


 SIMPOSIUM INTERNACIONAL SOBRE PROTECCIÓN
 RADIOLÓGICA DEL PACIENTE
 



**DOSIS DE RADIACIÓN
 EN
 RADIODIAGNÓSTICO
 PEDIÁTRICO**

Problemática asociada

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


 DOSIS DE RADIACIÓN EN
 RADIODIAGNÓSTICO
 PEDIÁTRICO
 

- ❑ ¿Cuál es el objetivo?
- ❑ ¿Qué aporta?
- ❑ ¿Cuál es el riesgo?
- ❑ ¿Cuál es la metodología de medida?
- ❑ Problemática asociada a:
 - Exploraciones convencionales
 - Exploraciones complejas convencionales
 - Exploraciones de neonatos
 - Exploraciones de columna total
 - Exploraciones de TC
 - Radiología intervencionista
- ❑ ¿Está regulada su medida?
- ❑ Responsabilidades y estrategias a seguir


 ¿Cuál es el objetivo de la
 dosimetría en
 radiodiagnóstico pediátrico?
 

La cuantificación de la exposición a la radiación con el objetivo de optimizar la relación calidad de imagen dosis absorbida
 (ICRU REPORT 74-2005)


 ¿Qué aporta?
 

- ❑ Disponer de un mecanismo para seleccionar y examinar los estándares de buena práctica que a la vez ayude en la optimización de la dosis recibida por el paciente y en la calidad de imagen.
- ❑ Disponer de estimaciones de la dosis absorbida en diferentes órganos y tejidos, que permitan una valoración del detrimento para la salud necesaria para establecer procesos de justificación, y en caso de investigación de sobreexposiciones accidentales

¿Cuál es el riesgo?

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 Radiation) committee (solid line) [12] and an ICRP (International Commission on Radiological Protection) report (dotted line) [13]. Note rapid increase in lifetime risk with decreasing age at exposure.

¿Cuál es la metodología de medida?

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

MAGNITUDES E INDICADORES DOSIMÉTRICOS

- ❑ Exploraciones simples
 - Dosis superficie a la entrada, Producto dosis x área
- ❑ Exploraciones complejas
 - Producto dosis x área
- ❑ CT / MSCT
 - $nCTDI_w$; $CTDI_{vol}$, DLP
- ❑ Intervencionismo
 - Dosis piel
 - Producto Dosis x área

Selección de parámetros

DATA REQUESTED:

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

Essential data are highlighted

Exam date: _____

Exam type: _____

Age: _____

Sex: _____

Exam description: _____

Exam date: _____

Exam time: _____

Exam location: _____

Exam room: _____

Exam operator: _____

Exam physicist: _____

Exam technologist: _____

Exam patient: _____

Exam ID: _____

Exam description: _____

Exam date: _____

Exam time: _____

Exam location: _____

Exam room: _____

Exam operator: _____

Exam physicist: _____

Exam technologist: _____

Exam patient: _____

Exam ID: _____

1. Measurements of entrance surface dose per radiograph

Essential data are highlighted

Date: _____

Patient data: _____

Exam date: _____

Exam time: _____

Exam location: _____

Exam room: _____

Exam operator: _____

Exam physicist: _____

Exam technologist: _____

Exam patient: _____

Exam ID: _____

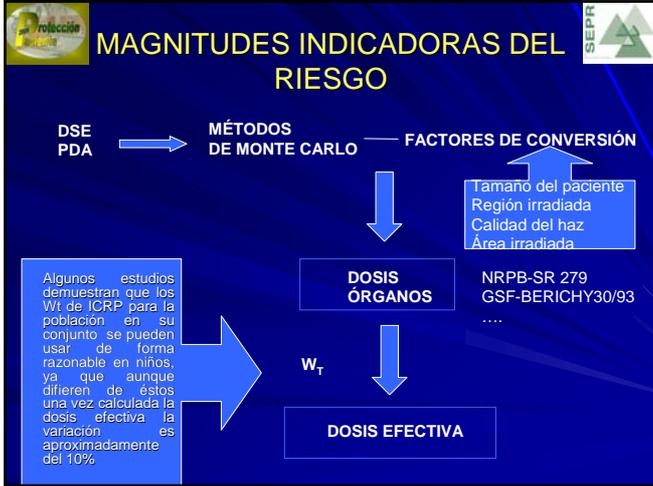


Table 5. Comparison of organ dose conversion factors in an abdomen examination of a 5-year-old paediatric patient. The data are normalized to an entrance air kerma (free-in-air) of 1 Gy. Abdomen AP (70 kV, 3.5 mm Al filtration, HVL 2.9 mm Al).

