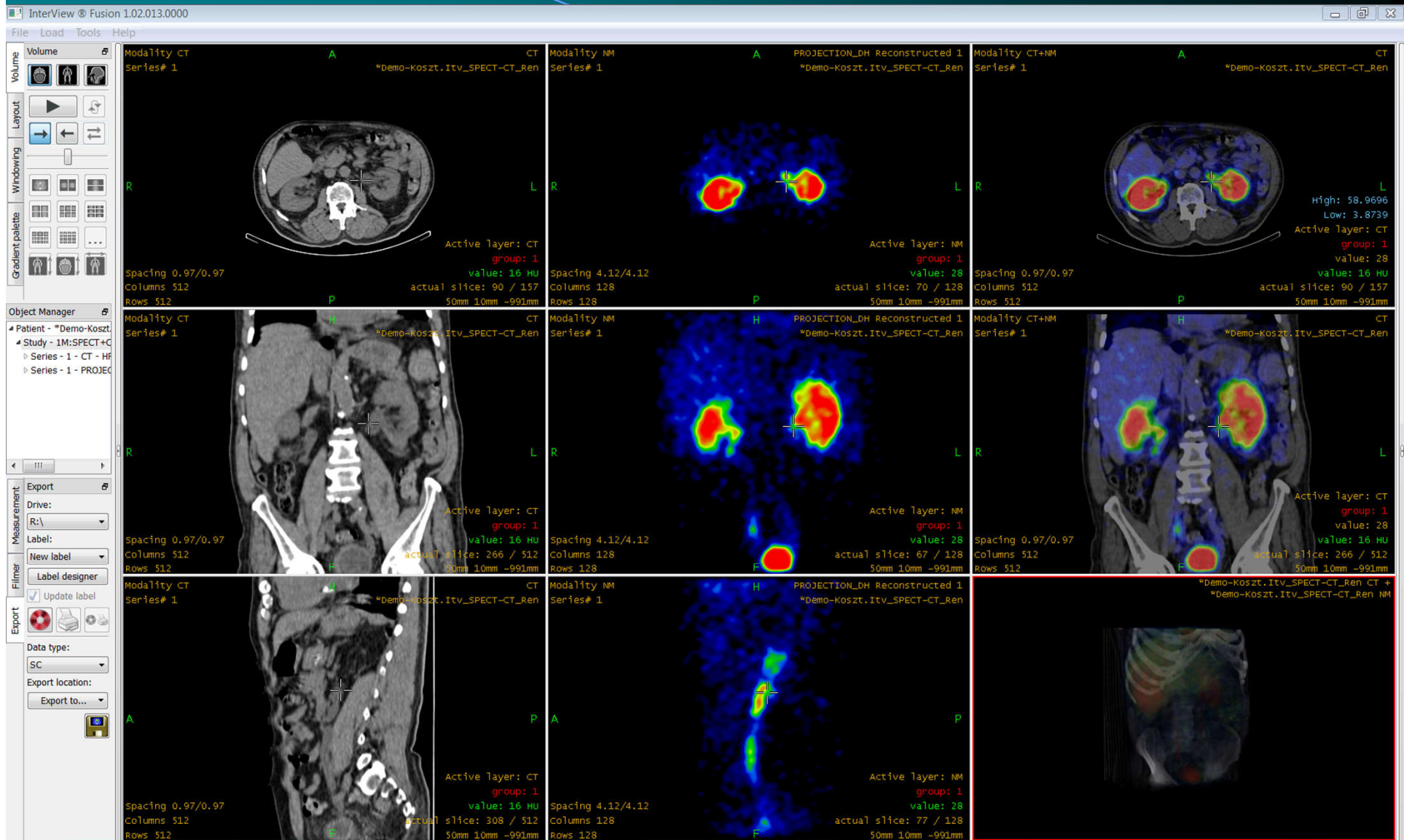
Semmelweis Egyetem ÁOK,
Orvosi Képző klinikai
Nukleáris Medicina Tanszék
Transzlációs Kutató Labor
AnyScan™ SCP

