

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
Departamento de Radiología y Medicina Física
(Radiología)



**Análisis comparativo de las dosis de radiación y los protocolos
de estudio en radiodiagnóstico pediátrico y no pediátrico**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR**

María Jesús Ruiz Pérez de Villar

Director

Luciano González García

Madrid 2004

ISBN: 978-84-8466-985-2

©María Jesús Ruiz Pérez de Villar, 1991

R.26.236

De 614.876
RUIZ

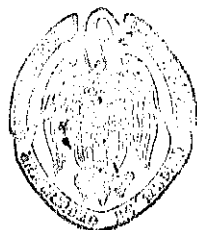
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
Facultad de Medicina
Departamento de Radiología y Medicina Física

BIBLIOTECA UCM



5301455529

**ANALISIS COMPARATIVO DE LAS DOSIS
DE RADIACION Y LOS PROTOCOLOS DE
ESTUDIO EN RADIODIAGNOSTICO
PEDIATRICO Y NO PEDIATRICO**



Biblioteca
de Medicina

M.^a Jesús Ruiz Pérez de Villar
Madrid, 1992



La Tesis doctoral de D.^{ña} María Jesús Ruiz
Perez de Villar

titulada Análisis comparativo de las
dos de radiación y los protocolos de estudio
en radiodiagnóstico Médico y en Pediatría
Director Dr. D. Luis María Sánchez
Sanchez
Jose Manuel Robles
fue leída en la Facultad de MEDICINA de la

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

el día 19 de Noviembre de 1991 ante el tribunal constituido
por los siguientes Profesores:

Presidente Eliseo Vaño Carmona

Vocal Justo Marcos Lopez

Vocal Manuel Galvez Delgado

Vocal Rafael Gaeta Caballero

Secretario César Sánchez Álvarez-Pedrosa

habiendo recibido la calificación de Summa Cum Laude por
unanimidad

Madrid, a 19 de Noviembre de 1991
El Secretario del Tribunal,

César Sánchez

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA Y MEDICINA FISICA**

**ANALISIS COMPARATIVO DE LAS DOSIS DE RADIACION
Y LOS PROTOCOLOS DE ESTUDIO
EN RADIODIAGNOSTICO PEDIATRICO Y NO PEDIATRICO**

**M^a JESUS RUIZ PEREZ DE VILLAR
MADRID, 1991**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA Y MEDICINA FISICA**

**ANALISIS COMPARATIVO DE LAS DOSIS DE RADIACION
Y LOS PROTOCOLOS DE ESTUDIO
EN RADIODIAGNOSTICO PEDIATRICO Y NO PEDIATRICO**

Directores:

Prof. Dr. D. Luciano González García

Prof. Dr. D. José Marcos y Robles

**Memoria presentada por M^a Jesús Ruiz Pérez de Villar
para optar al grado de Doctor en Medicina
Madrid, 1991**



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA
CIUDAD UNIVERSITARIA
28046 MADRID

JOSE LUIS CARRERAS DELGADO, Director del Departamento de Radiología y Medicina Física de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid,

CERTIFICA: que el trabajo titulado "*Análisis comparativo de las dosis de radiación y los protocolos de estudio en radiodiagnóstico pediátrico y no pediátrico*", realizado por Dña. M^a Jesús Ruiz Pérez de Villar y dirigido por los Profesores D. Luciano González García y D. José Marcos y Robles, ha sido informado favorablemente en Consejo de Departamento el 30 de abril de 1991, para optar al grado de Doctor.

Y para que así conste, firmo el presente certificado en Madrid a 23 de julio de 1991.