Organ	PCXMC* (mGy/Gy)	NRPB** (mGy/Gy)	PCXMC*** (mGy/Gy)	GSF**** (mGy/Gy)	CDRH***** (mGy/Gy)
Lungs	123 (1.0)	121	207 (1.7)	200	154
Active bone marrow	68 (0.2)	64	74 (0.1)	75	128
Ovaries	395 (21)	376	383 (18)	569	457
Thyroid	1.7 (0.6)	1.7	3.9 (1.5)	12	3.4

* Phantom and x-ray field size as in NRPB. The statistical error (2xSTD) shown in parentheses.
 ** Hart et al. (1996b), interpolated data, field size at phantom mid-plane 20.4x26.6 cm².
 *** Phantom and X-ray field size as in GSF. The statistical error (2xSTD) shown in parentheses.
 **** Zankl et al. (1989), field size in film plane 25.6x39.4 cm².
 ***** Rosenstein et al. (1979), field size in film plane 28x36 cm².

PACIENTE STANDARD

- Los niños no son un grupo homogéneo de pacientes y sus estructuras anatómicas difieren en tamaño para diferentes edades.
- La NRPB-R318 Reference doses and patient size in paediatric radiology. Establece cinco tamaños Standard para pediatría, que se ajustan a los fantasmas matemáticos utilizados
 - Recién nacidos
 - 1 año
 - 5 años
 - 10 años
 - 15 años

Table 2: Principal dimensions of the mathematical phantoms (Cristy 1995). In the calculation the user can specify whether the area of the phantoms are included at the sides of the trunk or whether they are removed (arrows may indicate 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	3.55	51.5	21.6	9.5	10.9	12.7	16.5
1 year old	9.26	75.0	32.1	13.0	15.1	17.6	26.5
5 year old	20.4	105.0	45.5	15.5	16.5	21.0	40.5
10 year old	32.1	130.0	55.0	16.5	23.0	27.0	66.0
15 year old	54.4	155.0	65.0	19.0	25.0	34.0	75.0
Adult	71.1	174.0	71.0	20.0	34.4	40.0	80.0

* excluding arms
 ** including arms

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

Valores de referencia para paciente estándar en algunas exploraciones
 EUR-16261 EN "European Guidelines on quality criteria for diagnostic images in paediatric"

NRPB

Table 26 Comparison of reference doses for MCUs on paediatric patients

Standard age (years)	Reference dose (Gy ^{cm}) 2000 review	1998 European of UK NPDD 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 dose (mSv)	DAP per examination (Gy cm ²)	No. of cases
MCU	0	0.4	15
	1	0.9 (1.0)	29
	5	1.1 (1.0)	20
	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	0.0	10
	1	1.4 (1.5)	19
	5	1.3 (1.5)	16
	10	2.7	18
	15	4.6	17

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**

Examination: Pelvis ap 1 year

Parameters automatically set:

- Exposure: 60
- mAs: 2.4
- Focal spot: small
- AEC: no
- Grid: no
- Filter: 0.1 Cu, 1 Al
- Size: 18 x 24

North Western Medical Physics 1998
 Comparación sistema Cartulina película 600 / CR → - 40% en dosis

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 CR se pueden reducir las dosis en un orden de magnitud.**
- ✓ **Optimización mediante filtraciones, sistemas de scan, etc..**



EXPLORACIONES COMPLEJAS

- ❑ Las dosis están principalmente afectadas por el tiempo de escopia y el número de imágenes.
- ❑ CUM's puede haber variaciones de 0,9 a 8,5 mGy

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

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

Examination	Conventional		Digital spot imaging	
	Mean DAP (Gy cm ²)	No. of exams	Mean DAP (Gy cm ²)	No. of exams
Barium enema	20.9	65	20.0	103
Barium follow through	13.5	28	7.6	99
Barium meal	12.5	65	6.9	104
Barium swallow	8.8	66	6.3	104
ERCP	14.0	10	13.9	53
Urotaelangiogram	17.3	16	21.7	75
IVU	16.0	39	6.0	26
MCU	5.4	24	4.0	99
Nesogastro tube	12.4	19	12.3	41
Neptelstogram	9.3	15	9.6	64
Psochogram	19.4	13	19.4	23
Rectocolic enalogram	10.7	14	6.5	29
Small bowel enema	49.1	17	23.0	55
Sinogram	7.8	16	7.5	66
T tube Cholangiogram	10.4	13	7.8	66
Menogram	7.8	15	7.0	23

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.