Triple Head Triple Modality Human Imaging

First TRIPLE MODALITY SYSTEM in the world
MEDISO Ltd. Budapest Hungary



Multi-Modalitású Technika SPECT-CT

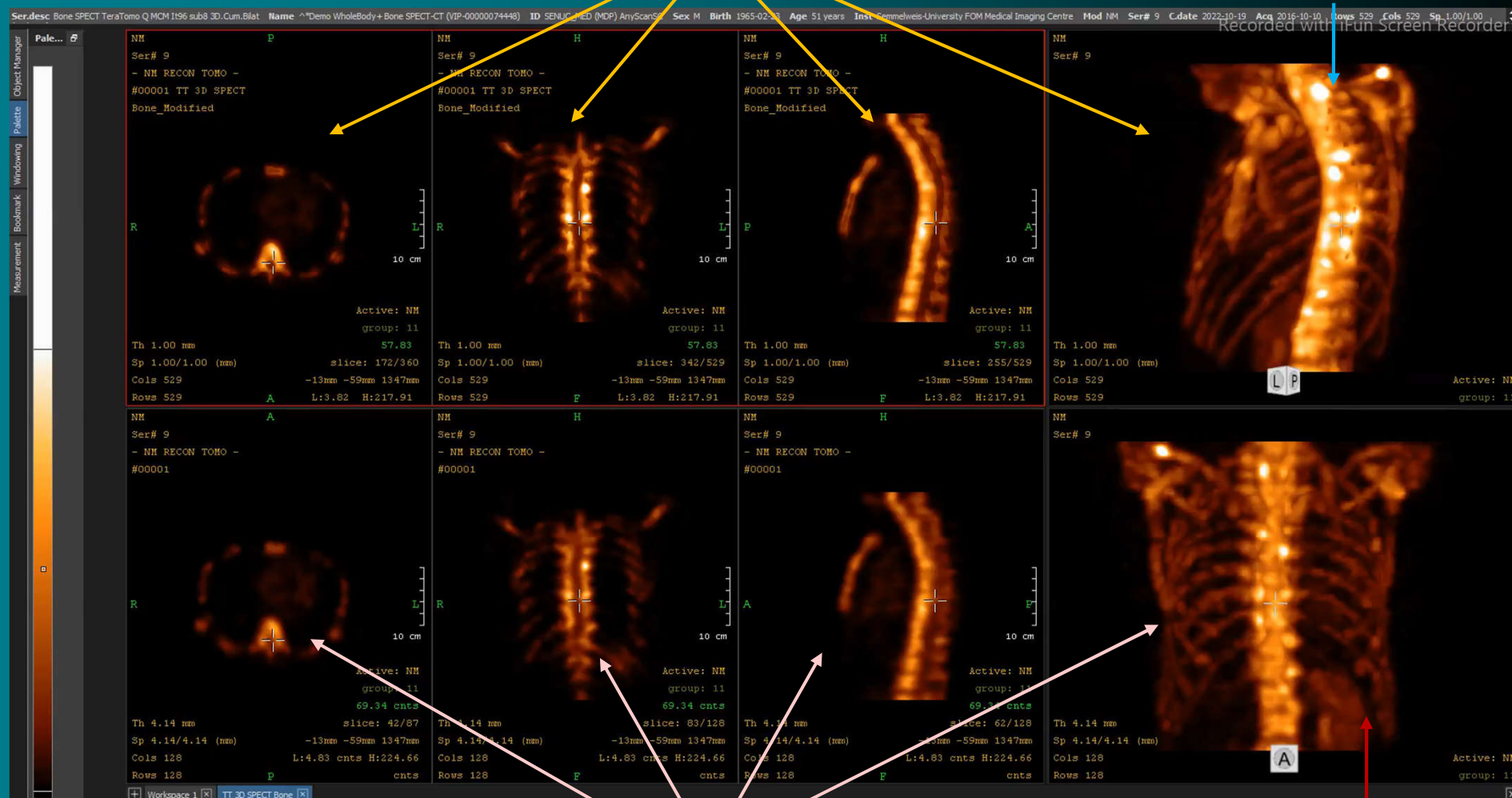


Új kérdések páciens dózis területén –Multi-Modalitású képtechnológiák–