COMPLUTENSE DE MADRID
RADIOLOGIA Y MEDICINA FISICA

Fdo.: J. L. Carreras Delgado



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE RADIOLOGÍA
CATEDRADO UNIVERSITARIA
28040 MADRID

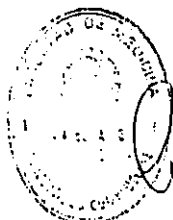
LUCIANO GONZALEZ GARCIA, Profesor Titular de Física Médica de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid y Catedrático excedente de Física Médica de la Universidad de Extremadura, y

JOSE MARCOS Y ROBLES, Profesor Titular de Radiología de la Universidad Complutense de Madrid y Jefe del Departamento de Diagnóstico por la Imagen del Hospital Ramón y Cajal,

CERTIFICAN: que Dña. M^a Jesús Ruiz Pérez de Villar ha realizado bajo su codirección trabajos de investigación, que han permitido elaborar la Memoria titulada "*Análisis comparativo de las dosis de radiación y los protocolos de estudio en radiodiagnóstico pediátrico y no pediátrico*", para optar al grado de Doctor en Medicina.

Consideran que dicho trabajo reúne las condiciones necesarias para ser aceptado por esta Universidad y defendido ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste, firman el presente documento en Madrid a 23 de julio de 1991.



V^o B^o
Directores de la Tesis

Fdo.: L. González García

Fdo.: J. Marcos y Robles

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a las personas que han hecho posible la realización de esta memoria

Al *Prof. Eliseo Vañó Carruana*, por admitirme en el grupo interdisciplinario de trabajo que él dirige, por la flexibilidad de actuación que me ha permitido desarrollar, así como por su continuo apoyo e interés.

Al *Prof. Luciano González García*, por sugerirme un tema de trabajo al que deseo seguir dedicando mi actividad profesional con ilusión. Su orientación y aportaciones han sido muy valiosas a lo largo de toda la investigación, las cuales han facilitado que parte del trabajo se haya publicado y presentado a Congresos.

Al *Prof. José Marcos y Robles*, por su apoyo incondicional y por el asesoramiento que ha aportado en las diferentes fases de elaboración de esta memoria.

Al *Dr. Antonio Martínez Pérez* y a todos los miembros de su *Sección*, por su constante colaboración y porque me han transmitido lo que considero debe ser el auténtico espíritu del radiodiagnóstico pediátrico.

Al *Prof. Eduardo Guibelalde del Castillo*, por la confianza y las excelentes sugerencias que ha proporcionado durante la elaboración del trabajo.

Al *Dr. Angel Luis Llorca Díaz*, por sus numerosas aportaciones, el intercambio de conocimientos que hemos mantenido y lo que ha sido más importante, el estímulo que me ha infundido en los momentos más difíciles.

A *D. José Miguel Fernández Soto*, por su eficaz colaboración en las diversas etapas experimentales, así como por la especial dedicación en lo referente al tratamiento informático de los datos.

A los profesionales que se dedican a la Física Médica, en particular a los *Profesores de la Cátedra de Física Médica*, por lo que han contribuido a ampliar mi formación científica e investigadora.

A los *médicos radiólogos y técnicos en radiodiagnóstico* que han colaborado durante la parte experimental.

Por último, a *Antonio, Elvira, M^a Dolores y Susana*, personal auxiliar de la Cátedra de Física Médica que han estado siempre dispuestos a colaborar en las múltiples facetas que conlleva esta tarea.

INDICE	PAGINA
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Antecedentes y planteamiento del trabajo	1
1.2. Objetivos.....	10
2. CONCEPTOS GENERALES DE DOSIMETRIA A LOS PACIENTES	12
2.1. Magnitudes y unidades representativas del riesgo radiológico en exploraciones médicas con rayos X	14
2.2. Concepto de zona anatómica irradiada	19
3. METODOLOGIA	23
3.1. Datos referidos a los pacientes	26
3.2. Procedimiento de recogida de datos radiológicos	28
3.2.1. Datos radiológicos de exploraciones simples	28
3.2.2. Datos radiológicos de exploraciones complejas	32
3.3. Características técnicas recomendadas por la Comunidad Europea para los equipos radiográficos	35
3.4. Instrumentación.....	42
3.4.1. Dosimetría por termoluminiscencia	42
3.4.2. Dosimetría por cámara de ionización	47
3.4.3. Selección del método dosimétrico	50
4. RESULTADOS Y DISCUSION DE LA DOSIMETRIA A LOS PACIENTES	51
4.1. Dosimetría en radiodiagnóstico de pacientes adultos	53
4.1.1. Exploraciones simples	54
4.1.2. Exploraciones complejas	63
4.2. Dosimetría en radiodiagnóstico pediátrico	71
4.2.1. Exploraciones simples	73
4.2.2. Exploraciones complejas	87
4.3. Dosimetría en radiodiagnóstico pediátrico del recién nacido	95
4.4. Influencia de los elementos del sistema de imagen en las dosis	102