TC EN PEDIATRÍA

- ❑ Feb 2001 American Journal Of Roentgenology
- ❑ Nov 2001: FDA Public Health Notification: Reducing Radiation risk from CT for pediatric and small adult patient
 - ❑ **Optimización de los protocolos**
 - ✓ Reducir los mA. Una reducción del 50% implica un 50% de reducción de dosis.
 - ✓ Sistemas automáticos de intensidad
 - ✓ Disponer de una tabla de mA basada en el peso o el diámetro del paciente y la región de interés. El diámetro puede ser un mejor parámetro ya que se correlaciona mejor con la atenuación del haz en el paciente.
 - ✓ Incrementar el desplazamiento de la mesa o el pitch. Si se incrementa el pitch de 1:1 a 1,5:1 la dosis disminuye en un 33% sin pérdida de información diagnóstica
 - ✓ Utilizar blindajes para órganos críticos
- ❑ **Reducir el número de scans.** Si clínicamente es posible se pueden eliminar las imágenes precontraste.
- ❑ **Eliminar las prescripciones inadecuadas**

FDA 2001

Routine Brain – Examples for Age Specific Protocols	
Patient Age	Relative mAs or CTDI _{vol} Dose
Infant (up to 12 months)	0.6
Child (1 to 8 yrs)	0.8
Teen (8 yrs to 18 yrs) or Average Adult Head	1.0
Large Adult Head	1.2

Chest / Abdomen / Pelvis (CAP) – Examples for Weight Specific Protocols	
Patient Weight	Relative mAs or Relative CTDI _{vol} Dose
Newborn to 10 kg	0.4
10 to 40 kg	0.6
40 to 60 kg	0.8
60 to 80 kg (Average Adult)	1.0
80 to 90 kg	1.2
Above 90 kg (Large Adult)	1.4

Note: The above examples are for illustration purposes only. Specific protocols should be developed for your scanner and by your institution.

El diámetro del paciente puede ser un parámetro más adecuado que el peso para el ajuste de los mA

TC

NEMA. General Guidelines for reducing CT pediatric Dose Through Scan Protocol Adjustments

- ❑ El mismo protocolo produce mayor dosis absorbida en un maniquí pequeño que en uno grande. La proporción de mAs para cabeza adulto y niño para la misma dosis $2.0/2.5 = 0.8$

CTDI Phantom Size	CTDI _{vol}	Percent Image Noise (Std. Dev. / 10.0)
10 cm diameter	19 mGy	0.39 %
16 cm diameter	19 mGy	0.61 %
32 cm diameter	19 mGy	2.2 %

Table 1. Image Noise as a Function of Phantom Size for a Fixed Phantom Dose

- ❑ La misma dosis produce menor ruido en la imagen para maniquí de pequeño tamaño

TC

- ❑ **PACIENTE STANDARD**
 - ❑ **Altura y peso?**
 - ❑ **Diámetro equivalente?**
 - ❑ **Peso?**
 - ❑ **Edad?**

Table 4. Two scaling factors and one conversion coefficient for the calculation of effective dose for paediatric CT. GSF, gonads scaling factor; CF, conversion factor; PEF, paediatric enhancement factor.

	GSF	CF	PEF
	mm	mm	mm
Cranium, lateral skull or trauma (0-12 months old)	1.47	2.28	2.33
Cranium, follow-up hydrocephalus (0-4 years old)	1.27	2.28	1.65
Chest, congenital abnormality (0-12 months old)	2.38	18.4	1.72
Chest/broadbeams chronic lung disease (4-6 years old)	1.72	18.4	1.40

TABLE 4. Normalised values of effective dose per dose-length product (DLP) over various body regions and (standard) patient age.