CT Enhanced Bone SPECT Presentation

CT enhanced Bone SPECT displaying

3D Presentation

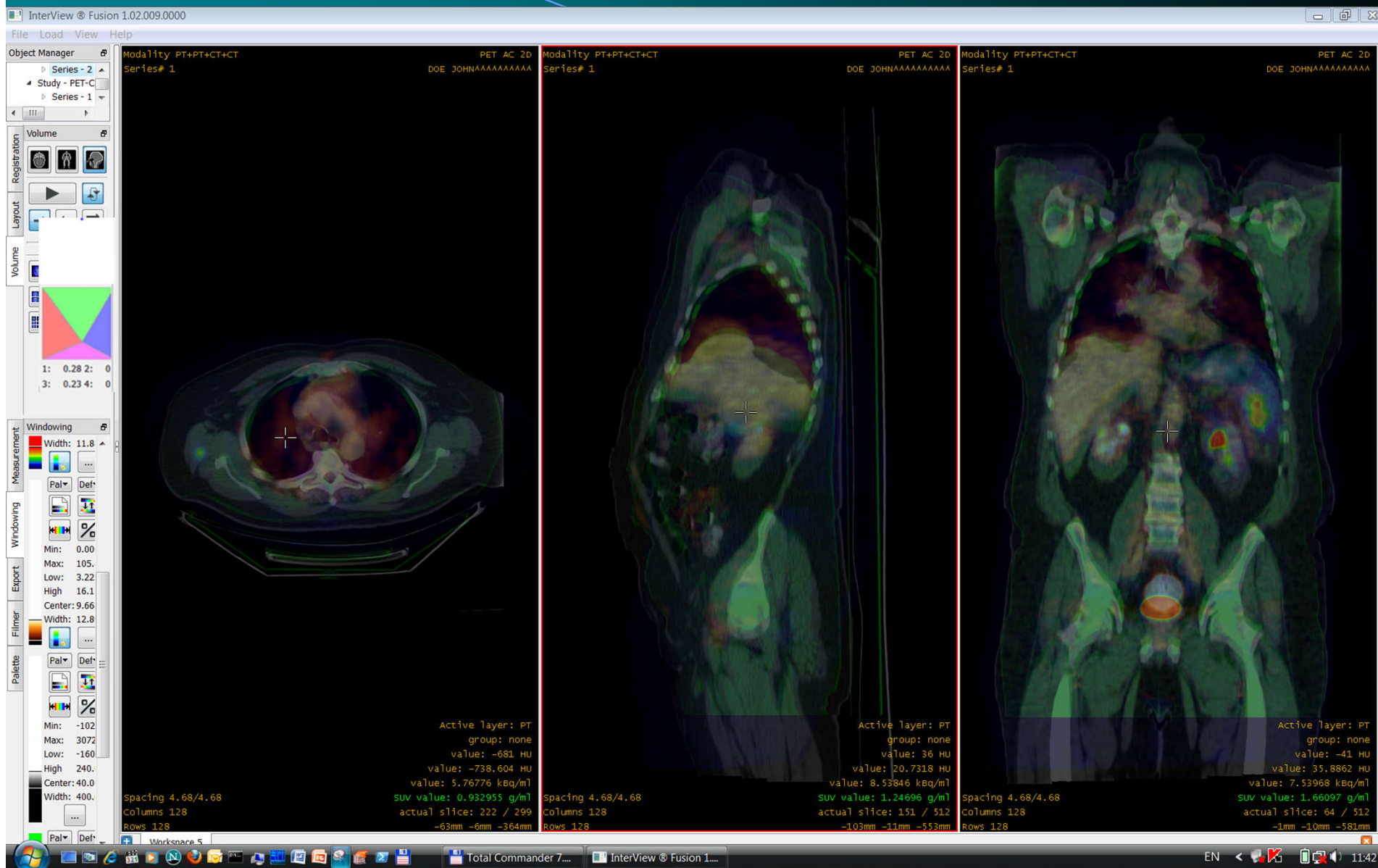


3D TeraTomo™ Q Reconstructed Bone SPECT Slices

3D Presentation

Result image is presented by InterView™ Fusion Medical Multi-Modality displaying tools