4.5. Comparación de los resultados dosimétricos en radiodiagnóstico pediátrico y no pediátrico	112
4.5.1. Exploraciones simples	113
4.5.2. Exploraciones complejas	114
5. PROTOCOLOS DE ESTUDIO DE EXPLORACIONES SIMPLES Y CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN	116
5.1. Criterios de calidad de imagen recomendados por la Comunidad Europea.....	116
5.2. Exploraciones de cráneo	118
5.2.1. Protocolos de estudio	119
5.2.2. Criterios de calidad de imagen de exploraciones de cráneo en el adulto	122
5.2.3. Propuesta de criterios de calidad de imagen de exploraciones de cráneo en el niño	124
5.3. Exploraciones de tórax	131
5.3.1. Protocolo de estudio en el recién nacido	132
5.3.2. Protocolos de estudio en adultos y en niños (excepto el recién nacido)	136
5.3.3. Criterios de calidad de imagen de las exploraciones de tórax en el adulto	141
5.3.4. Propuesta de criterios de calidad de imagen de exploraciones de tórax en el niño	143
5.4. Exploraciones de abdomen	151
5.4.1. Protocolo de estudio de las exploraciones de abdomen	152
5.4.2. Criterios de calidad de imagen de exploraciones de abdomen en el adulto	155
5.4.3. Propuesta de criterios de calidad de imagen de exploraciones de abdomen en el niño	156
5.5. Exploraciones de columna vertebral	158
5.5.1. Protocolo de estudio de las exploraciones de columna lumbar en el adulto	159
5.5.2. Criterios de calidad de imagen de exploraciones de columna lumbar y unión lumbosacra en el adulto	162
5.5.3. Protocolo de estudio de las exploraciones de columna total en el niño	164
5.5.4. Propuesta de criterios de calidad de imagen de exploraciones de columna total en el niño	169
5.6. Exploraciones de pelvis	171
5.6.1. Protocolo de estudio de las exploraciones de pelvis en el adulto	171
5.6.2. Criterios de calidad de imagen de exploraciones de pelvis en el adulto	172

5.6.3. Protocolo de estudio de la luxación congénita de cadera en el niño	174
5.6.4. Propuesta de criterios de calidad de imagen de exploraciones de pelvis en el niño	177
6. PROTOCOLOS DE ESTUDIO DE LAS EXPLORACIONES COMPLEJAS	178
6.1. Exploraciones de aparato urinario	179
6.1.1. Protocolo de estudio de la urografía intravenosa en el adulto	179
6.1.2. Criterios de calidad de imagen de la urografía intravenosa en el adulto	186
6.1.3. Protocolo de estudio de la urografía intravenosa en el niño	188
6.1.4. Protocolos de estudio de la cistouretrografía miccional	191
6.2. Exploraciones de aparato digestivo	194
6.2.1. Protocolos de estudio en el adulto de las exploraciones esofagogastroduodenales.....	195
6.2.2. Protocolos de estudio de las exploraciones esofagogastroduodenales en el niño	199
7. REPERCUSION DE LOS PROGRAMAS DE GARANTIA Y CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO.....	203
7.1. Protocolos y resultados del control de calidad	203
7.2. Influencia en las dosis a pacientes	213
8. CONCLUSIONES.....	215
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	223
APENDICE.	

