



“AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Hotel Antequera Hills, 7 de junio 2024

Práctica clínica en dosimetría de tratamientos con radionucleidos.

Florencio Javier Luis Simón

Especialista en Radiofísica Hospitalaria

María Perucha Ortega

Especialista en Radiofísica Hospitalaria

Sara Delgado Espinosa

Residente en Radiofísica Hospitalaria



ÍNDICE

- TERAPIAS HUVR
- DOSIMETRIA EN TRATAMIENTOS DE HIPERTIROIDISMO I-131
- DOSIMETRIA EN TRATAMIENTOS DE RADIOEMBOLIZACIÓN Y-90

“AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera
7 de junio 2024

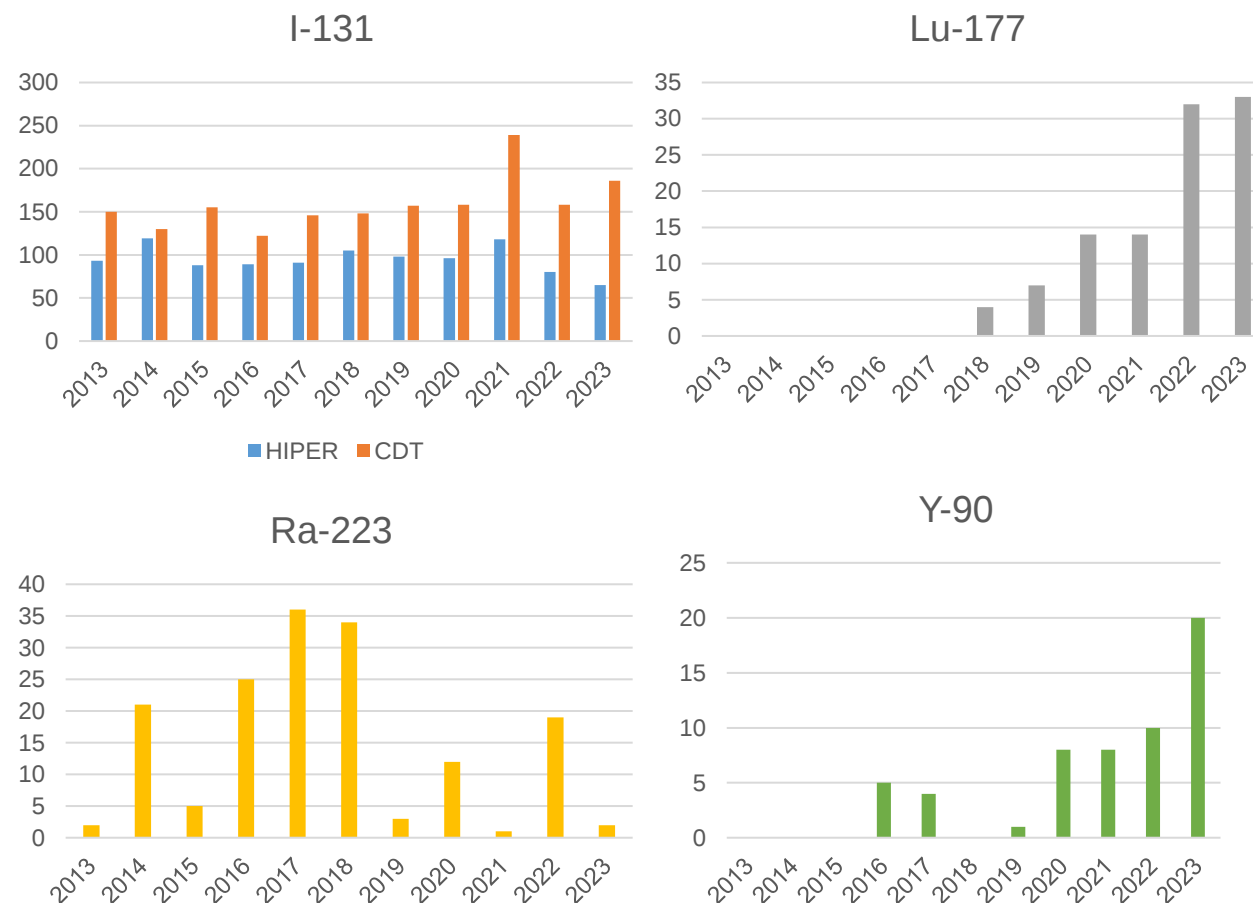


TABLE 10.1. AN OVERVIEW OF RADIONUCLIDES USED FOR RPT, THE ASSOCIATED TRACER, THE TARGET INVOLVED AND THE CLINICAL INDICATION(S)

(courtesy of E. Verburg and M. Lassmann)

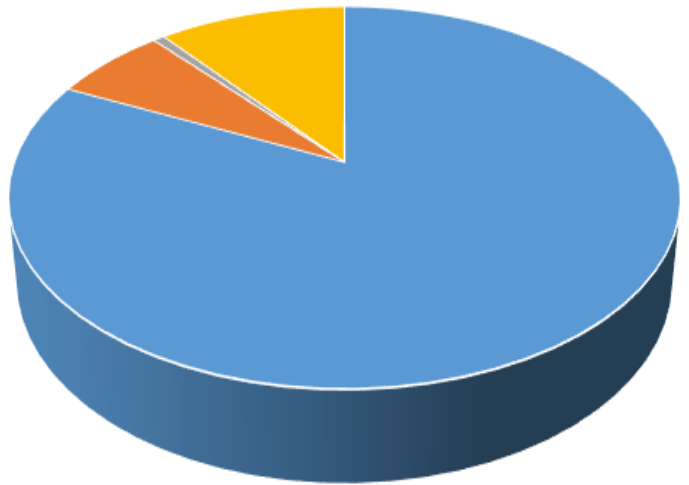
Radionuclide	Radiopharmaceutical	Target	Clinical indication
I-131	I-131 sodium iodide	Sodium-iodine-symporter	Benign and malignant thyroid disease
	I-131 mIBG	Active transport into cells of neuroendocrine lineage	Malignant pheochromocytoma, carcinoid, paraganglioma, neuroblastoma
Lu-177	Lu-177 labelled somatostatin analogues	Somatostatin receptor	Neuroendocrine tumours
	Lu-177 PSMA	Prostate-specific membrane antigen	Metastatic, castration resistant prostate cancer
Ra-223	Ra-223 dichloride	Osteoblastic activity: calcium metabolism	Metastatic, castration resistant prostate cancer
Y-90	Y-90 microspheres	Liver tumours	Primary and secondary liver malignancies

TERAPIAS HUVR

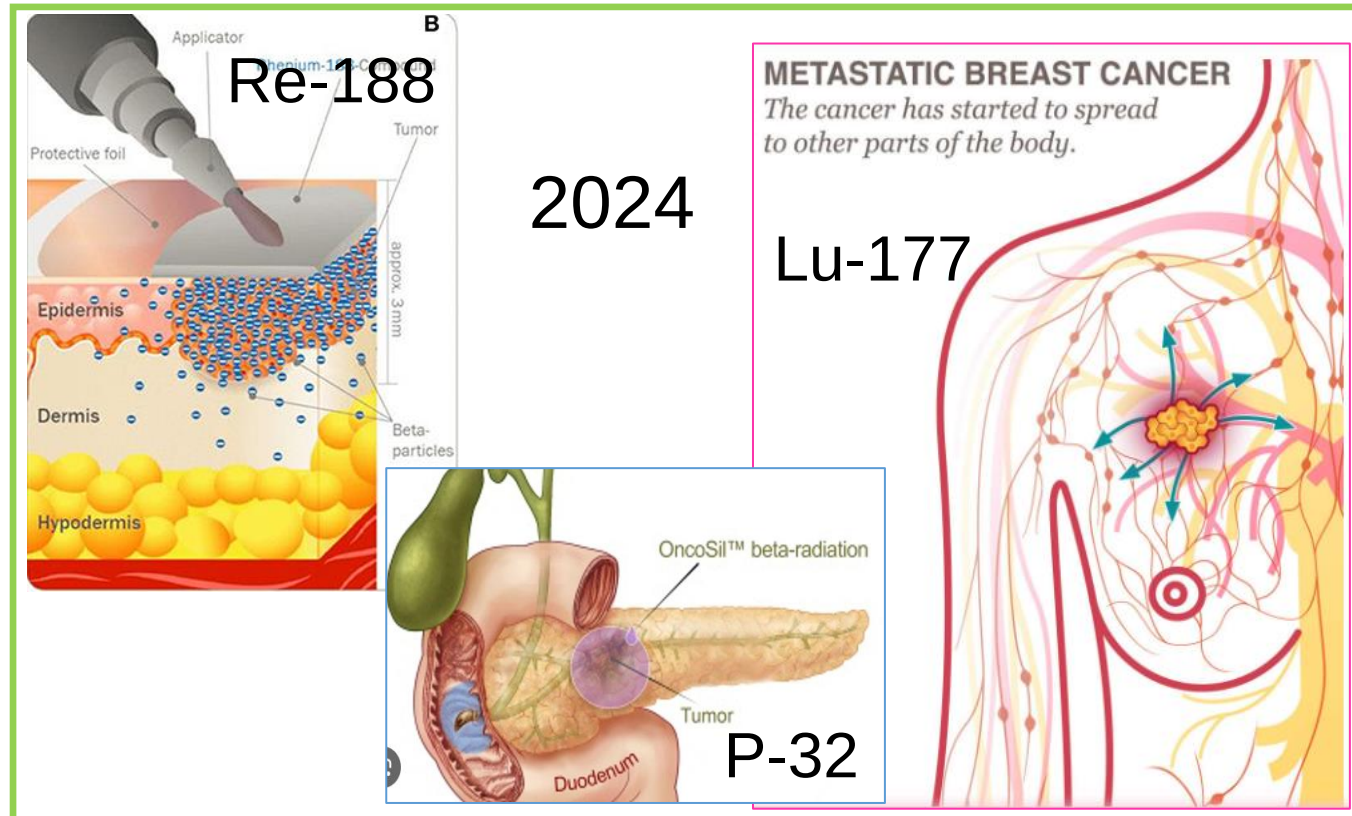


TERAPIAS HUVR

Distribución de número de pacientes 2023

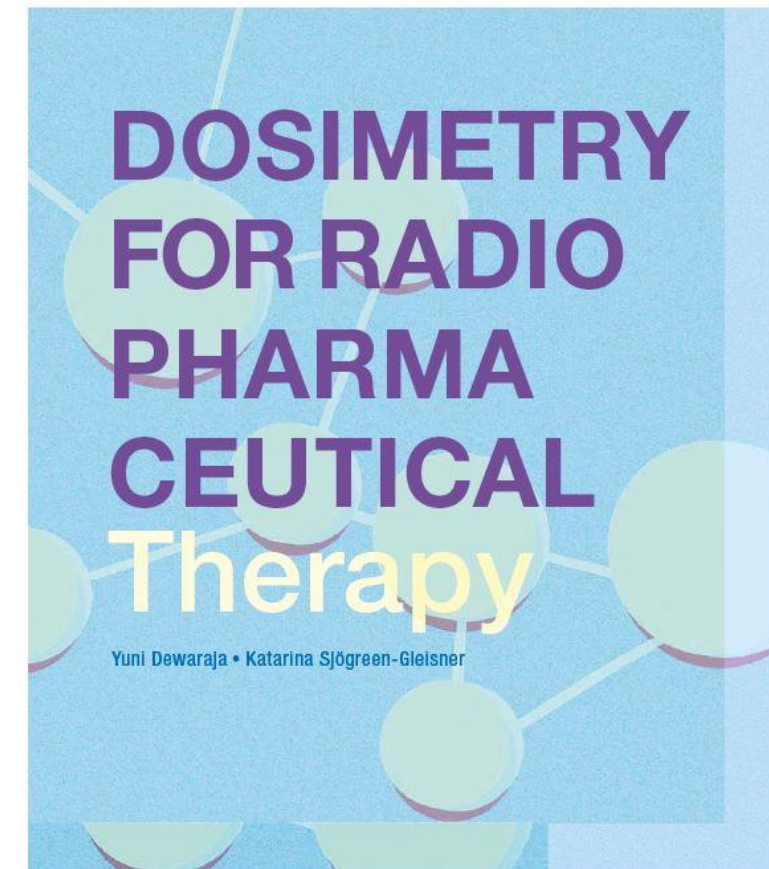


■ I131 ■ Y90 ■ Ra223 ■ Lu177



“AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera
7 de junio 2024



PRINCIPLES OF DOSIMETRY IN RADIOPHARMACEUTICAL THERAPIES

Dosimetry
Committee



Artículo Científico

Procedimientos recomendados de dosimetría de pacientes en tratamientos de hipertiroidismo con ^{131}I . Grupo de trabajo de dosis tras la administración de radiofármacos de la S.E.F.M.