Multi-Fúziós (4 Sorozat) Kijelzési Technológia



Simultan Presentation of 4 Series Fusion PET-CT Comparative Study

Az in vitro vizsgálatok sugárterhelése

- Kicsi a sugárterhelés
- Az inkorporáció veszélyét el kell hárítani

Terápia nyílt radio-izotópokkal

- Radiojód terápia
- Tumor terápia

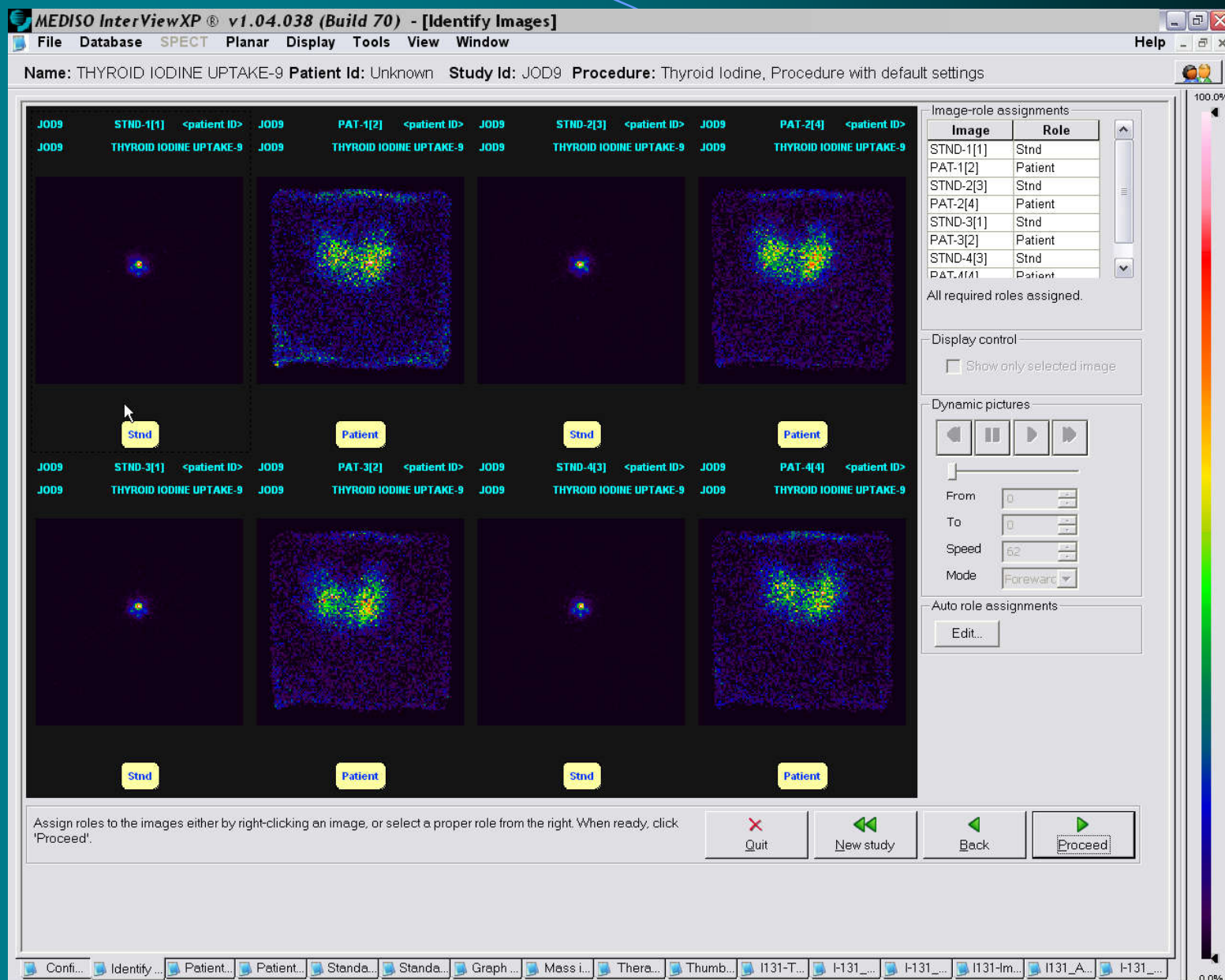
I^{131} Pajzsmirigy Terápia

Nuklid	$T_{1/2}$	$E(\beta^-)$, keV	$l_{\text{átlag}}$ mm	Alkalmazás
^{131}I	8 nap	606	0,5	Pajzsmirigy túlműködés, pajzsmirigy karcinóma és neuroendokrin tumorok terápiája. Intraarteriális terápiára májtumorok esetében. Biomolekulák jelzése, immunoterápiára irányuló orvosi biológiai kutatások.