1. Introducción

1. INTRODUCCION

1.1. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

La población mundial está expuesta a fuentes de radiación ionizante de origen natural y artificial. Las principales fuentes naturales son la radiación cósmica y los elementos radiactivos presentes en el ambiente. Entre las fuentes artificiales se encuentran fundamentalmente las aplicaciones médicas y las industriales.

En Medicina se emplean las radiaciones ionizantes con fines diagnósticos y terapéuticos. Radiodiagnóstico, radioterapia y medicina nuclear son las tres grandes ramas en las que se han ido agrupando dichas aplicaciones. El informe del Comité Científico de las Naciones Unidas sobre Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR, 1988) presenta frecuencias anuales promedio, de un conjunto de países incluidos en el nivel I de atención sanitaria¹, respecto al número de actuaciones de cada una de estas especialidades. En radiodiagnóstico la frecuencia promedio es de 800 exámenes por 1000 habitantes, frente a 16 exploraciones por 1000 habitantes en medicina nuclear y a 2,4 tratamientos por 1000 habitantes en radioterapia.

Las dosis de radiación impartidas a cada individuo en radiodiagnóstico suelen ser inferiores a las administradas en medicina nuclear y radioterapia. Sin embargo, la población expuesta en radiodiagnóstico es muy superior a la de las otras áreas, lo que supone una mayor contribución a la dosis colectiva.

¹Clasificación de los países en relación con el nivel de atención sanitaria:

Nivel I: Se incluyen los países del más alto nivel sanitario, con más de un médico por 1000 habitantes.

Nivel II: Se incluyen los países con un médico por cada 1000-3000 habitantes.

Nivel III: Se incluyen los países con un médico por cada 3000-10000 habitantes.

Nivel IV: Los países que disponen de un médico por más de 10000 habitantes.

Además, en muchos casos, los individuos expuestos están sanos o presentan patología leve, por lo que el beneficio que se obtiene de la exposición es menor. De ahí la importancia de evaluar las dosis en esta área.

El aumento del número de exploraciones en radiodiagnóstico y la aparición de nuevas técnicas diagnósticas basadas en la utilización de los rayos X repercuten en un incremento de las dosis anuales a los pacientes. Este hecho ha inducido a las autoridades sanitarias de gran número de naciones y a organismos internacionales a analizar la indicación de las exploraciones, los procedimientos de trabajo con los que se efectúan y las dosis de radiación asociadas.

En países industrializados, como Estados Unidos, el problema ha sido extensamente abordado y así lo demuestran el informe del Comité sobre Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes (BEIR, 1980) relacionado con los efectos de dosis bajas a la población, los trabajos de la Agencia de Sanidad Radiológica del Departamento de Salud, Bienestar y Educación estadounidense (BRH, 1973; 1976), el informe sobre Evaluación Nacional de las Tendencias en el empleo de los rayos X (NEXT, 1982) y estudios de otros organismos como el Consejo Nacional de Protección Radiológica y Medidas (NCRP, 1968; 1977).

En Europa, merece especial atención el Programa de Investigación sobre Protección Radiológica, patrocinado por la Comisión de Comunidades Europeas (CCE). Este programa surgió del Tratado del Euratom. Se ha desarrollado en cinco fases hasta 1984 y una sexta en el quinquenio 1985-1989. Sus denominaciones han sido las siguientes:

- "Dosimetría de la radiación y su interpretación".
- "Comportamiento y control de radionucleidos en el ambiente".
- "Efectos somáticos a corto plazo de las radiaciones ionizantes".

- "Efectos somáticos tardíos de las radiaciones ionizantes".
- "Efectos genéticos de las radiaciones ionizantes".