Procedures for use in dosimetry of patients undergoing ^{131}I therapy of benign thyroïdal disease. Report of the SEFM. Working group on radiation dose estimations after administration of radiopharmaceuticals

Raquel Barquero Sanz,^{1,*} Natividad Ferrer García,² Javier Luis Simón,³ Josep M Martí-Climent,⁴ Luis Carlos Martínez Gómez,⁵ Pablo Mínguez Gabiña,⁶ Carlos Montes Fuentes,⁷ Rafael Plaza Aparicio,⁸ M^a Ángeles Rivas Ballarín⁹

Artículo Científico

Dosimetría de pacientes con cáncer diferenciado de tiroides en tratamiento de terapia metabólica con ^{131}I a partir de medidas de tasa de dosis externa

Dosimetry by means of external dose rate measurements in patients undergoing ^{131}I thyroid cancer therapy

MA Ruiz^{1*}, N Ferrer², D Córdoba², L Alonso², JM Sastre² y L Arranz²

¹ Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica. Hospital Universitario Doce de Octubre. Madrid.

² Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid.

Fecha de Recepción: 29/10/2009 - Fecha de Aceptación: 11/01/2010

DOSIMETRIA Lu-177 SETUP DE LA INSTRUMENTACIÓN

Fuente calibrada proporcionada por promotor

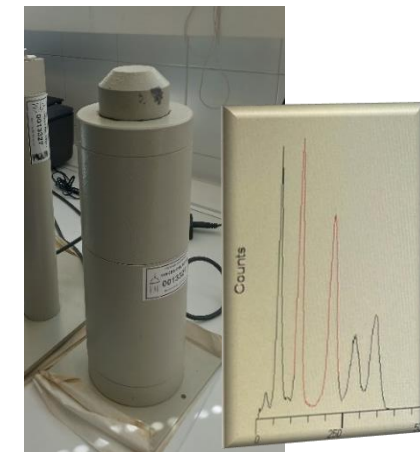


Equipos a calibrar:

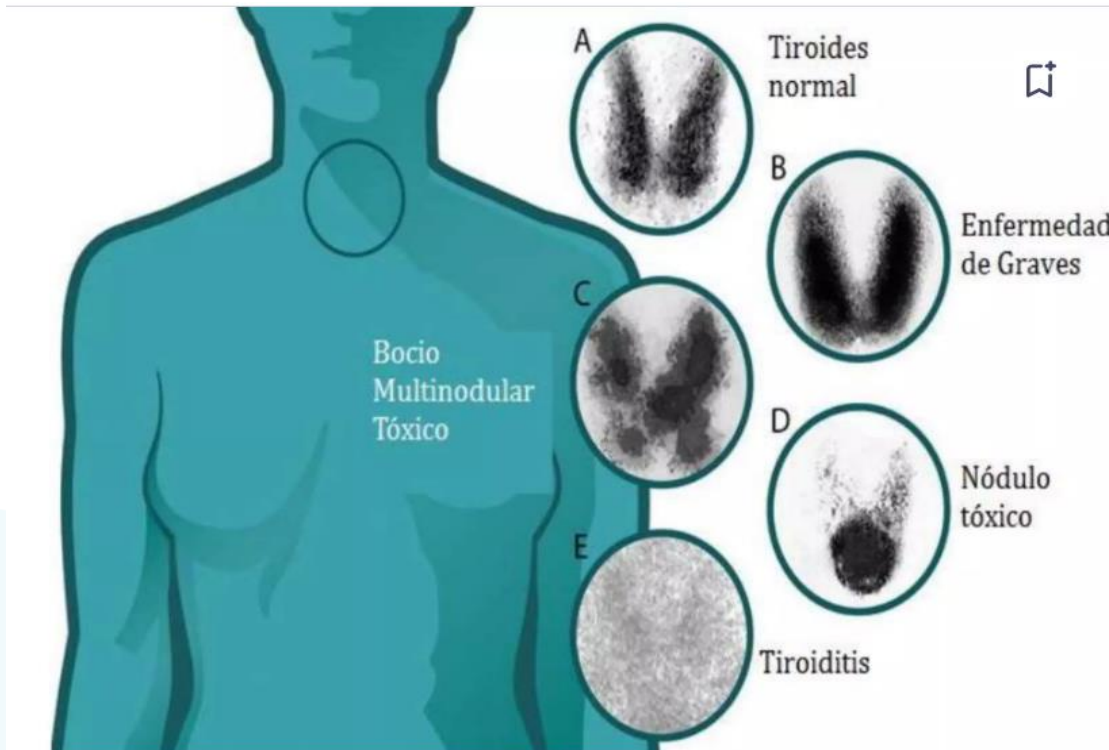
- Activímetro
 - Vial
 - Jeringa
- Gammacámara
 - Maniquí NEMA body IEC
 - SPECT/CT
 - TEW (208,4 keV)



- Well counter
 - Ventana (102-229 keV)



DOSIMETRIA EN TRATAMIENTOS DE HIPERTIROIDISMO



Causas más comunes de hipertiroidismo:
Autoinmune (enfermedad de Graves)
Bocio multinodular tóxico
Adenoma tóxico

Tratamiento del hipertiroidismo

Medicamentos antitiroideos
Tiroidectomía o cirugía de remoción de la glándula tiroides

Terapia metabólica con yodo radioactivo

TERAPIA METABÓLICA I-131

I-131 químicamente idéntico a I-127 estable

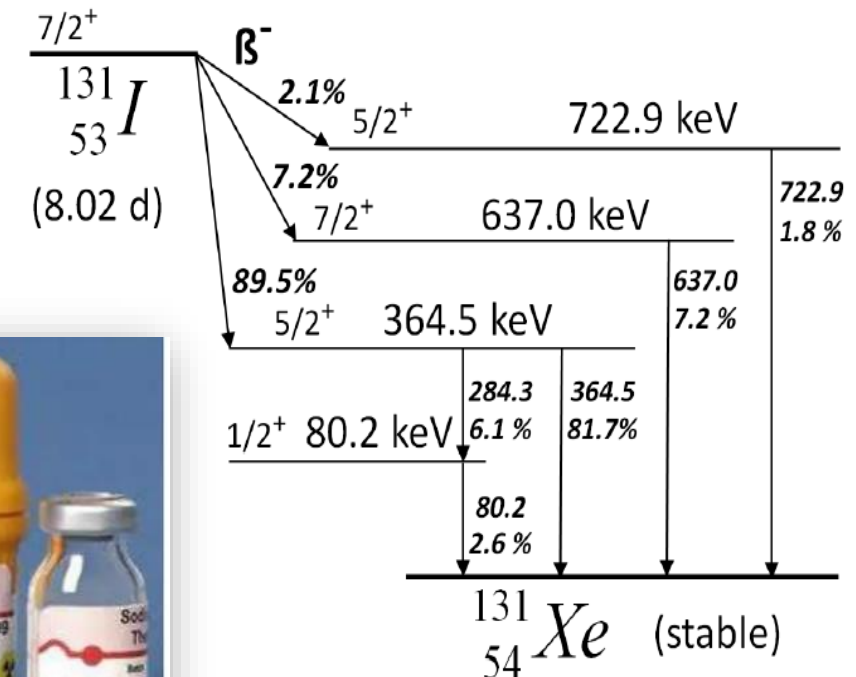
Administración vía oral (solución o capsulas)

Captación alta - 60%

Radiación beta $R_{av}=0.4$ mm (y gamma)

Vida media física 8 días

Más del 99% radiación en 56 días



PRESCRIPCIÓN I-131 HIPERTIROIDISMO

Enfermedad de Graves:
160 Gy

Método de la actividad fija

- Tamaño de la glándula tiroidea
- Más fácil y más usado

[Home](#) > [European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging](#) > [Article](#)

The EANM guideline on radioiodine therapy of benign thyroid disease

[Guidelines](#) | [Open access](#) | Published: 03 July 2023

Volume 50, pages 3324–3348, (2023) [Cite this article](#)



Marinelli



$$A (\mu Ci) = \frac{100 * M (g) * P(\mu Ci/g)}{C_{24h}(\%)}$$

P = 100 μ Ci/g para enfermedad Graves → D $\approx$ 70 – 100 Gy

$$D = \frac{[A(t)] [E]}{[M]}$$

$$\overline{D} = A_s \times S$$

$$D = k \frac{\tilde{A}}{m} \sum_i n_i E_i \phi_i$$

$$D_T = \sum_S \tilde{A}_S S(T \leftarrow S)$$

“AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera
7 de junio 2024



Artículo Científico

Procedimientos recomendados de dosimetría de pacientes en tratamientos de hipertiroidismo con ^{131}I . Grupo de trabajo de dosis tras la administración de radiofármacos de la S.E.F.M.

Procedures for use in dosimetry of patients undergoing ^{131}I therapy of benign thyroidal disease. Report of the SEFM. Working group on radiation dose estimations after administration of radiopharmaceuticals

Raquel Barquero Sanz,^{1,*} Natividad Ferrer García,² Javier Luis Simón,³ Josep M Martí-Climent,⁴ Luis Carlos Martínez Gómez,⁵ Pablo Minguez Gabiña,⁶ Carlos Montes Fuentes,⁷ Rafael Plaza Aparicio,⁸ M^a Angeles Rivas Ballarín⁹

¹ Servicio Radiofísica y P.R., Hospital Clínico Universitario de Valladolid, Valladolid.

² Servicio de Radiofísica, Hospital Universitario Ramón y Cajal, Madrid.

³ Servicio de Radiofísica, Hospital Virgen del Rocío, Sevilla.

⁴ Servicio de Radiofísica y P.R., Clínica Universidad de Navarra, Pamplona.

⁵ Servicio de Radiofísica Hospitalaria, Hospital Universitario 12 de Octubre, Madrid.

