



JORNADA SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN PEDIATRÍA. CRITERIO ALARA



DOSIMETRÍA EN RADIODIAGNÓSTICO GENERAL Y PRUEBAS ESPECIALES

MARISA ESPAÑA
Sº DE RADIOFÍSICA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
H. U. DE LA PRINCESA / H. U. NIÑO JESÚS

DOSIMETRÍA EN EXPLORACIONES SIMPLES Y PRUEBAS ESPECIALES

- ❑ ¿Está regulada su medida?
- ❑ ¿Cuál es el objetivo?
- ❑ ¿Qué aporta?
- ❑ ¿Cuál es la metodología de medida?
- ❑ Problemática asociada a:
 - Exploraciones convencionales
 - Pruebas especiales
 - Exploraciones de neonatos
- ❑ Responsabilidades y estrategias a seguir



¿Está regulada ?

- **Directiva 97/43 de EURATOM.** Art9 considera como prácticas especiales las exposiciones médicas de niños, y establece que los Estados miembros asegurarán que se emplean los equipos radiológicos, las técnicas y el equipo auxiliar adecuado, además de prestar especial atención a los programas de garantía de calidad, incluyendo medidas de control de calidad y de evaluaciones de dosis al paciente y actividad administrada.
- **RD 1976/1999 Control de calidad en radiodiagnóstico.** Artículo 4. Los procedimientos utilizados en niños, mujeres gestantes, en técnicas que impliquen altas dosis al paciente y en programas de cribado de salud, contendrán las medidas para reducir el riesgo. En estos casos, el médico especialista valorará con especial atención la justificación y será responsable de que se utilicen los equipos adecuados y las técnicas apropiadas.



DOSIMETRÍA A PACIENTES EN RADIODIAGNÓSTICO

ICRU 74 (2005)



El objetivo es la cuantificación de la exposición enfocada a la optimización de la relación calidad de imagen dosis absorbida



Seleccionar y chequear los estándares de buena práctica



Estimar las dosis absorbidas en tejido u órganos para la evaluación del detrimento, necesaria para **justificar la exploración** y la posibilidad de investigar casos de sobreexposición



RD 815/2001 Médicos prescriptores
Médicos especialistas

¿Qué aporta?

- ❑ Valoración de riesgos para el proceso de justificación
- ❑ Aplicación del criterio ALARA:

La dosis debe ser la mínima compatible con una imagen apta para el diagnóstico

¿Riesgos?

La exposición en los primeros diez años de vida se estima, que para ciertos efectos, puede tener un riesgo de tres a cuatro veces mayor que en exposiciones entre los 30 y 40 años, y cinco veces mayor que para exposiciones después de los 50 años.

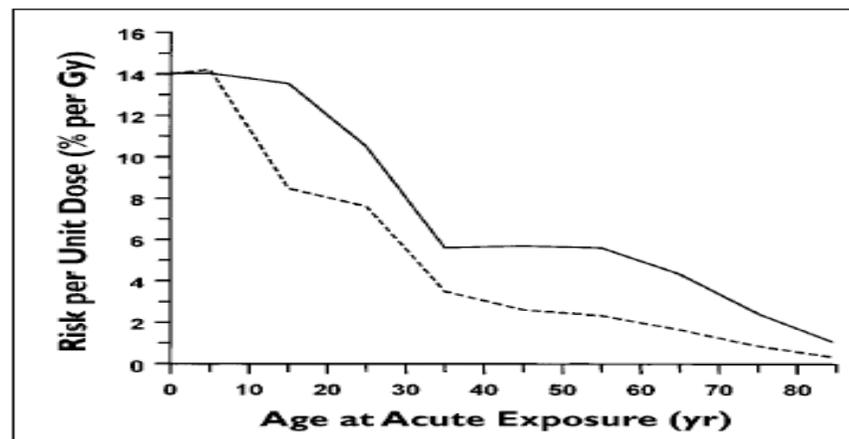


Fig. 3.—Graph shows lifetime attributable cancer mortality risks per unit dose as a function of age at a single acute exposure as estimated by National Academy of Sciences BEIR V (Biological Effects of Ionizing Radiations) committee (solid line) [12] and in ICRP (International Commission on Radiological Protection) report 60 (dotted line) [13]. Note rapid increase in lifetime risk with decreasing age at exposure.