La sexta fase denominada "Evaluación de riesgos derivados de las radiaciones ionizantes" tiene especial significación para la investigación objeto de esta Memoria, ya que su objetivo fundamental es evaluar los riesgos de fuentes de radiación diversas, entre ellas la debida al diagnóstico médico, y optimizar la Protección Radiológica a todos los niveles introduciendo el criterio ALARA (acrónimo de "As Low As Reasonable Achievable", referido a la dosis de radiación). Durante el periodo 1989-1991 se pretende profundizar y ampliar los objetivos de esta fase.

Las áreas principales en las que se ha concentrado la investigación son tres: evaluación de los procedimientos radiológicos actuales; obtención de datos sobre exposición a los pacientes para las distintas técnicas y exploraciones, y reducción de las dosis incluyendo la aplicación de programas de garantía de calidad. Los temas que han merecido soporte económico por la CCE muestran las tendencias y tareas emprendidas por los principales grupos de trabajo, cuyos proyectos de investigación se reflejan en los informes periódicos del "Radiation Protection Research Programme" (RPRP, 1980-1984; RPRP, 1985-1989).

El examen de los resultados y las conclusiones aportadas por los distintos proyectos (Harrison, 1983; Shrimpton, 1986; Contento, 1988; Maccia, 1988; González, 1988; Vañó, 1989) permite entresacar, en síntesis, las siguientes observaciones de carácter técnico:

1. El número de estudios radiológicos experimenta una tasa de crecimiento continuado, pudiendo llegar a duplicarse cada 10 años. Esto supone, en muchos casos, duplicar la dosis colectiva de la población.

2. No es probable lograr una disminución significativa de la dosis por cada examen radiológico confiando sólo en el progreso tecnológico, ya que los resultados actuales parecen mostrar un crecimiento constante en casi todos los tipos de estudios.
3. Las dosis para un mismo estudio presentan variaciones de hasta dos órdenes de magnitud según el equipo utilizado, la técnica radiográfica, el método de medida, la pericia del operador y otros condicionantes.
4. Los resultados obtenidos en un país no son trasladables a otros. Las causas fundamentales son las diferencias en las rutinas de cada protocolo radiológico, el distinto nivel tecnológico y el distinto desarrollo sanitario general.
5. Una educación sanitaria, basada en el conocimiento de las cargas radiológicas y los riesgos del diagnóstico mediante rayos X, puede suponer una disminución significativa de tales riesgos. A la vez, tal actuación predispone a los diferentes estamentos profesionales a una participación activa en la adopción de medidas y normas de protección radiológica y en la búsqueda de soluciones técnicas a fin de minimizar las dosis, dentro de la filosofía ALARA.

En España, hasta hace pocos años, estas evaluaciones no habían sido motivo de estudio sistemático. En algunos centros sanitarios existían datos de interés a nivel interno, pero no era posible establecer una comparación entre ellos por causas idénticas a las ya mencionadas. Sin embargo, existe en la actualidad un interés creciente por parte de las autoridades sanitarias en promover estudios que permitan estimar las dosis de radiación recibidas por los pacientes y disminuir los riesgos asociados.

Una demostración de esta sensibilización se manifiesta en las reuniones científicas celebradas en los últimos años, de las

que algunos ejemplos son:

- "I Jornada Técnica sobre Protección Radiológica en Radiodiagnóstico", organizada por el Ministerio de Sanidad y Consumo a través de la Dirección General de Salud Alimentaria y Protección de los Consumidores, celebrada en julio de 1987.

- "Jornada Técnica sobre estimación de riesgos por irradiación en el embarazo. Estimación de dosis al embrión y feto en exploraciones radiológicas", organizada por el Hospital Gregorio Marañón de la Comunidad Autónoma de Madrid y la Cátedra de Física Médica (CFM) de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, celebrada en mayo de 1988.

- "Seminario Internacional de Protección Radiológica y Garantía de Calidad en Radiodiagnóstico" coordinado en colaboración por la CFM, el Instituto de Estudios de la Energía del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y el Centre d'Etude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire, celebrado en marzo de 1989.