⁶ Unidad de Protección Radiológica y Radiofísica, Hospital Universitario Cruces-Gurutzeta, Bilbao.

⁷ Servicio de Radiofísica y P.R., Hospital Universitario de Salamanca, Salamanca.

⁸ Servicio de Radiofísica, Hospital Universitario La Paz, Madrid.

⁹ Servicio de Física y P.R., Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa, Zaragoza.

Este documento del Grupo de trabajo de la Sociedad Española de Física Médica sobre dosimetría clínica de pacientes tras la administración de radiofármacos, presenta los procedimientos de estimación de dosis absorbida por el paciente en tratamientos de hipertiroidismo con ^{131}I . El documento recoge los procedimientos recomendados internacionalmente para su aplicación en los Servicios de Medicina Nuclear para realizar una dosimetría personalizada de cada paciente. Por lo tanto se basa en la realización de medidas individuales en el mismo, realizadas bien sobre las imágenes obtenidas con una gammacámara planar (GC), o con una sonda de captación, y en algún caso con un monitor de exposición externa, es decir con los equipos accesibles en cualquier servicio de Medicina Nuclear (MN).

El documento explica cómo estimar la dosis absorbida en la glándula, a partir de la medida de los tres parámetros necesarios evaluados en cada paciente: la masa captante, la actividad captada y el periodo efectivo de eliminación.

Para determinar la masa de la glándula se propone un método basado en la imagen planar.

Para determinar la actividad captada en un instante cualquiera después de la administración terapéutica, se proponen cinco métodos. Tres de ellos se basan en utilizar la imagen planar de dicha captación, y se diferencian entre sí en la forma de calibrar la GC: uno, siguiendo las recomendaciones de la European Association of Nuclear Medicine (EANM),¹ con un único factor de calibración obtenido con maniquí. El segundo, con calibración en aire e imagen conjugada (metodología MIRD 16).² El tercero, siguiendo la recomendación de la referencia,³ utilizando el procedimiento clásico de calibración de detectores $\text{In}(\text{Ti})$, es decir midiendo la eficiencia intrínseca de cada gammacámara, y calculando la eficiencia geométrica en cada adquisición de cada paciente. El cuarto método para determinar la actividad tiroidea se basa en la medida con un equipo de los denominados “sonda de captación”. Este se basa en un procedimiento¹ que incluye tanto el método de la imagen o medida única AP, como el método de la imagen conjugada. El quinto método utiliza un monitor de exposición externa para estimar la actividad en el tiroides y en cuerpo entero.⁴

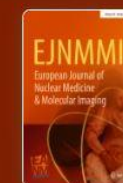
La determinación de la evolución temporal de la actividad tiroidea, dependerá de la disponibilidad de los equipos GC o sonda de captación para hacer un número de medidas suficiente para obtener un ajuste mono o bi exponencial con suficiente exactitud. Si esto no es posible, por la presión asistencial o por otros motivos, se presenta una forma de estimar dicha evolución a partir de medidas ambientales de exposición externa efectuadas en torno al paciente en los diferentes instantes de tiempo de interés.

* Correspondencia
rbarquerosa@saludcastillayleon.es

Home > [European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging](#) > Article

EANM Dosimetry Committee Series on Standard Operational Procedures for Pre-Therapeutic Dosimetry II. Dosimetry prior to radioiodine therapy of benign thyroid diseases

Guidelines | Published: 11 April 2013



[European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging](#)

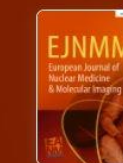
[Aims and scope](#) →

Home > [European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging](#) > Article

EANM procedure guidelines for therapy of benign thyroid disease

Guidelines | Published: 13 July 2010

Volume 37, pages 2218–2228, (2010) [Cite this article](#)



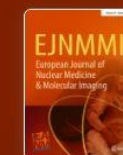
[European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging](#)

Home > [European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging](#) > Article

EANM practical guidance on uncertainty analysis for molecular radiotherapy absorbed dose calculations

Guidelines | [Open access](#) | Published: 14 September 2018

Volume 45, pages 2456–2474, (2018) [Cite this article](#)



[European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging](#)

[Aims and scope](#) →

[Submit manuscript](#) →

[Download PDF](#) ↓

🔒 You have full access to this [open access](#) article

EANM Dosimetry Committee Series on Standard Operational Procedures for Pre-Therapeutic Dosimetry II. Dosimetry prior to radioiodine therapy of benign thyroid diseases.

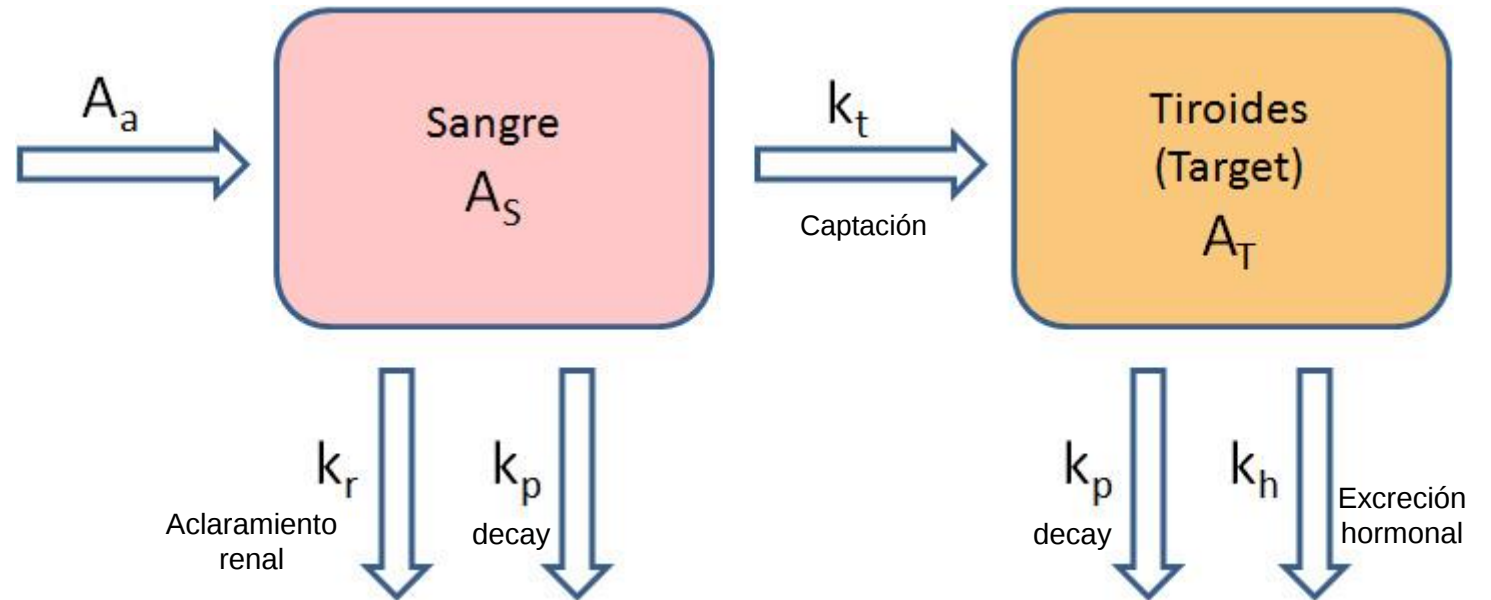
Eur J Nucl Med Mol Imaging 40, 1126–1134 (2013).



MODELO BICOMPARTIMENTAL

$$k_B = k_r + k_p + k_t$$

$$k_T = k_p + k_h$$



MODELO BICOMPARTIMENTAL

$$\frac{A_T(t)}{A_a} = RIU(t) = \frac{k_t}{k_B - k_T} \cdot (e^{-k_T \cdot t} - e^{-k_B \cdot t})$$

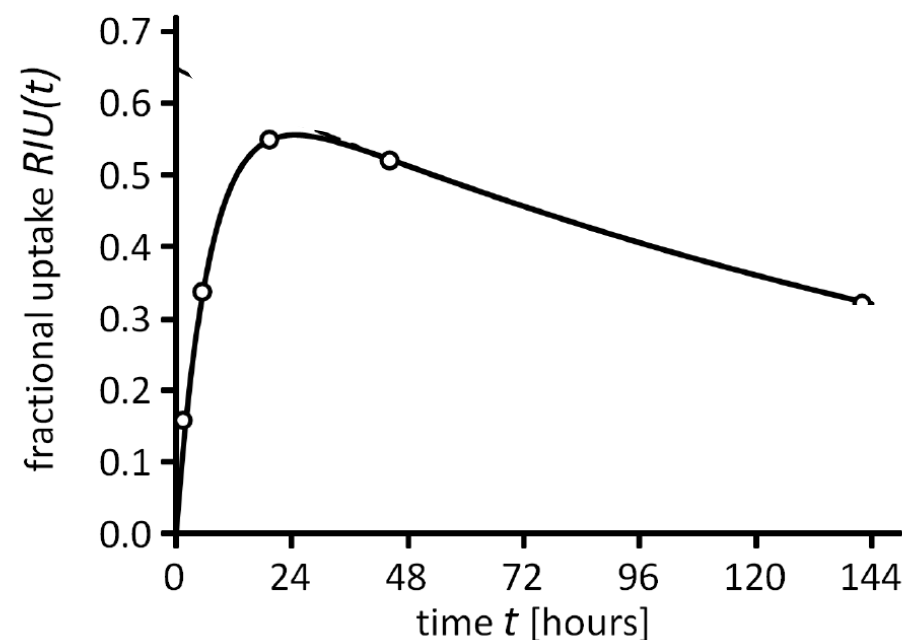
3 MEDIDAS DE CAPTACIÓN
PARA 3 INCOGNITAS
(TASAS DE TRANSFERENCIA)

Recomendado:

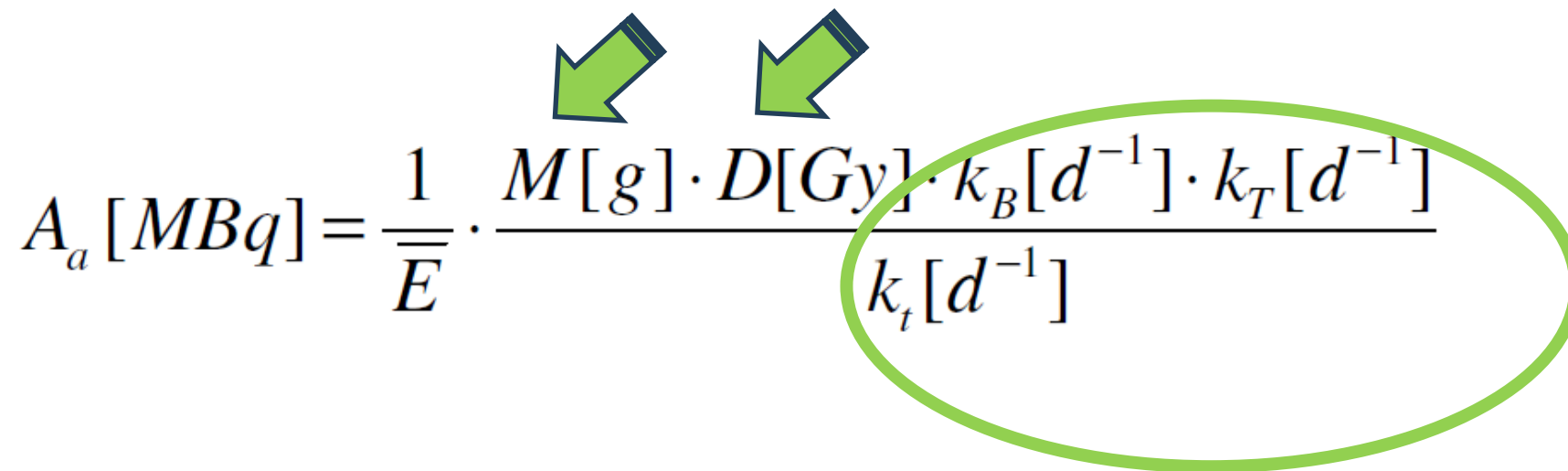
$t_1 = 4-6$ h

$t_2 = 1-2$ días

$t_3 = 5-8$ días

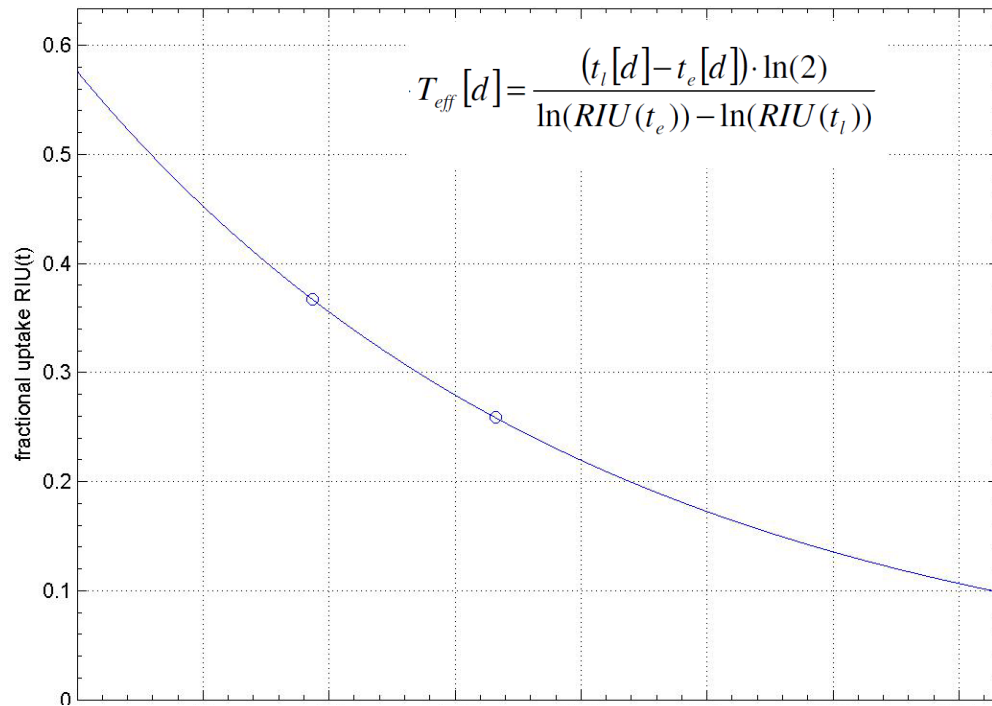


MODELO BICOMPARTIMENTAL

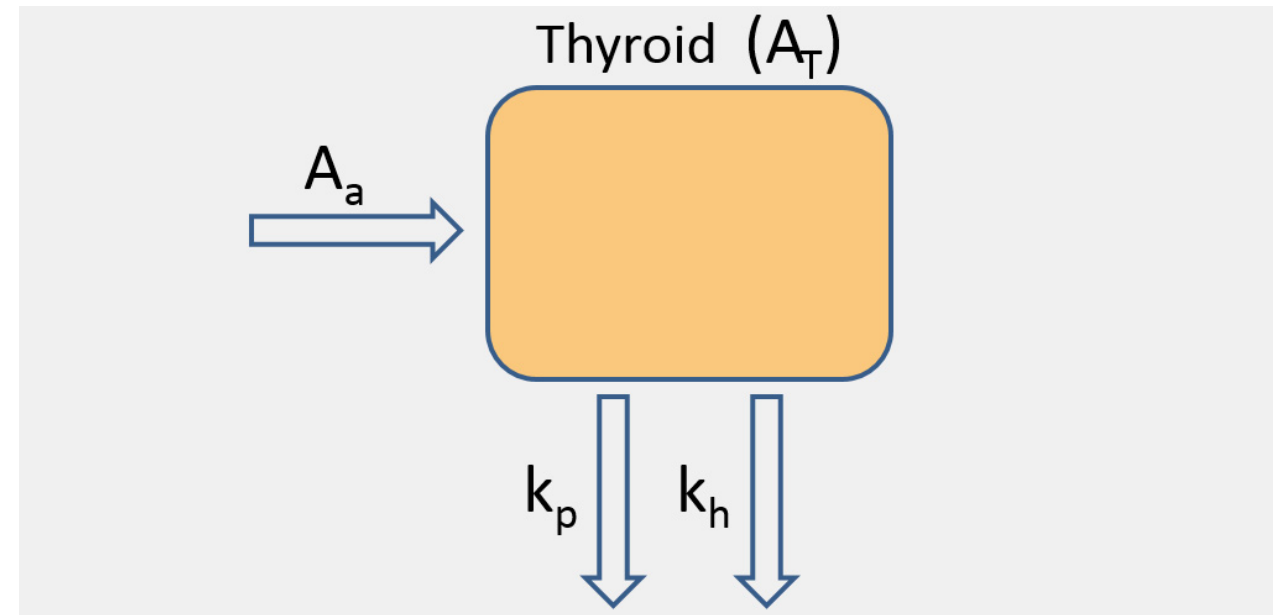

$$A_a [MBq] = \frac{1}{\overline{E}} \cdot \frac{M[g] \cdot D[Gy] \cdot k_B[d^{-1}] \cdot k_T[d^{-1}]}{k_t[d^{-1}]}$$

$$\frac{1}{\overline{E}} = \frac{7.2}{(M[g])^{0.25} + 18} \frac{MBq \cdot d}{Gy \cdot g}$$

MODELO UNICOMPARTIMENTAL

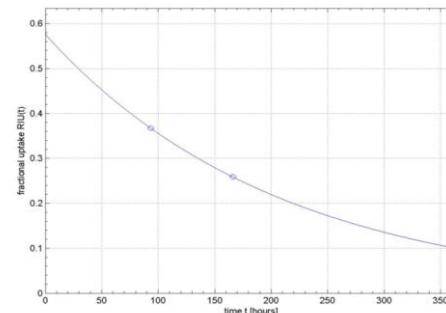


$$A_a [MBq] = \frac{0.714}{\bar{E}} \cdot \frac{M[g] \cdot D[Gy]}{RIU(t_l) \cdot 2^{t_l / T_{eff}} \cdot T_{eff} [d]}$$



MODELO UNICOMPARTIMENTAL

- La actividad decae monoexponencialmente (T_{eff})
- **Requiere 2 medidas:**
 - t_e : 1-2 días
 - t_l : 4-8 días
 - $t_l - t_e$ mínimo 3 días



$$T_{eff} [d] = \frac{(t_l [d] - t_e [d]) \cdot \ln(2)}{\ln(RIU(t_e)) - \ln(RIU(t_l))}$$

$$RT = 0.97 \cdot RIU(t_l) \cdot 2^{t_l / T_{eff}} \cdot \frac{T_{eff}}{\ln(2)}$$

$$A_a [MBq] = \frac{0.714}{\bar{E}} \cdot \frac{M[g] \cdot D[Gy]}{RIU(t_l) \cdot 2^{t_l / T_{eff}} \cdot T_{eff} [d]}$$

MODELO UNICOMPARTIMENTAL

Una medida tardía

$$A_a [MBq] = \frac{0.357}{\bar{E}} \cdot \frac{M[g] \cdot D[Gy]}{RIU(t_l) \cdot t_l[d]}$$

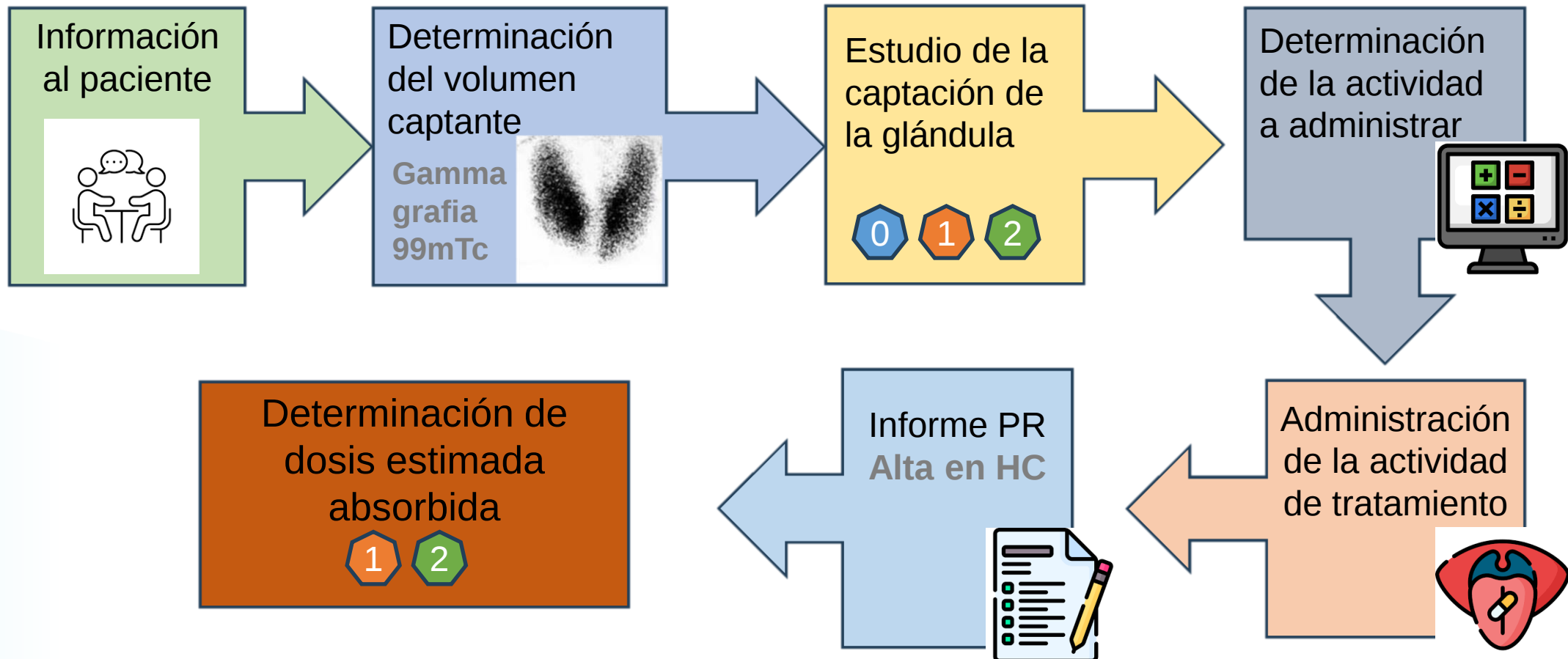
$t_l = 6$ d Desviación menor de 10% (5 y 7 días)