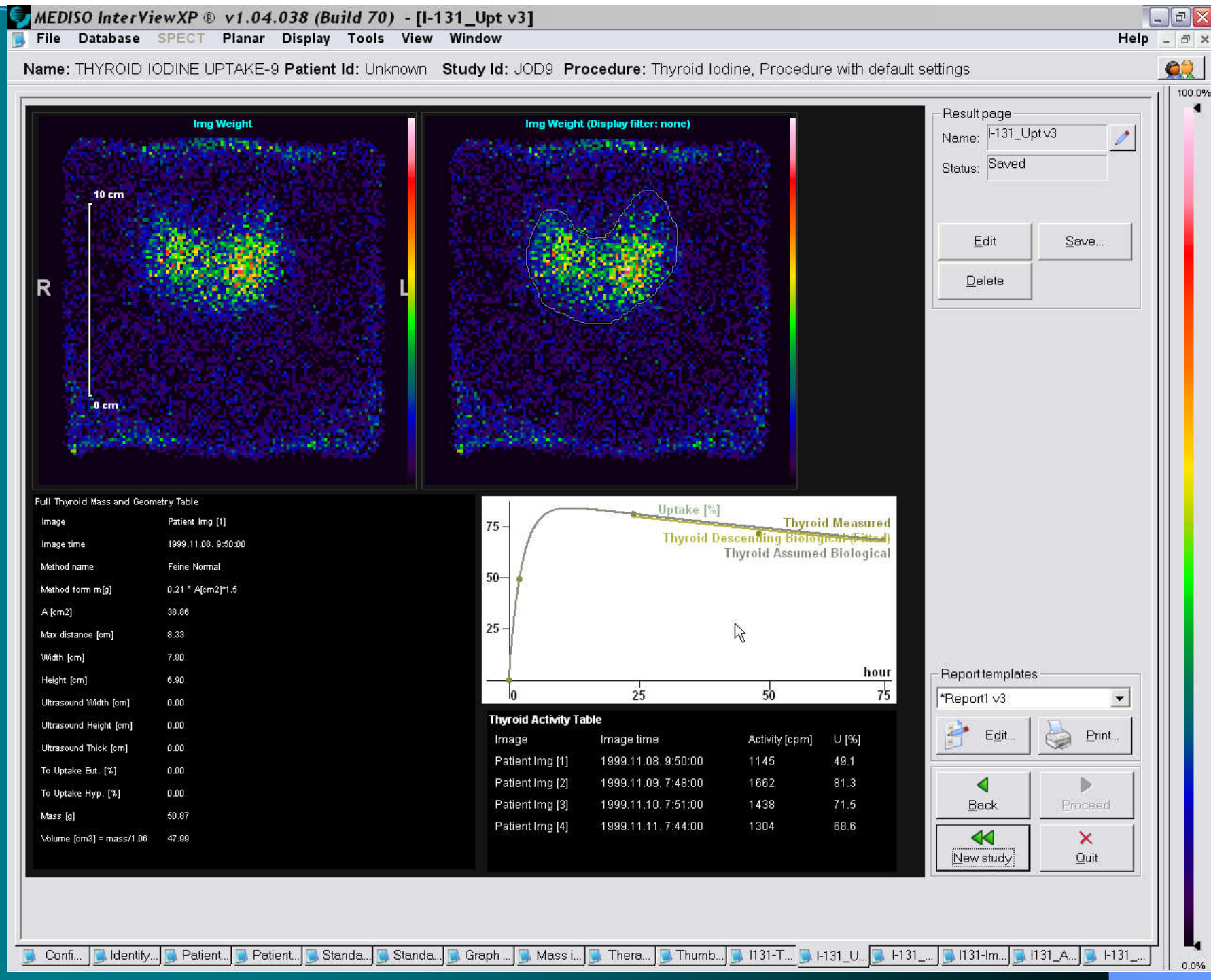
Radiojód terápia jóindulatú pajzsmirigy betegségek esetén

- Basedow kórban 40 – 80 Gy
- Hyperfunkciós adenoma 300 – 400 Gy
- Diffúz struma 150 – 200 Gy

A Pajzsmirigy Diagnosztika és Terápia Kapcsolata



2D Képi
alapú
radio-jód
felvételi
protokoll



MEDISO InterviewXP® v1.04.038 (Build 70) - [Mass image selection]