¿Cuál es la metodología de medida?

- ❑ Selección de la magnitud ó magnitudes dosimétricas indicadoras del riesgo
- ❑ Selección de los indicadores dosimétricos adecuados a cada procedimiento.
- ❑ Selección de los parámetros técnicos y del paciente que se deben registrar
- ❑ Selección del paciente standard
- ❑ Establecimiento del valor de dosis de referencia de acuerdo a la calidad de imagen
- ❑ Establecimiento de procesos de optimización

MAGNITUDES INDICADORAS DEL RIESGO

DSE
PDA



MÉTODOS
DE MONTE CARLO



FACTORES DE CONVERSIÓN



Tamaño del paciente
Región irradiada
Calidad del haz
Área irradiada

DOSIS
ÓRGANOS

NRPB-SR 279
GSF-BERICHY30/93
....

W_T



DOSIS EFECTIVA

Comparar
valores
de dosis
Comparar
técnicas

Algunos estudios demuestran que los W_T de ICRP para la población en su conjunto se pueden usar de forma razonable en niños, ya que aunque difieren de éstos una vez calculada la dosis efectiva la variación es aproximadamente del 10%

MAGNITUDES E INDICADORES DOSIMÉTRICOS

□ Exploraciones simples

- Dosis superficie a la entrada (mGy), Producto dosis x área ($\text{mGy} \times \text{cm}^2$ ó $\mu\text{Gy} \times \text{m}^2$)

□ Exploraciones complejas

- Producto dosis x área ($\text{mGy} \times \text{cm}^2$ ó $\mu\text{Gy} \times \text{m}^2$)

¿ES SUFICIENTE
SU REGISTRO?

Selección de parámetros

DATA REQUESTED

(Essential data are highlighted)

2. Measurements of dose-area product per examination or procedure

Date	Hospital
	X-ray room
Patient data	
Sex M / F	Weight .....kg or small/medium/large
Age	Height*
Examination data	
Type of examination	
Total dose-area product .....	.....Gy cm ²
Degree of difficulty*	Easy/Average/Difficult
Radiography data	
No. of exposures (not necessarily no. of images) using:-	
Screen/film	
Computed radiography	
Photofluorography (eg. 100 mm camera)	
Digital spot imaging (not DSA)	
Digital subtraction angiography (DSA)	
Rapid film changer (eg. Puck, AOT)	
Tube voltage range .....	..... kV
Fluoroscopy data	
Fluoroscopy time .....	..... Secs
Cine time .....	..... Secs
Tube voltage range .....	..... kV
Tube current range .....	..... mA
Equipment data	
Generator waveform	Film make
Total tube filtration .....	..... mm Al
Antiscatter grid: - ratio .....	.....
- strips/cm .....	.....
- carbon fibre covers Yes / No	.....
- fibre spacers Yes / No	.....
Image intensifier FOV .....	.....cm
Table top material	CR [#] make
Table top Al equivalence .....	..... mm Al
	CR [#] type
	AERC used? Yes / No
	Last image hold? Yes / No
	Pulsed fluoro.? Yes / No

* For children, it is essential that the height and weight of the patient, be provided.

* Incomplete examinations should be excluded.

* CR = computed radiography

(Essential data are highlighted)

1. Measurements of entrance surface dose per radiograph

Date	Hospital
	X-ray room
Patient data	
Sex M / F	Weight
Age	Height*
	Thickness*
Examination data	
Type of examination	
Projection	
Data for each radiograph	
Entrance surface dose .....	..... mGy
FFD .....	..... cm
Tube voltage .....	..... kV
Exposure setting .....	..... mAs
Equipment data	
Generator waveform	Film make
Total tube filtration .....	..... mm Al
Antiscatter grid: - ratio .....	.....
- strips/cm .....	.....
- carbon fibre covers Yes / No	.....
- fibre spacers Yes / No	.....
Table top material	CR [#] make
Table top Al equivalence .....	.....mm Al
	CR [#] type
	AEC used Yes / No
	Film size .....cm x cm
	Film diagnostic? Yes / No
	Film type
	Intensifying screen make
	Intensifying screen type
	Film/screen speed class
	Cassette with carbon fibre cover Yes /No

* For children, it is essential that either the thickness of the body part being x-rayed or both the height and weight of the patient, be provided.