Una medida temprana

$$A_a [MBq] = \frac{0.714}{\bar{E}} \cdot \frac{M[g] \cdot D[Gy]}{RIU(t_e) \cdot 2^{t_e/T_{est}} \cdot T_{est}[d]}$$

$t_e < 4$ d $T_{est} = 5.5$ d

FASES DEL PROCEDIMIENTO HUVR



ESTUDIO DE LA CAPTACIÓN DE LA GLÁNDULA

Sonda gamma NaI(Tl). Captus 3000 (calibración previa)
25 microCi I-131

Medidas 25 cm de distancia:

0 h
Solución
131I

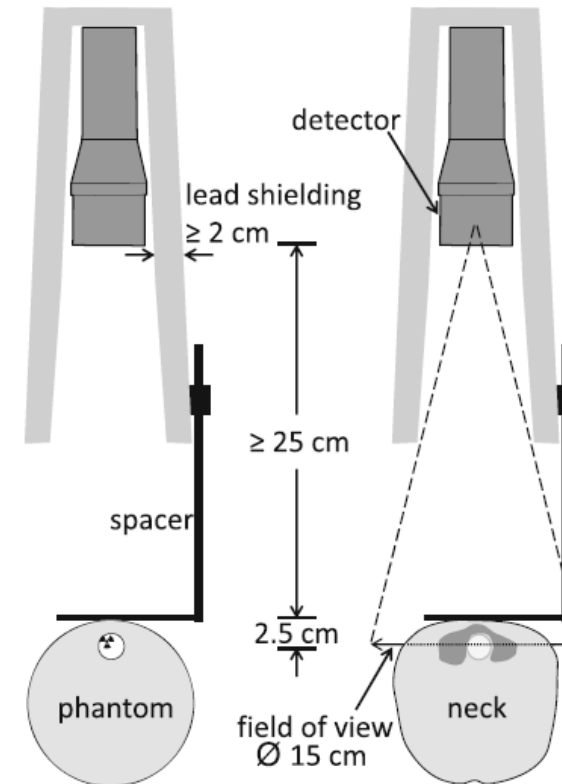
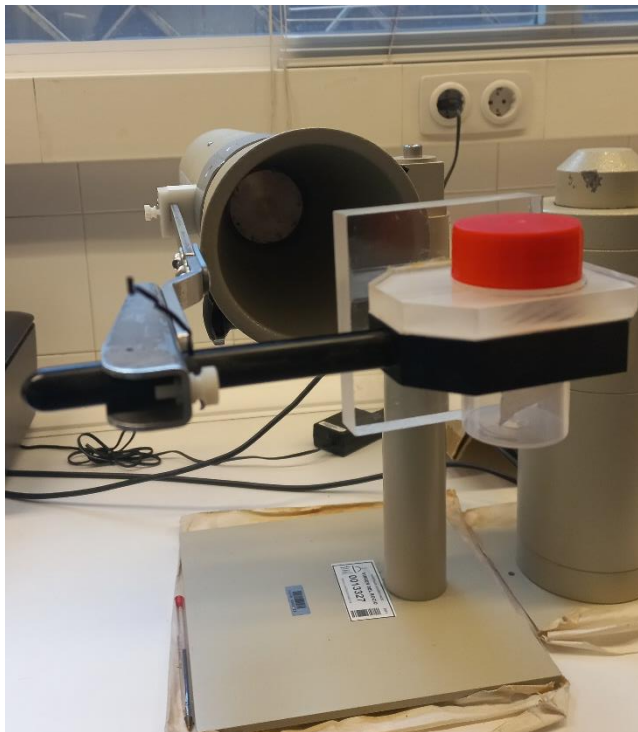
4 h
Tiroides
Paciente

24 h
Tiroides
Paciente

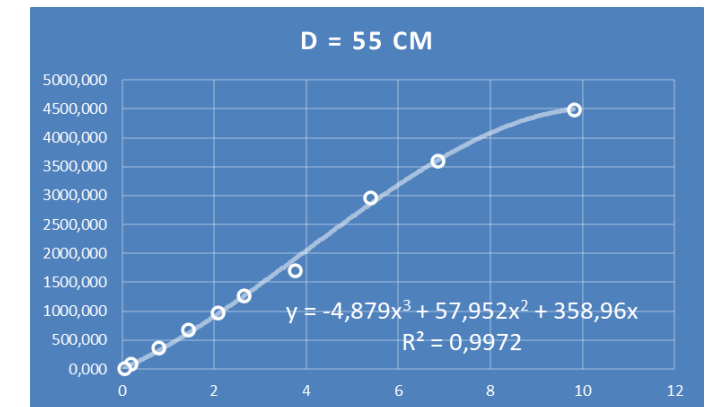
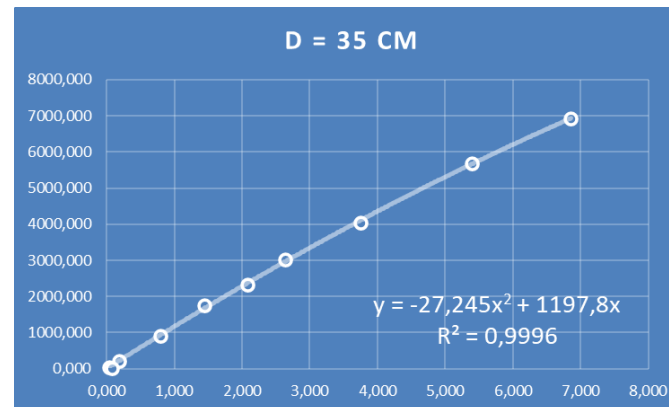
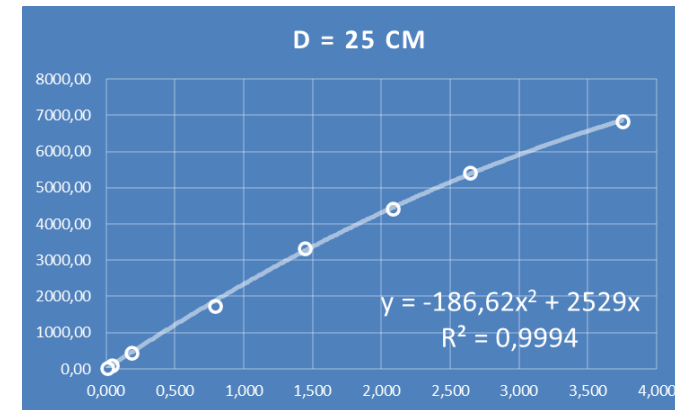
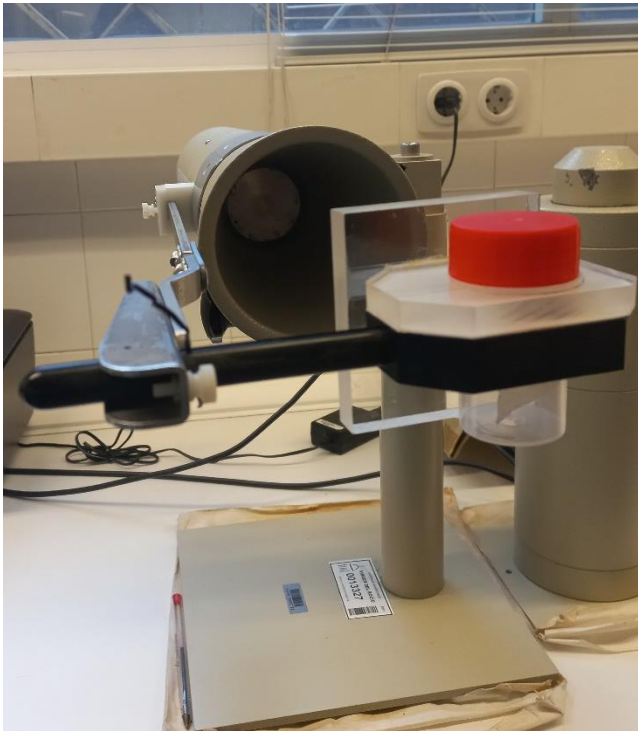
120 h
Tiroides
Paciente



ESTUDIO DE LA CAPTACIÓN DE LA GLÁNDULA. CALIBRACIÓN DE LA Sonda



ESTUDIO DE LA CAPTACIÓN DE LA GLÁNDULA. CALIBRACIÓN DE LA Sonda A DISTINTAS DISTANCIAS



“AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera
7 de junio 2024

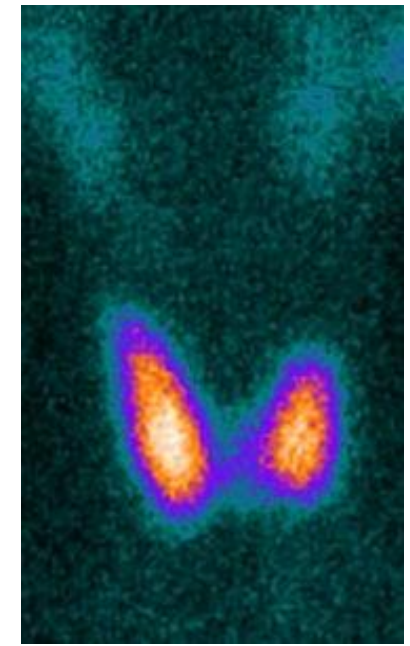
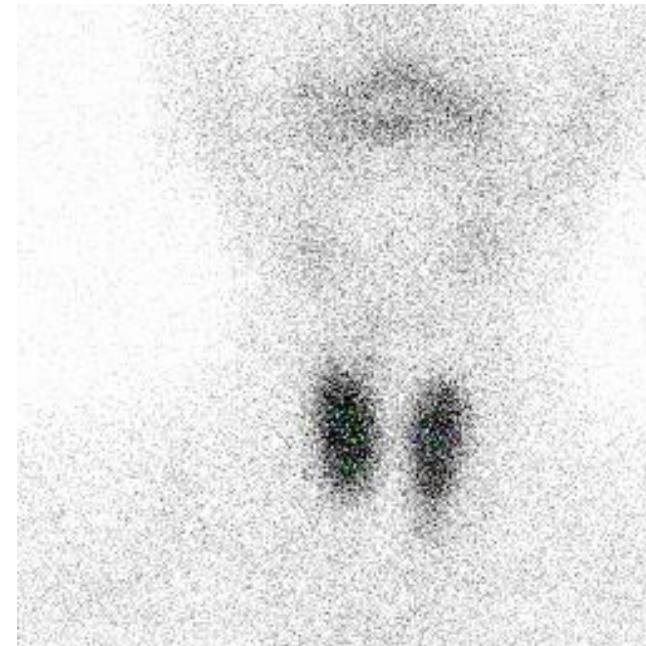


“AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

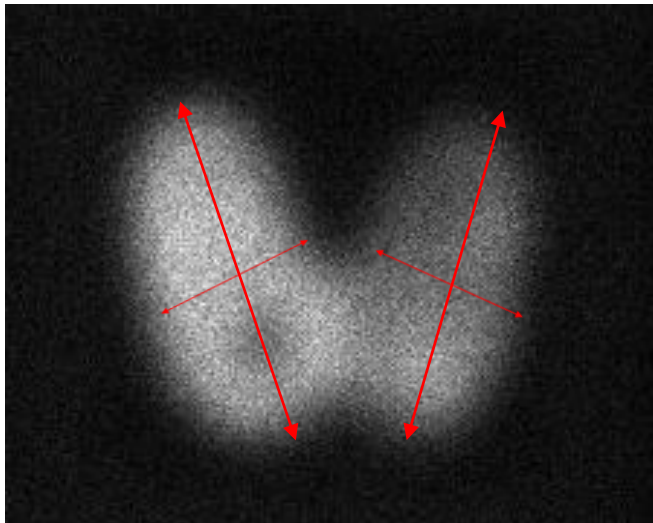
Antequera
7 de junio 2024



DETERMINACION DE LA MASA



MASA CAPTANTE DE LA GLÁNDULA



$$M = \rho \cdot V$$

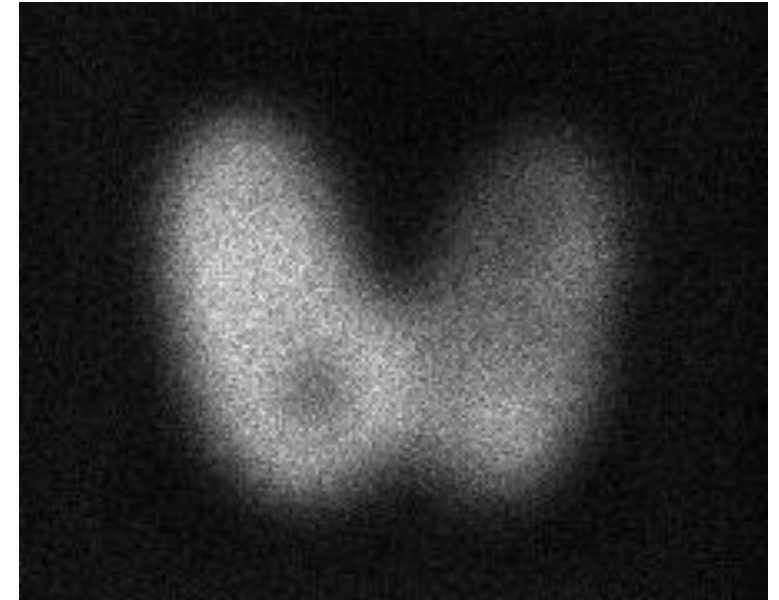
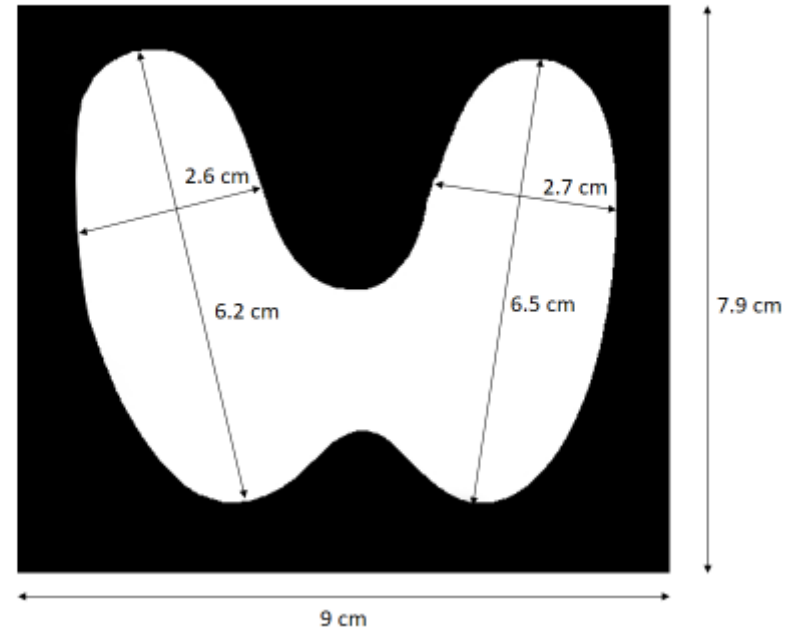
$$V = \frac{\pi}{6} (I_{CC} \cdot I_{LAT} \cdot I_{AP})$$

$$V_{total} = 1.05 (V_d + V_i)$$

$$V(\text{cm}^3) = (0.33 \pm 0.06) \cdot \text{área AP}(\text{cm}^2)^{3/2}$$

“AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera
7 de junio 2024



Umbral 30%

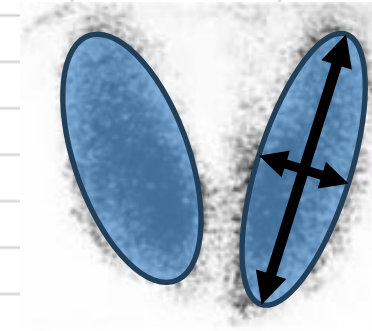
DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD A ADMINISTRAR

ID:			APELLIDOS Y NOMBRE:	
Densidad tiroides=	1,05	g/cm ³		
	Anchura	Altura	Profundidad	
LD	4,2	2	2	
LI	3,6	1,6	1,6	
MASA (g)=	14,3	g		
FECHA	CPM	RIU	t (d)	
16/10/2019 10:05	52483			
16/10/2019 12:02	19985	0,3808	0,08	
17/10/2019 10:04	29174	0,5559	1,00	
21/10/2019 9:21	11892	0,2266	4,97	
ACTIVIDAD CALCULADA MN:		3	mCi	



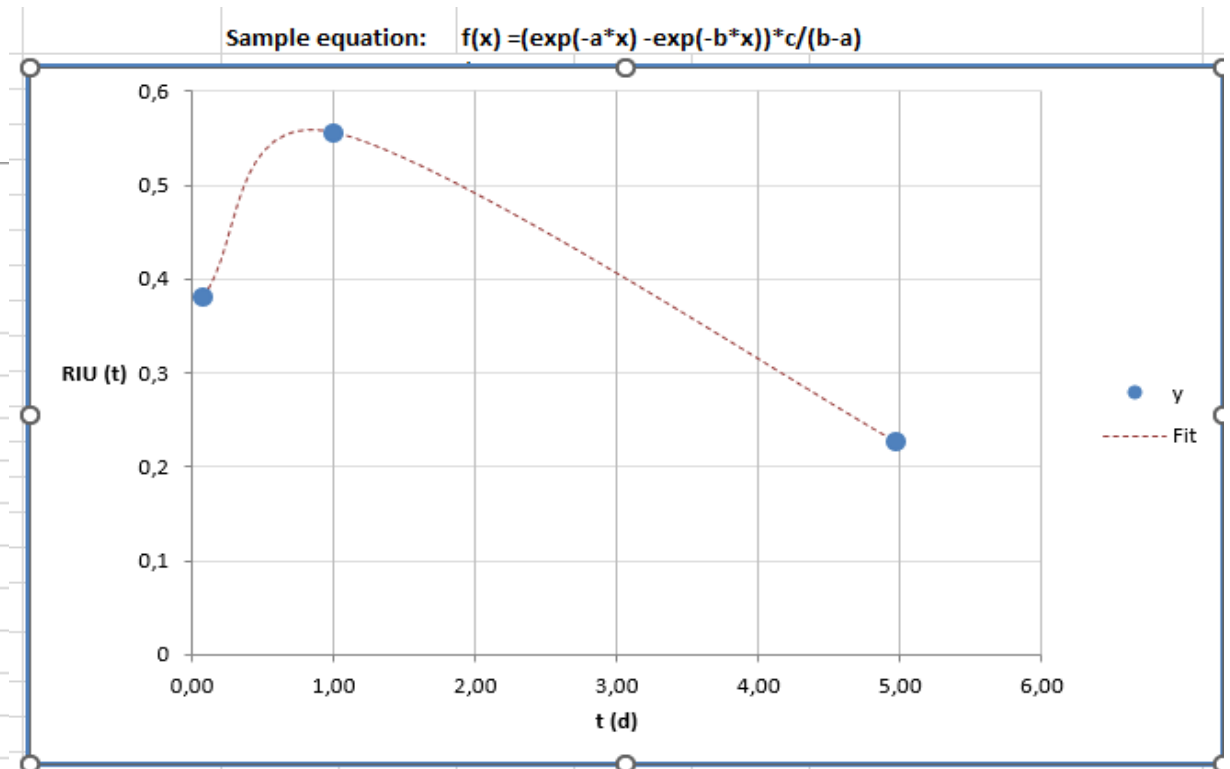
DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD A ADMINISTRAR

ID:			APELLIDOS Y NOMBRE:	
Densidad tiroides=	1,05	g/cm ³		
	Anchura	Altura	Profundidad	
LD	4,2	2	2	
LI	3,6	1,6	1,6	
MASA (g)=	14,3	g		
FECHA	CPM	RIU	t (d)	
16/10/2019 10:05	52483			
16/10/2019 12:02	19985	0,3808	0,08	
17/10/2019 10:04	29174	0,5559	1,00	
21/10/2019 9:21	11892	0,2266	4,97	
ACTIVIDAD CALCULADA MN:		3	mCi	



DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD A ADMINISTRAR

					Initial guesses, final solver		
x	y	yhat	(y - yhat) ²		Constants	results.	
0,08	0,38079	0,380788	2,4E-12		Const_a	0,226052776	kT
1,00	0,555875	0,555876	1,24E-13		Const_b	10,23620799	kB
4,97	0,226588	0,226587	4,71E-13		Const_c	6,97498639	kt
					SS	2,99139E-12	



$$\frac{A_T(t)}{A_g} = RIU(t) = \frac{k_t}{k_B - k_T} \cdot (e^{-k_T \cdot t} - e^{-k_B \cdot t})$$

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD A ADMINISTRAR

$t_{max}=(\ln(k_B)-\ln(K_T))/((k_B-K_T))=$ 0,380905 dias			
maxU=	0,625186	RT=	3,0 dias
Aa=	274,1 MBq	=	7,4 mCi
m(g)=	14,3 g	Teff=	
te=	1,00	RIU(te)=	0,555875
tl=	4,97	RIU(tl)=	0,226588
TeffC=	3,1 d		
Aa=	276 MBq	=	7,5 mCi