Region of body	Effective dose per DLP (mSv) (mSv·cm ²) 20 age	0 ^a	1 ^a	5 ^a	10 ^a	15 ^a	18 ^a	20 ^a
Head & Neck	0.023	0.0265	0.0267	0.0242	0.0201			
Head	0.011	0.0267	0.0240	0.0202	0.0171			
Neck	0.0127	0.022	0.022	0.0179	0.0159			
Chest	0.029	0.025	0.028	0.021	0.024			
Abdomen & pelvis	0.049	0.020	0.020	0.025	0.023			
Trunk	0.049	0.020	0.020	0.024	0.023			

^a All data normalised to CTCL in the standard head CT dosimetry phantom.

Units for the head & neck regions normalised to CTCL in the standard head CT dosimetry phantom; units for other regions normalised to CTCL in the standard body CT dosimetry phantom.

TC

EXAM TYPE	RELEVANT ORGAN	APPROXIMATE EQUIVALENT DOSE TO RELEVANT ORGAN (mSv)
Paediatric Head CT Scan Unenhanced Settings ^a (200 mA, 120 kVp)	Brain	60
Paediatric Head CT Scan Enhanced Settings ^a (100 mA, 120 kVp)	Brain	30
Paediatric Abdominal CT Scan Unenhanced Settings ^a (200 mA, 120 kVp)	Stomach	25
Paediatric Abdominal CT Scan Enhanced Settings ^a (100 mA, 120 kVp)	Stomach	6
Chest X-ray (PA, lateral)	Lung	0.01 / 0.13
Screening Mammogram	Breast	3

^a "Unenhanced" refers to scans that contain contrast media; "enhanced" refers to contrast-enhanced scans.

CT de Tórax. 4-6 años

Figure 16. Histogram showing the effective dose at 20 departments.

HEMODYNÁMICA

- ❑ Altas tasas cardíacas, pequeños tamaños de paciente, variedad de variantes anatómicas.
- ❑ Largos y complejos estudios
- ❑ Dependiendo de la patología pueden necesitar frecuentes cateterismos
- ❑ Efectos deterministas en piel. Se pueden superar los 2Gy

Establecer la planificación del procedimiento, del manejo de la escopia.
Utilización de equipos con prestaciones adecuadas para pediatría

¿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.

RESPONSABILIDADES

- ❑ Radiólogos ?
- ❑ TER?
- ❑ Radiofísicos?

Radiofísicos	Estimaciones dosimétricas y propuestas de procedimientos de optimización de dosis y calidad de imagen. Asesoramiento en el equipamiento
TER	Aplicación de las técnicas
Radiólogos	Responsable de las técnicas aplicadas y de la adecuación del equipamiento

ESTRATEGIAS A SEGUIR

- ❑ PROTOCOLOS ACTUALIZADOS
Comité 3 de ICRP establece que " Para niños, la reducción de dosis se logra utilizando técnicas específicas para niños y no usando las de rutina de adultos, colimando correctamente el área de interés".
AJR. 2003 43% de los departamentos de imagen tenían protocolos de pediatría en CT
- ❑ EQUIPAMIENTO ADECUADO
- ❑ PRESCRIPCIONES JUSTIFICADAS

Campanñas de formación

IAEA Plan de Acción para la Protección radiológica del paciente principales tareas para 2006-2007
"Organizar un proyecto especial para la protección radiológica de los pacientes pediátricos y preparar material de entrenamiento para la PR de los pacientes en procedimientos pediátricos".

MSC / CSN
CAMadrid
CA
Extremadura

Cincinnati Children Hospital (Donnelly. AJR 2005)

TC abdominal	2002	2003
Sº de Urgencias	+65%	59% (-6%)
Pacientes Ambulatorios	+22%	+12%

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 en radiodiagnóstico pediátrico
- ❑ Hay un gran potencial para la optimización de dosis en pediatría, y especialmente en el caso del TC pediátrico ya que aunque los riesgos son muy bajos de continuar el incremento en el número de TC's realizados podría incrementarse el riesgo atribuible poblacional.
- ❑ Se deben dedicar mayores esfuerzos y recursos a las campañas de educación, ya que el mayor potencial para la optimización de dosis son las exploraciones no justificadas.