* CR = computed radiography (photostimulable phosphor)

CABECERA DICOM

Software de explotación de datos

PACIENTE STANDARD

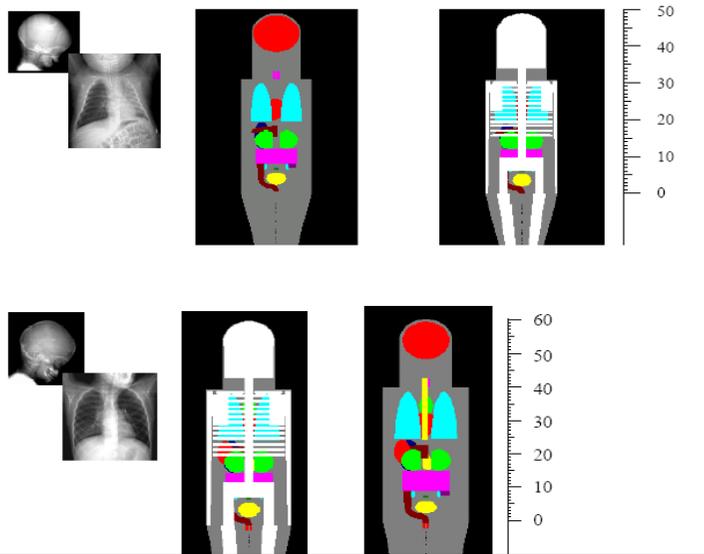


Table 2: Principal dimensions of the mathematical phantoms (Cristy 1980). In the calculation the user can specify whether the arms of the phantom are included at the sides of the trunk or whether they are removed (which may simulate the real situation better, e.g., for lateral projections). Trunk width is given for both of these conditions.

	Weight	Total height (cm)	Trunk height (cm)	Trunk thickness (cm)	Trunk width* (cm)	Trunk width** (cm)	Leg length (cm)
Newborn	3.51	51.5	21.6	9.8	10.9	12.7	16.8
1 year old	9.36	75.0	30.7	13.0	15.1	17.6	26.5
5 year old	19.1	109.0	40.8	15.0	19.6	22.9	48.0
10 year old	32.1	138.6	50.8	16.8	23.8	27.8	66.0
15 year old	54.5	164.0	63.1	19.6	29.7	34.5	78.0
Adult	71.1	174.0	70.0	20.0	34.4	40.0	80.0

* excluding arms

** including arms

- ❑ Los niños **NO** son un grupo homogéneo de pacientes y sus estructuras anatómicas difieren en tamaño para diferentes edades.
- ❑ La NRPB establece cinco tamaños Standard para pediatría, que se ajustan a los fantomas matemáticos utilizados
 - Recién nacidos
 - [1-5) años
 - [5–10) años
 - 10 y 15 años

Información Dosimétrica

	DR	
	Dosis paciente	Dosis en el detector
Siemens	PDA ($\mu\text{Gy} \times \text{m}^2$)	EXI
GE	DSE PDA ($\mu\text{Gy} \times \text{m}^2$)	UD_{exp}, CD_{exp} DEI
TOSHIBA	DSE (NDD numerical dose determination)	SI (sensitivity index)
PHILIPS	PDA ($\mu\text{Gy} \times \text{m}^2$)	EI_S (Index exposure level)

Comprobación previa por el especialista en Radiofísica de la validez para el paciente pediátrico de la información dosimétrica dada por el equipo

¿Utilidad de los indicadores de dosis en el detector?

- ❑ Permite al TER chequear que la relación dosis calidad de imagen, se mantiene constante en todas las exploraciones.

¿Información de los fabricantes acerca del algoritmo de calculo de los diferentes indicadores ?

¿Rango de valores establecidos son adecuados para el paciente pediátrico?