BICOMPARTIMENTAL

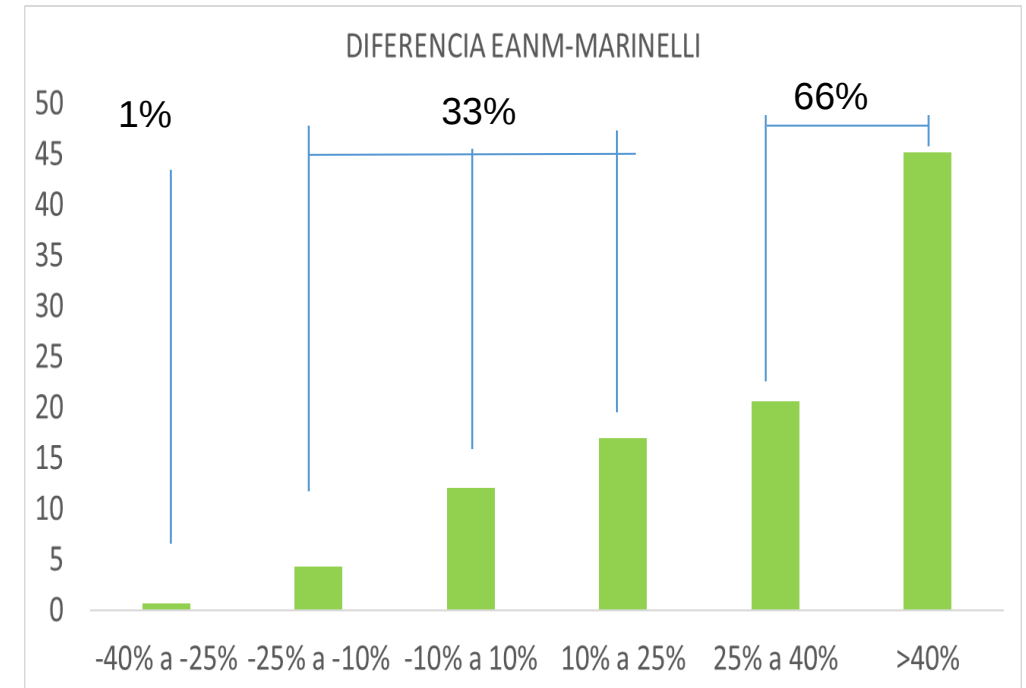
$$A_a [MBq] = \frac{1}{E} \cdot \frac{M[g] \cdot D[Gy] \cdot k_B[d^{-1}] \cdot k_T[d^{-1}]}{k_t[d^{-1}]}$$

UNICOMPARTIMENTAL

$$A_a [MBq] = \frac{0.714}{E} \cdot \frac{M[g] \cdot D[Gy]}{RIU(t_l) \cdot 2^{t_l/T_{eff}} \cdot T_{eff}[d]}$$

RESULTADOS

- 311 pacientes registrados 2015-2018.
- En la mayoría de los casos (91%) la actividad calculada es mayor que por el método de Marinelli.
- Los casos en los que actividad calculada era mayor que 15 mCi (9 pacientes), se administra 15 mCi.



DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ABSORBIDA ESTIMADA

Sonda gamma NaI(Tl). Captus 3000

Medidas 35 cm o 55 cm de distancia

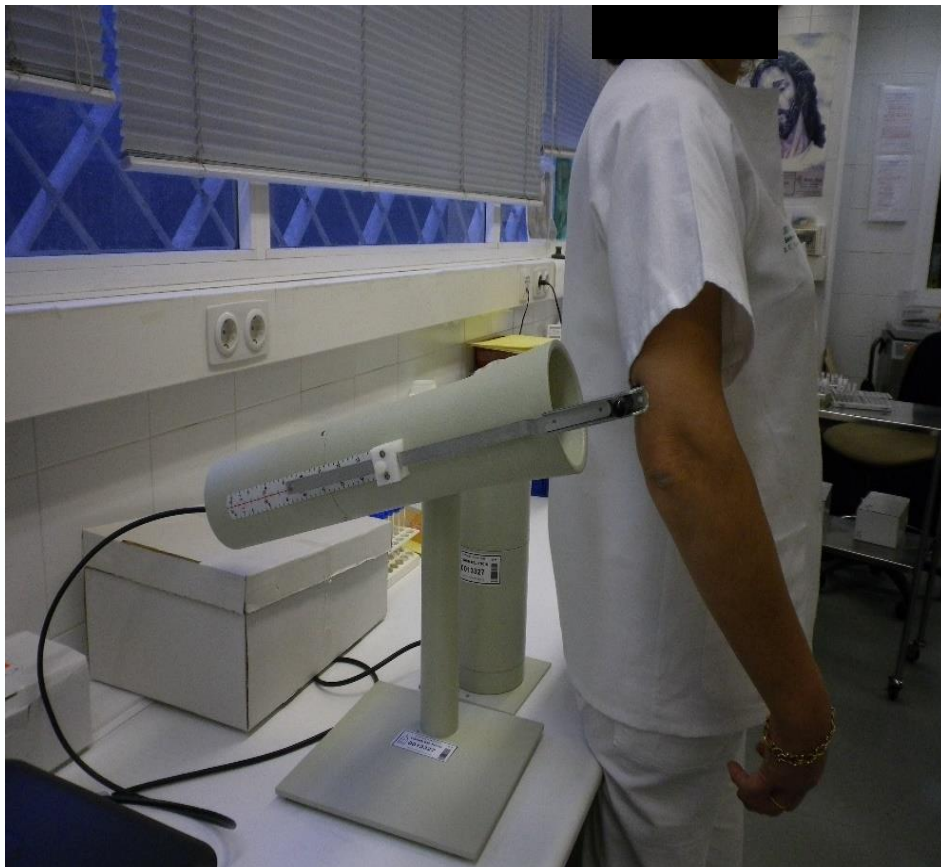
3-5 días
Tiroides
Paciente

6-8 días
Tiroides
Paciente



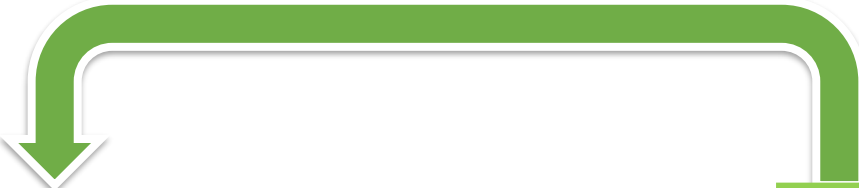
“AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera
7 de junio 2024



MODELO UNICOMPARTIMENTAL

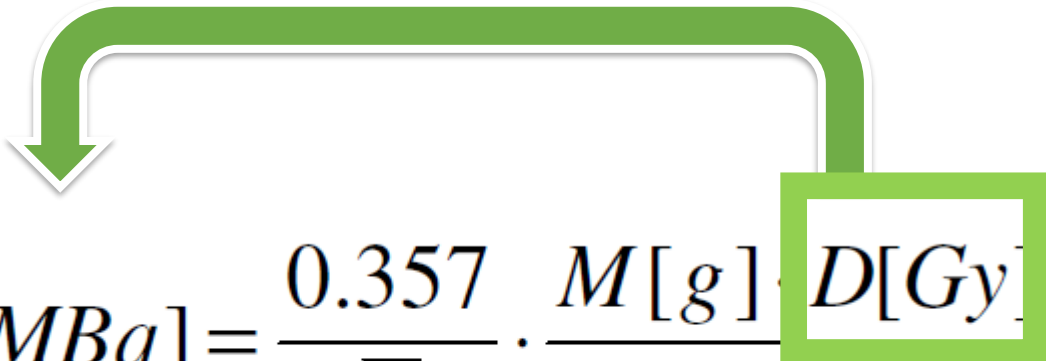
Dos medidas


$$A_a [MBq] = \frac{0.714}{\bar{E}} \cdot \frac{M[g] \boxed{D[Gy]}}{RIU(t_l) \cdot 2^{t_l/T_{eff}} \cdot T_{eff}[d]}$$

$$T_{eff}[d] = \frac{(t_l[d] - t_e[d]) \cdot \ln(2)}{\ln(RIU(t_e)) - \ln(RIU(t_l))}$$

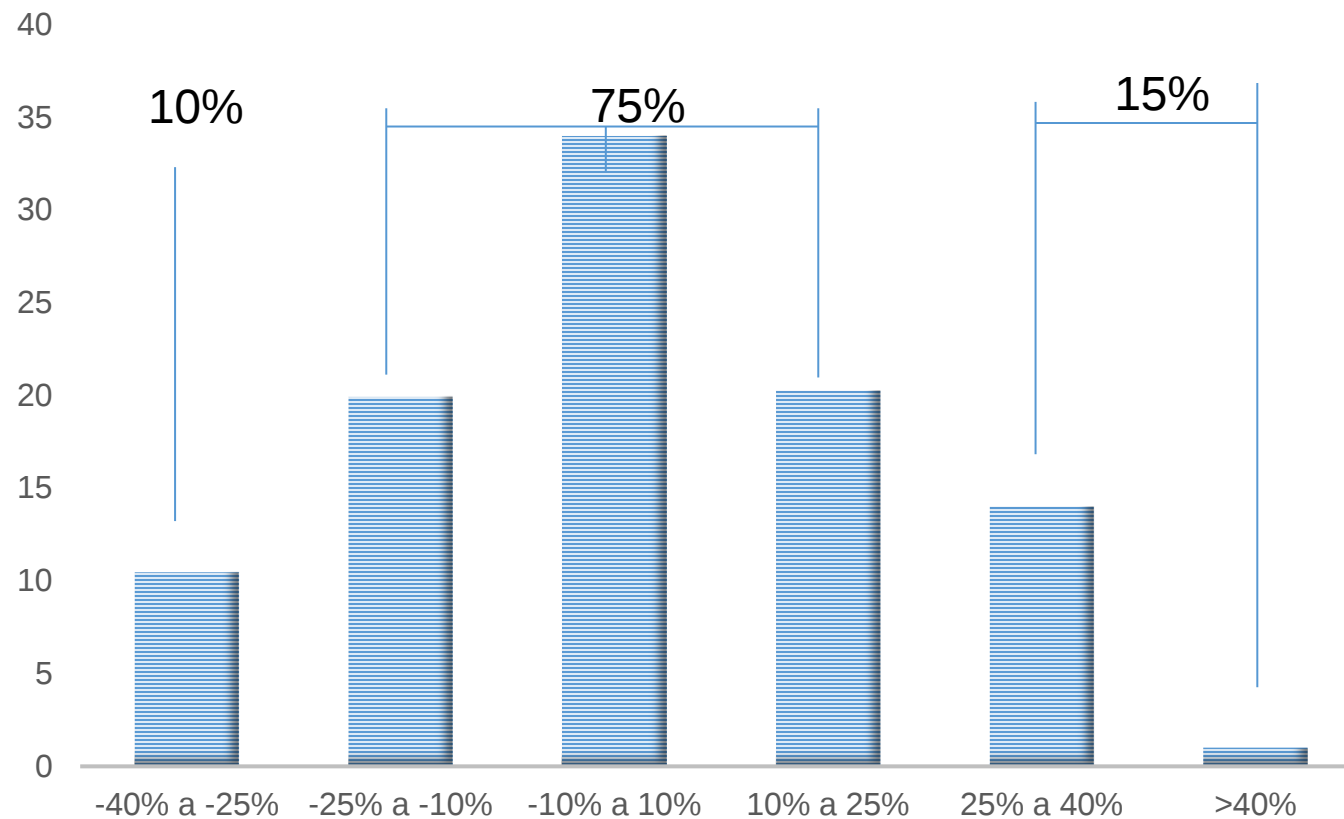
MODELO UNICOMPARTIMENTAL

Una medida tardía

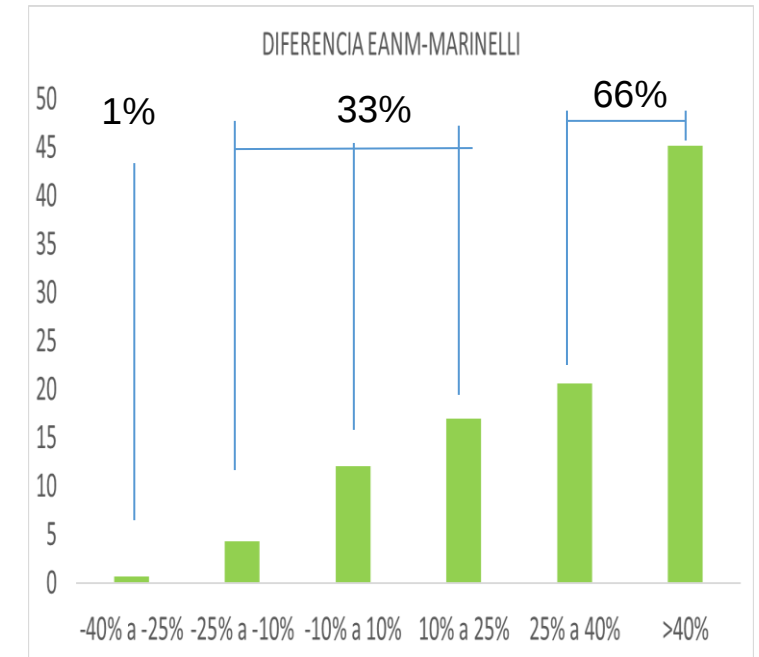

$$A_a [MBq] = \frac{0.357}{\bar{E}} \cdot \frac{M[g] \cdot D[Gy]}{RIU(t_l) \cdot t_l[d]}$$