File Database **SPECT** Planar Display Tools View Window

Name: THYROID IODINE UPTAKE-9 Patient Id: Unknown Study Id: JOD9 Procedure: Thyroid Iodine, Procedure with default settings

Image

Patient Img [1]
☒ Interpolated ROI
☒ Interpolated Image

Full Thyroid

Method:

Feine Normal
Bauer et al.
Doering P, Kramer K.
Bajnok et al.
Feine Normal
Feine Long

Description:

Mass [g]:

Pixel size [mm]: x = 1.50 y = 1.50 [mm]

Area [cm2]: 38.86

Mass [g]: 50.9

Mass estimation to submit

Full Thyroid
Feine Normal
50.9 [g]
Submit

Submitted mass[g]

☒ Full Thyroid
Feine Normal
50.9

Please select a roi with the radio control. Estimate and submit the selected roi mass. Press 'Proceed' to the therapy page.

Quit
New study
Back
Proceed

100.0%

Választható tömeg becslő formulák

Confi... Identify... Patient... Patient... Standa... Standa... Graph ... Mass i... Thera... Thumb... I131-T... I-131_... I-131_... I131-Im... I131_A... I-131_...

MEDISO InterViewXP® v1.04.038 (Build 70) - [Therapy configuration]

File Database SPECT Planar Display Tools View Window Help

Name: THYROID IODINE UPTAKE-9 Patient Id: Unknown Study Id: JOD9 Procedure: Thyroid Iodine, Procedure with default settings

Thyroid Iodine Therapy Configuration

ROI doses (d) in Gray

Thyroid	Others (Oth)	Nodules (Nod)	Extra Nodular Area (ENA)
120 Add	120 Ignore	350 Ignore	120 Ignore

I131 Therapy activity calculation

ROI name	Thyroid	Calculated
U max [%]	84.15	
T eff [days]	4.05	
m [gram]	50.9	
d [Gray]	120	
Applied form	$A \text{ [MBq]} = 25 * m \text{ [g]} * d \text{ [Gray]} / (U_{\text{max}} \text{ [%]} * T_{\text{eff}} \text{ [d]})$	
A [MBq]	447	
Add/Ignore	Add	
I131 therapy activity to be administered	447 [MBq]	450

Isotope passport

Isotope passport # and date: PI131ASS4657 11:37:44 1999.11.02.

Isotope unit and activity [MBq]: ☒ ml ☐ capsule 122

Activity to be prepared

I131 therapy administration date: 20:55:08 1999.11.08.

Isotope administration activity [MBq/ml]: 70.34

Activity to be prepared [ml]: 6.40

Name of the doctor performing/requesting radio-iodine therapy

Performing: Dr. Terapias Orvos

Requesting: Dr. Kero Orvos

Patient data

Patient name: THYROID IODINE UPTAKE-9

Patient address: Budapest VIII. ker. Ulloi ut. 146

Social security #: 23904140012

Notification data

If urgent medical attendance is required within a week of the radio-iodine administration, notification should be made to:

Person: Kozeli Hozzatartozo

Phone number: +36-1-2364-5478

Institute: Endokrinologiai Intezet

Address: Budapest VIII. ker Gyogyito u. 01 sz.

Please configure procedure, then click Proceed.

Quit New study Back Proceed

Conf... Identify... Patient... Patient... Standa... Standa... Graph... Mass... Therap... Thumb... I131-T... I-131... I-131... I131-Im... I131_A... I-131...

MEDISO InterviewXP® v1.04.038 (Build 70) - [I-131_Upt_Ther v3]

File Database **SPECT** Planar Display Tools View Window

Name: THYROID IODINE UPTAKE-9 Patient Id: Unknown Study Id: JOD9 Procedure: Thyroid Iodine, Procedure with default settings

Thyroid Counts Table

Image	Patient Img [1]
Image time	1999.11.08. 9:50:00
Number of pixels	1727.00
Sum count	5725.00
Sum count [cpm]	1145.00
Max count	14.00
A [cm2]	38.86
Ave count	3.31
A [cm2]	38.86
count [cpm]	1145.00

Measuring I131 for therapy

$A[\text{MBq}] = 25 * m[\text{g}] * d[\text{Gray}] / (U_{\text{max}}[\%] * T_{\text{eff}}[\text{d}])$	
Activity Calculated [MBq]	447.31
Activity needed [MBq]	450.00
Activity to administrate [MBq]	450.00
Administrated activity [MBq / ml]	70.34
Activity to administrate [ml]	6.40
Passport activity [MBq / ml]	122.00
Passport number	PI131ASS4657
Passport date	Nov 02, 1999
Administration date	Nov 08, 1999

Result page
Name: I-131_Upt_Ther v3
Status: Saved

Edit Save...