Dosis de referencia

- Establecer valores de dosis consistentes con una calidad de imagen adecuada para el diagnóstico. En la práctica representan el tercer cuartil de distribuciones estadísticas de estudios dosimétrico nacionales o internacionales.
- **Deben estar sujetos a procesos de revisión en función de nuevas técnicas o tecnologías.**
- **Deben tener como consecuencia la revisión de procedimientos y de las dosis de forma continua dentro de los programas de garantía de calidad**



Dosis de referencia



- ❑ European guidelines on quality criteria for diagnostic images in paediatrics EUR 16261 EN. Paciente standard: entre 4 y 6 años con pesos entre 15 y 25kg
- ❑ Valores de referencia locales. Grupos de edades



PDA / DSE



Nuevas tecnologías

TÓRAX	CR	
EDAD	DSE (0,1 mGy)	PDA (Gy x cm ²)
< 1	0,02 ± 0,01	
1 - 4	0,08 ± 0,03	0,02±0,01 - 33%
4 -6	0,07 ± 0,01	0,03± 0,01
6 - 10	0,07± 0,01	0,04± 0,02 33 %
10 - 14	0,07± 0,03	0,05± 0,03 66%

DR	
DSE	
0,02 ± 0,01	
0,04 ± 0,01	
0,05 ± 0,02	
0,05 ± 0,01	
0,06 ± 0,01	



PROCESOS DE OPTIMIZACIÓN



□ TÉCNICA RADIOGRÁFICA

✓ FILTRACIÓN ADECUADA

- ✓ - 55% en DSE y -33% en Dosis efectiva

✓ CAE

✓ REJILLA ANTIDIFUSORA

- ✓ Incrementos de 50% en dosis

✓ COLIMACIÓN ADECUADA

✓ USO RESTRICTIVO DE PROYECCIONES

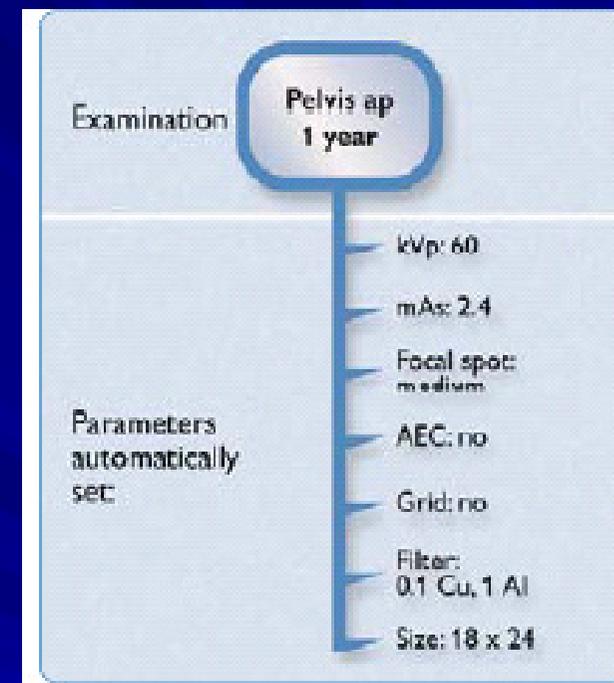
✓ UTILIZACIÓN DE MATERIAL DE PROTECCIÓN

□ SISTEMAS DE IMAGEN

✓ Sistemas cartulina película

✓ Sistemas CR

✓ Sistemas DR



Exploración de pelvis la utilización de rejilla y variaciones de sensibilidad puede dar variaciones del 94,7%, no aumentando la calidad de imagen a partir de 0,4 mGy

EXPLORACIONES DE COLUMNA TOTAL

- ❑ Muchas de las pacientes son mujeres entre 10 y 16 años, algunas pueden recibir hasta 20 exploraciones (UNSCEAR).
- ❑ Mayores dosis en gónadas femeninas.
- ❑ Tiroides, mamas pulmones y esófago.
- ❑ Dosis efectivas de 0,07 mSv, aunque dependiendo de la técnica pueden ser un orden de magnitud mayor.
- ✓ **Proyecciones PA para niñas.**
 - En AP la DSE en mama = 1,39 mGy.
- ✓ **Blindajes en gónadas femeninas. Reducción en la DSE 60%.**
- ✓ **Con sistemas digitales se pueden reducir las dosis en un orden de magnitud.**



PRUEBAS ESPECIALES

- ❑ Las dosis están principalmente afectadas por el tiempo de escopia y el número de imágenes.
- ❑ Las dosis en CUM's pueden variar hasta en un orden de magnitud.