En la legislación también se refleja el interés por disminuir las dosis y los riesgos asociados a la radiación. El Real Decreto 1753/1987, publicado en el B.O.E. de 15 de enero de 1988, modifica parcialmente el Reglamento de sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes promulgado en el Real Decreto 2519/1982, publicado en el B.O.E. de 8 de octubre de 1982, en el sentido de exigir que cualquier "exposición controlable", incluida la exposición médica, debe estar justificada por las ventajas que proporcione, manteniéndose además al nivel más bajo que razonablemente sea posible (criterio ALARA).

Recientemente, el Real Decreto 1132/1990, de 14 de septiembre, establece medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos. En él se hace referencia a las condiciones que debe cumplir toda exposición a radiaciones ionizantes con fines médicos, los conocimientos que deben adquirir los profesionales responsables del acto médico, la vigilancia estricta en cuanto a los criterios de calidad que deberán cumplir las instalaciones para garantizar la protección radiológica del paciente, la existencia de un experto cualificado en radiofísica cuando el número de equipos o técnicas empleadas lo aconsejen y, por último, al establecimiento de un Censo Nacional de Instalaciones para hacer posible una planificación que evite la multiplicación inútil de las mismas. De hecho, consiste en una transcripción a la legislación española de la Directiva Comunitaria 84/466 (CEE, 1984).

Desde su incorporación a la Comunidad Europea (CE), España se ha integrado en el Programa de Protección Radiológica promovido por la CEE. El grupo de trabajo de la CFM participa desde 1986 en el proyecto sobre "Optimización de la Protección Radiológica en Radiodiagnóstico", cuenta con el apoyo técnico y logístico del Ministerio de Sanidad y Consumo, la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología y el Consejo de Seguridad Nuclear.

Dentro del objetivo general de este proyecto, se considera como una de las líneas de acción de mayor interés optimizar los procedimientos radiológicos con vistas a reducir exposiciones a los pacientes, manteniendo una adecuada información diagnóstica.

Con este propósito se ha promovido, entre otros, desde un grupo de estudio del Programa de Protección Radiológica de la Dirección General XII de la CEE, la elaboración de un documento sobre "Criterios de Calidad de Imágenes en Radiodiagnóstico", para realizar una intercomparación de calidad de información y dosis asociadas a exploraciones frecuentes en centros sanitarios

de países de la CE. Una versión inicial fue emitida en 1988, como resultado de la encuesta realizada entre 20 hospitales de la Comunidad. Dicho documento de trabajo ha ido experimentando sucesivas modificaciones en 1989, 1990 y se encuentra en revisión en la actualidad, aunque no cabe esperar modificaciones importantes.

Los estudios seleccionados en pacientes adultos, en atención a la frecuencia con la que se realizan y a que suponen una contribución considerable en la dosis colectiva, son: *cráneo, tórax, caderas y pelvis, mama, columna lumbar y simple de abdomen* asociada al examen de tracto urinario. En dicho documento se proponen unas recomendaciones en relación con los "criterios y detalles de imagen" (ver capítulo 5) que deben visualizarse en las radiografías y valores de dosis, además de otras especificaciones técnicas.

Este trabajo ha representado la primera colaboración de España con otros países comunitarios en este campo, aportando inicialmente información de cuatro hospitales y dos ambulatorios de la Comunidad Autónoma de Madrid (Vañó, 1989; 1989b). Como consecuencia, existen numerosos datos dosimétricos recogidos con idéntica sistemática de trabajo, que han permitido a la CFM establecer unos valores de referencia provisionales de dosis en estas exploraciones en el área de Madrid (Vañó, 1991). Las medidas experimentales de esta tesis en pacientes adultos han contribuido a proporcionar una parte significativa de la información disponible.

Hay que destacar que, hasta aquí, la labor desarrollada por la CFM se centraba únicamente en el control de exploraciones sobre pacientes en edad adulta.