Delete

Thyroid Activity Table

Image	Image time	Activity [cpm]	U [%]
Patient Img [1]	1999.11.08. 9:50:00	1145	49.1
Patient Img [2]	1999.11.09. 7:48:00	1662	81.3
Patient Img [3]	1999.11.10. 7:51:00	1438	71.5
Patient Img [4]	1999.11.11. 7:44:00	1304	68.6

Report templates
*Report1 v3

Edit... Print...

Back Proceed

New study Quit

Confi... Identify... Patient... Patient... Standa... Standa... Graph... Mass i... Thera... Thumb... I131-T... I-131_... I-131_... I131-Im... I131_A... I-131_U...

100.0%

0.0%

Előírások a terápiában részesült betegek számára

Előírások / Nyilatkozat I-131 izotóppal kezelt beteg részére

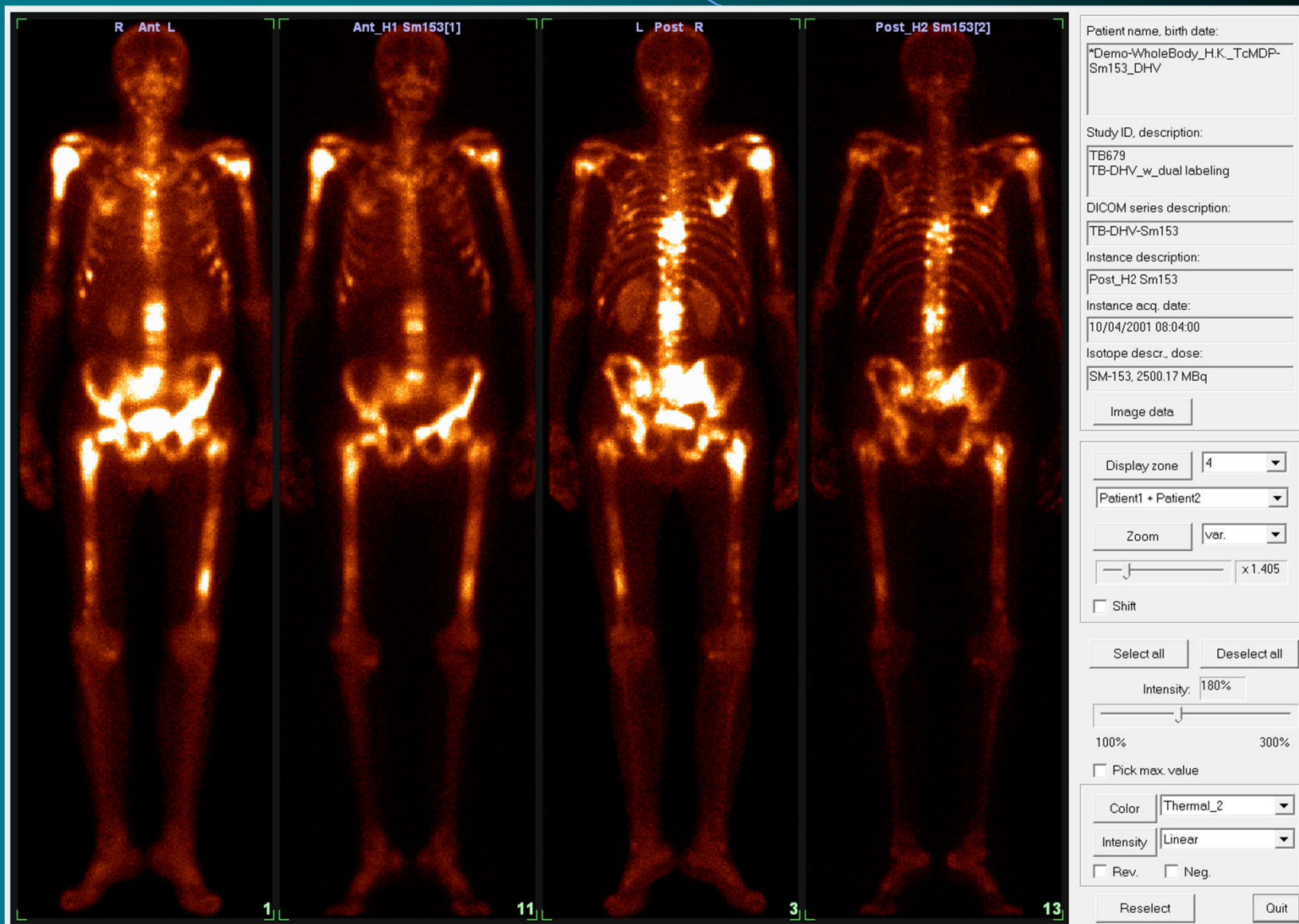
		Beadott I-131 aktivitása	
		<250 Mbq	250-550 MBq
1.	Tömegközlekedést nem vehet igénybe	- napig	4 napig
2.	Más személyhez 1 m-nél közelebb ne tartózkodjon huzamos ideig	2	4
3.	Nem tartózkodhat egy helyiségben gyermekkel és terhesekkel.	7	14
4.	Amennyiben közös háztartásban él, külön WC-t kell a beteg számára biztosítani	3	5
5.	Legyen fokozott figyelemmel az alábbi higiénés követelményekre: a) férfiak is ülve használják a toalettet b) WC használat után gondosan mosson kezet c) WC használat után a WC-t 2-3x öblítse le	7	14
6.	Igyon bőven folyadékot	1	1
7.	Használjon külön ágyneműt, ezt és a fehérneműjét mossák külön	7	7
8.	Használjon külön evőeszközt	7	7
9.	Leghamarabb munkába állhat	2 nap múlva	4