Con protocolos más adecuados se podrían obtener reducciones de dosis del 50%

- ✓ Cambiar el número de placas por imágenes digitales
- ✓ Utilizar escopia pulsada.

Dosis de referencia en pruebas especiales. CUM's

NRPB

Table 26 Comparison of reference doses for MCUs on paediatric patients

Standard age (years)	Reference dose (Gy cm ²)	
	2000 review of UK NPDD	1998 European survey
0	0.4	0.6
1	0.9	0.9
5	1.1	1.2
10	2.1	2.4
15	4.7	--

Table 25 Recommended national reference doses for complete examinations on paediatric patients - 2000 review

Examination	Standard age (y)	DAP per examination (Gy cm ²)	No. of rooms
MCU	0	0.4	25
	1	0.9 (1.0)	29
	5	1.1 (1.0)	28
	10	2.1	28
	15	4.7	22
Barium meal	0	0.7	17
	1	2.0 (2.0)	20
	5	2.0 (2.0)	19
	10	4.5	23
	15	7.2	19
Barium swallow	0	0.8	18
	1	1.6 (1.5)	19
	5	1.3 (1.5)	16
	10	2.7	18
	15	4.6	17

H. U Niño Jesús

Edad	PDA Gy cm ²
< 1	0,4
1 -4	1,0
4-6	1,1
6 -10	1,5
>10	1,5 – 4,4



NEONATOS

- ❑ Los exámenes de Tórax son los más importantes.
- ❑ Se deberían registrar el número de placas realizadas.
- ❑ Se debería extremar la colimación, con una tolerancia de 1cm. En algunos estudios se han encontrado coeficientes de variación en el tamaño de campo del 16% para neonatos de 2,5 kg.
- ❑ Algunos autores recomiendan el uso de los factores de riesgo fetales para el cálculo de dosis efectiva.



Cook J.V. BJR 2001

Necesidad de inmovilización y protección



- ❑ Métodos físicos de inmovilización
- ❑ Familiares ó voluntarios excepto mujeres embarazadas
 - Información acerca de la mejor forma de optimizar la dosis. Posicionamiento.
 - Utilización de Delantales plomados

❑ El uso del material de protección como protectores gonadales, de tiroides, etc.. debe estar protocolizado, y solo deben ser utilizados cuando no interfieran con el diagnóstico



ACTUACIONES NACIONALES

- ❑ 2003 Comunidad de Madrid
 - Proyecto piloto. Tarjeta TIERI
 - Tarjeta Infantil de Exposición a Radiaciones Ionizantes

- ❑ Comunidad Valenciana
- ❑ Campaña de información médicos prescriptores, y familiares. Ministerio de Sanidad y Consumo, Consejo de Seguridad Nuclear, SEPR, SEFM, y SERAM

- ❑ Comunidad de Extremadura. Tarjeta CRIE
Control Radiológico Infantil en Extremadura

- ❑ Comunidad Foral de Navarra





Tabla 1. Identificación del paciente y Dosimetría

IDENTIFICACION PACIENTE						DOSIMETRIA		
Código Paciente	Edad (años)	Peso	Talla	Sexo	Justif. S/N	Dosis Sup-Ent (mGy)	Prod Dosis Area (cGycm ²)	Dosis Efectiva (mSv)

Tabla 2. Técnica Radiográfica y Factores representativos de la exploración

TECNICA UTILIZADA											
kV	mAs	Uti.Exp. Auto S/N	Rejilla S/N	Espesor Paciente (cm)	Dist-F-S Paciente (cm)	Dist F-P (cm)	Foco F/G	Tamaño Campo sup-pac cm x cm	Tamaño Campo imagen cm x cm	Sistema de imagen	Protector S/N Indicar posición
										Cartulina/película		Digit



Estimación de dosis en pediatría Comunidad Foral de Navarra

- ❑ Programa implantado en 2005.
- ❑ Estima aproximadamente el 95% de las exploraciones pediátricas de la comunidad foral.
- ❑ Datos actualizados con cada control de calidad.
- ❑ Datos introducidos manualmente.
- ❑ Con digitalización total, los datos se incorporarán con mínima intervención del operador