A partir de las dosis de radiación asociadas a cada tipo de examen puede estimarse un riesgo potencial para el individuo expuesto y para su descendencia. En la población infantil, el riesgo presenta especial trascendencia por las siguientes razones:

- Sus tejidos se encuentran en un periodo de alta actividad celular y, por tanto, son más radiosensibles.
- Tienen mayor probabilidad de ser expuestos a lo largo de su vida.
- Los efectos tardíos de la radiación tienen mayor probabilidad de manifestarse, debido a su mayor esperanza de vida.

Como consecuencia, se decidió la realización de este trabajo para conocer las dosis de radiación asociadas a las exploraciones pediátricas que se practican con más frecuencia, tanto "simples" como "complejas".

Asimismo, en 1989 un grupo de expertos de la CCE planteó la elaboración de un documento de trabajo, similar al efectuado en pacientes adultos, sobre "Criterios de Calidad de Imágenes en Radiodiagnóstico Pediátrico" aplicables a las siguientes exploraciones: *Simple de abdomen, caderas y pelvis, tórax, cráneo y columna.*

Así como para los adultos se proponían unas recomendaciones en relación con los criterios y detalles de imagen que debían visualizarse en las radiografías y valores de dosis, en el informe de radiodiagnóstico pediátrico se observa la dificultad de emitir criterios similares. Uno de los principales motivos es que los procedimientos de trabajo -técnica radiográfica, número de proyecciones, tamaño del campo de irradiación, etc- presentan gran variabilidad en función de la edad y las dimensiones corporales, características de cada etapa del desarrollo infantil. A partir de la encuesta realizada entre hospitales de 11 países comunitarios, los primeros resultados divulgados en 1990 (sólo a los miembros de los servicios participantes), hacen referencia únicamente a los intervalos de dosis en tejido a la entrada obtenidos en exploraciones de cráneo, simple de abdomen

y tórax de niños de 10 meses de edad, estudios de cadera y pelvis de niños con 4 meses y exploraciones de tórax de prematuros.

Por otra parte, la información bibliográfica es muy escasa, y frecuentemente referida a magnitudes radiológicas no bien descritas y, por tanto, poco reproducibles. Sin embargo, merecen ser destacados los trabajos realizados por Tautz, Stieve y Fendel (Tautz, 1988; Stieve, 1988; Fendel, 1989).

1.2. OBJETIVOS

El propósito de este trabajo es contribuir a conocer las dosis relacionadas con los estudios que con más frecuencia se practican en los niños desde el nacimiento hasta los 14 años de edad, tanto respecto a las exploraciones "simples" como a las "complejas", estudiando al mismo tiempo los procedimientos de trabajo con los que se realizan y analizándolos comparativamente con los del adulto.

Para alcanzar este propósito se han abordado los siguientes objetivos:

1. Dosimetría a pacientes.

1.1. Establecimiento de grupos de edad en la población infantil.

Definición de unos grupos de edad en función de las características físicas de los niños relacionadas con las etapas de crecimiento.

1.2. Determinación del método de medida más adecuado en cada tipo de paciente.

Elección del método dosimétrico apropiado en función de las energías empleadas en cada tipo de paciente.

1.3. Delimitación de la zona anatómica irradiada.

Determinación de la región corporal predominantemente expuesta, diferenciando los órganos explorados de los órganos de mayor interés en dosimetría a pacientes.

1.4. Obtención de valores de dosis en tejido a la entrada, que constituye la fase experimental del trabajo.

1.5. Comparación de los valores de dosis.

Discusión de los resultados respecto a la evolución de los valores de dosis en los diferentes grupos de edad en el niño y en el adulto.

2. Protocolos de estudio más frecuentes en exploraciones "simples" y "complejas".

2.1. Descripción de los procedimientos de trabajo.

Estudio de las proyecciones, campos de irradiación, técnica radiográfica, número de disparos, etc, empleados en cada protocolo de exploración. Comparación de los procedimientos de trabajo entre el adulto y el niño.