Csontterápiában alkalmazott radio-farmakonok

Radioizotóp	³² P	⁸⁹ Sr	¹⁸⁶ Re	¹⁵³ Sm
Fizikai felezési idő	14,3 nap	50,5 nap	3,77 nap	1,95 nap
E _{βmax} (MeV)	1,71	1,49	1,08	0,81
Maximális hatótávolság	8,7 mm	8 mm	5 mm	3 mm
E _γ (keV)	-	-	137	103
Leképezés	Bremsstrahlung	Bremsstrahlung	igen	igen
Izoláció	-	-	igen	igen
Beadott aktivitás	0,33-0,66 (GBq)	1,5-2,0 (MBq/kg)	0,9-1,3 (GBq)	10-37 (MBq/kg)
Kémiai forma	Foszfát	Klorid	HEDP	EDTMP
Reakció arány	65-74%	79%	79%	65-80%
Mellékhatás	jelentős	min.	min.	min.
Előny	-	Járó beteg	Leképezés/ dozimetria	Leképezés/ dozimetria
Hátrány	Csontvelő dózis	Ár	Ár/hozzáférési lehetőség	Hozzáférési lehetőség

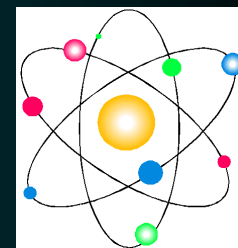
A csontterápiában alkalmazott radioizotópok jellemzői

Tc^{99m} MDP- Sm^{153} EDTMP Egésztest vizsgálat komparatív képi eredménye



Radionuklid terápia

Benignus és malignus pajzsmirigybetegek (differentiált pm. rák, hyperthyreosis, struma)		^{131}I -NaI
Fájdalmas csontmetastasisok palliatív kezelése		^{89}Sr -klorid
		^{186}Re -HEDP
		$^{153}\text{Sm}/^{90}\text{Y}$ EDTMP
Radiosynovectomia	Nagy ízület	^{90}Y -kolloid
	Közepes, kis íz.	^{186}Re -szulfid
Phaeochromocytoma, neuroblastoma, medullaris pajzsmirigyrák		^{131}I -MIBG
Carcinoid		^{90}Y - szomatosztatin analóg
Hepatocellularis carcinoma		^{131}I -lipiodol
Radioimmunoterápia (lymphoma)		$^{131}\text{I}/^{90}\text{Y}$ -antitest
Polycythaemia vera, esszenciális thrombocytaemia		^{32}P -Na-foszfát



Köszönet a figyelemért