Estimación de dosis en pediatría Comunidad Foral de Navarra

- ❑ Basado en los datos de la NRPB SR279
- ❑ Necesita rendimientos y C.H.R de cada equipo.
- ❑ Puede estimar con D.S.E o P.D.A.
- ❑ En la historia clínica aparece la dosis efectiva para cada exploración y la dosis efectiva acumulada



Datos en la historia clínica



Historia Clínica Informatizada 8 Años 10 Meses - [Edición de Ficha]

Historia Clínica Ficha Ayuda

T.E.R. (Columna 2) Protegida

Modificada 23/11/05 Servicio Radiología General (HVC)

Responsable M3102843 Joaquín Esparza Estaun Nº Caso 0

Fecha → 23/11/2005
Técnico →
Proyección → ABDOMEN AP
Equipo → HVC/22/M
{Edad → 8
kV^{ok}kV → 65
mA^{ok}sg^{ok}mAs → 10
PDA^{ok}cGy^{ok}cm2 →
Dosis efectiva estimada^{ok}mSv →
CAE →
Tiempo de escopia^{ok}min →

Dosis efectiva estimada^{ok}mSv Numérico ? Decodificar(F7) Valor Normal(F8) Códigos(F4)

Joaquín Esparza Estaun Radiología General (HVC) 18:59

Solicitud de Pruebas

Datos del Solicitante

Ser. Peticionario: 01900 Radiología General (HVC)

Médico Solicitante: 3102843 [Redacted]

Usuario grabador: M3102843 [Redacted]

Petición Primaria

Nº Orden Médica: [Redacted] Centro OMI: [Redacted]

Datos de la Solicitud

Paciente: 406288 [Redacted]

Ubicación: [Redacted]

Fecha Sol. 23/11/2005 Hora Solicitud: 19:25 Solicitud Remisión Informe Urgente

Servicio: [Redacted]

Prestación: [Redacted] Radiación Acumulada: 5,24 mSv 

Procedencia:

Ingresados Consultas

Urgencias Quirófano

Hosp. Día

Solicitud de:

[Redacted]

Motivo (Sospecha Clínica):

[Redacted]

Observaciones:

[Redacted]

Validación Médica

Exploración a Realizar: Copiar Solicitud

[Redacted]

Responsable: [Redacted]

Programación

Fecha Programada: [Redacted]

Hora Programada: [Redacted]

Realización

Fecha Realización: [Redacted]

Buttons: Enviar, Enviar e Imprimir, Anular, Salir



RESPONSABILIDADES

Médicos prescriptores?

Justificación

Radiólogos

Justificación

**Responsable de las técnicas aplicadas y de la adecuación del equipamiento.
Calidad de imagen**

Radiofísicos

Estimaciones dosimétricas.

Propuestas de procedimientos de optimización de dosis y calidad de imagen.

Asesoramiento en la adecuación de las características del equipamiento

TER

Aplicación de las técnicas. Utilización adecuada de blindajes

Detección de anomalías en el equipamiento que requieran intervención

CONCLUSIONES

- ❑ La dosis de radiación en radiodiagnóstico pediátrico es un indicador de buena práctica clínica, y junto con la evaluación de la calidad de imagen garantiza la calidad de los procedimientos simples y pruebas especiales en radiodiagnóstico pediátrico.
- ❑ Hay un gran potencial para la optimización de dosis en exploraciones simples y especiales con las nuevas tecnologías. Ello implica la necesidad de formación y entrenamiento de los TER para utilizarlas de forma eficiente.
- ❑ Los nuevos sistemas de almacenamiento de imágenes permiten obtener información dosimétrica individualizada, siempre que el Radiofísico confirme la fiabilidad de la misma.
- ❑ Se deben dedicar mayores esfuerzos al trabajo conjunto de Radiólogos, Radiofísicos, y TER para garantizar el cumplimiento del principio ALARA en pediatría.

SEPR



JORNADA SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN PEDIATRÍA. CRITERIO ALARA



MUCHAS GRACIAS