$t_l = 6 \text{ d}$ Desviación menor de 10% (5 y 7 días)

DIFERENCIA DOSIS ESTIMADA CON PRESCRITA



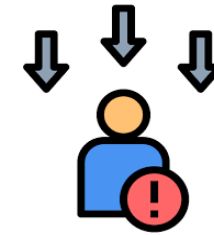
n= 306 pacientes



n= 311 pacientes

POSIBLES CAUSAS DE DISCREPANCIAS DOSIMETRIA PRE-POST

- Colocación manual del espaciador de la sonda (error humano, precisión, exactitud)



- Dieta del paciente



- Medicamentos antiroideos

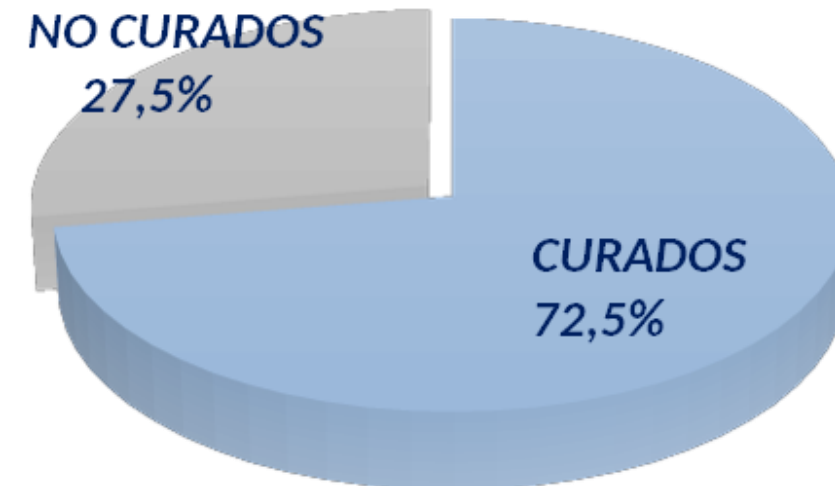


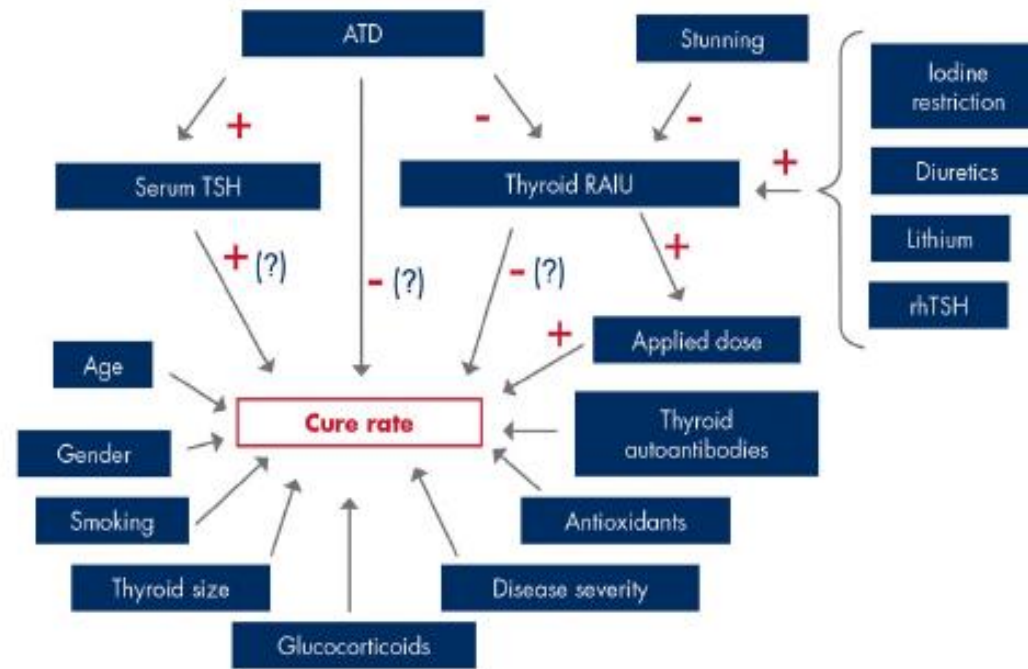
- Diferencia de captación entre actividad pequeña de prueba y la de tratamiento



n	80
Mujeres/Hombres	66/14
Edad	48±15 años
Actividad administrada	9.9±2.8 mCi
Seguimiento	15,4±8,2 m

Resultados propios



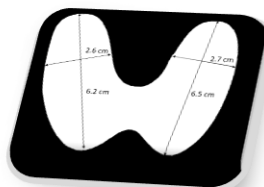


Radiosensibilidad individual



INCERTIDUMBRES

- Distancia de paciente/maniquí al detector.
- Diferencias de atenuación y dispersión entre maniquí y paciente.
- Dosis de calibración medida en activímetro.
- Estimación masa del tiroides.
- Estadística de conteo.
- Características del detector (constancia, tiempo muerto, etc.)
- Calibración con maniquí que imita geometría del paciente (profundidad efectiva).



ORIGINAL RESEARCH article

Front. Endocrinol., 12 March 2021

Sec. Thyroid Endocrinology

Volume 12 - 2021 | <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.634955>

Improved Patient Dosimetry at Radioiodine Therapy by Combining the ICRP Compartment Model and the EANM Pre-Therapeutic Standard Procedure for Benign Thyroid Diseases



Martin Andersson^{1,2*}



Sören Mattsson²

Female organ absorbed doses [mGy/MBq]

Thyroid	Stomach wall	Kidneys	Urinary bladder wall	Uterus
653 (390–981)	0.38 (0.32–0.56)	0.77 (0.16–1.99)	0.15 (0.12–0.23)	0.11 (0.06–0.24)

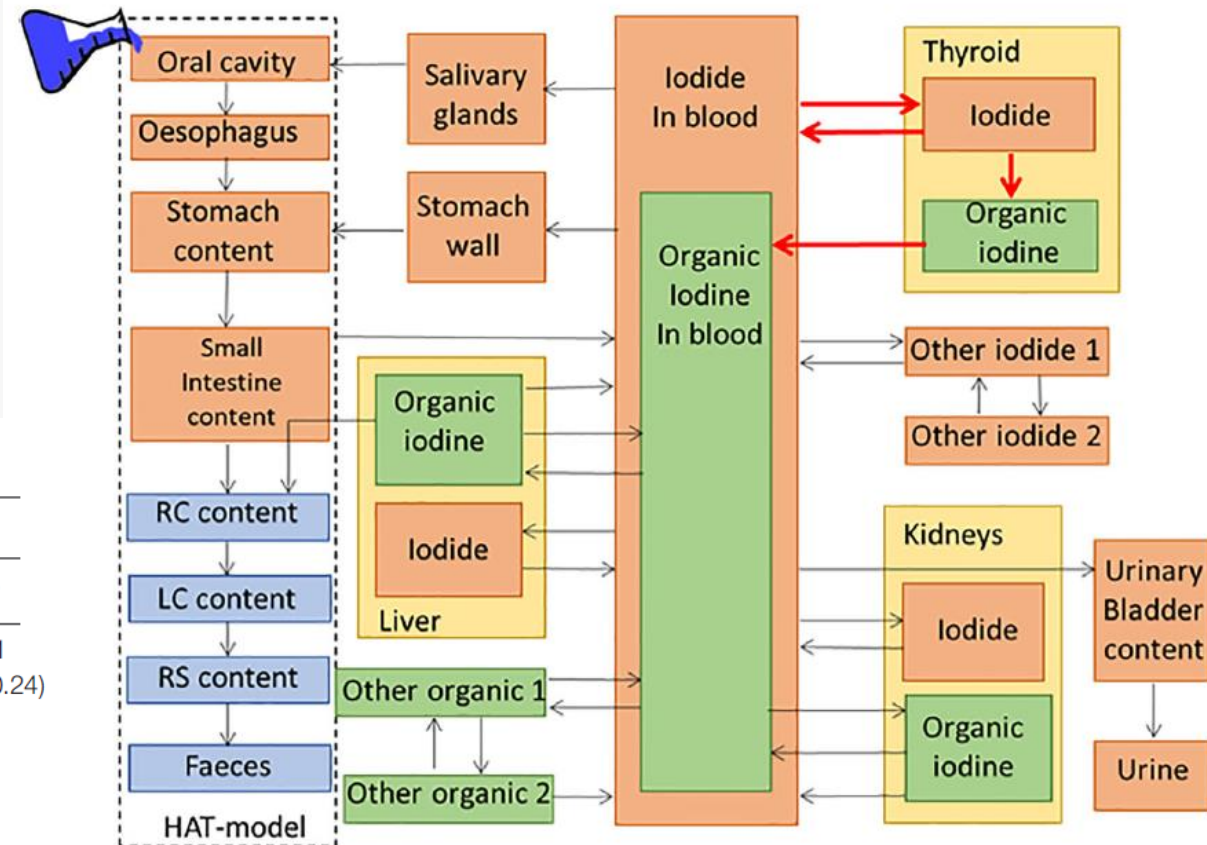


FIGURE 2 | The ICRP compartment model for oral administration of iodide includes 30 different compartments and 48 transfer coefficients to model the bio-distribution of iodide in the human body. The transfer coefficients marked in red can be fitted to the patient specific uptake.

CONCLUSIONES

- La dosimetría de tratamientos hipertiroideos con sonda de captación es más factible que con gamacámaras en hospitales con gran volumen de pacientes.
- Sería necesario un análisis de las incertidumbres y errores para conseguir una mayor concordancia de la dosis prescrita con la absorbida.
- En el momento actual sería quizá necesario actualizar el método de dosimetría en hipertiroidismo de forma que se evalúe dosis en órgano blanco y en órganos de riesgo.
- Es necesario analizar los factores asociados al paciente (no físicos) para conseguir una dosimetría más precisa, que evidencie el valor añadido de la dosimetría al clínico



“AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Hotel Antequera Hills, 7 de junio 2024