2.2. Medidas de protección radiológica que contribuyen a disminuir las dosis.

Justificación de los métodos de Protección Radiológica que deben aplicarse de forma sistemática en los servicios de radiodiagnóstico, especialmente en pediatría.

2.3. Análisis de los criterios de calidad de imagen.

Valoración de los criterios de calidad de imagen divulgados por la CE para el adulto. Propuesta de criterios para las exploraciones de radiodiagnóstico pediátrico.

3. Programas de garantía y control de calidad en radiodiagnóstico.

3.1. Influencia en la dosis.

Valoración de la disminución de las dosis de radiación como consecuencia de la aplicación de estos programas.

2. Conceptos generales de dosimetría a los pacientes

2. CONCEPTOS GENERALES DE DOSIMETRIA A LOS PACIENTES

La cuantificación de las dosis de radiación que reciben los pacientes sometidos a estudios radiológicos tiene gran importancia y se justifica por las siguientes razones:

a) Es el primer paso para estimar el riesgo de lesión somática o genética asociado a cada tipo de exploración.

b) Es un índice que permite estimar la calidad de cualquier servicio de radiodiagnóstico porque:

- Refleja la dotación de equipos del centro. En efecto, en correlación con dosis elevadas de radiación se asocian, frecuentemente, equipos en condiciones razonables de operación pero relativamente antiguos o basados en técnicas primitivas. Es conocido el hecho de que las características de los equipos de rayos X de fabricación más reciente permiten obtener imágenes con un menor riesgo para el paciente.

- Permite evaluar el funcionamiento de cada uno de los elementos de la cadena de formación de la imagen radiográfica. De modo general, una mejora en las condiciones de cualquier elemento de la cadena de imagen (incluyendo desde el almacenamiento de las películas hasta los negatoscopios) es susceptible de reflejarse en la dosimetría.

- Traduce el grado de formación del personal que lo integra. Esta afirmación es consecuencia de la anterior si, como es usual en la valoración de los aspectos implicados en el radiodiagnóstico, se considera al radiólogo y al técnico como elementos de la cadena de imagen. Obviamente, un mejor entrenamiento y una mayor pericia suponen, por ejemplo, tiempos de escopía más cortos y menos repeticiones de placas. Estos últimos aspectos son frecuentemente

olvidados al planificar la rotación del personal por las salas.

- Permite comparar los equipos y las formas de actuación entre distintas salas del mismo Servicio, con otros centros e incluso comparar la práctica radiológica entre distintos países.

c) La dosimetría a los pacientes, unida a la valoración de la calidad diagnóstica de la imagen, es un elemento que debe considerarse imprescindible para evaluar el balance riesgo/beneficio que supone la exposición a los rayos X. Si se quiere valorar la importancia de esta afirmación, basta tener en cuenta que la Comisión Internacional de Protección Radiológica recomienda, en su informe técnico de noviembre de 1990, la realización de controles periódicos de dosis a los pacientes y el uso de "umbrales" ('dose constraints') o niveles de investigación en exploraciones simples de rayos X, de cara a una vigilancia rutinaria de la protección radiológica del paciente.

En virtud de lo anterior, no es arriesgado afirmar que la dosimetría al paciente se introducirá como pieza clave en la legislación sobre control de calidad en radiodiagnóstico, en los países desarrollados. Dentro de la Comunidad Europea se trabaja ya para elaborar una normativa común en este área, y Estados Miembros como Alemania, Dinamarca o Bélgica poseen regulaciones específicas en el ámbito de la garantía de calidad, vigentes desde hace algunos años.

2.1. MAGNITUDES Y UNIDADES REPRESENTATIVAS DEL RIESGO RADIOLÓGICO EN EXPLORACIONES MÉDICAS CON RAYOS X

La terminología de mayor interés en dosimetría a pacientes en radiodiagnóstico se detalla a continuación, tomando como referencia los conceptos aprobados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica en 1990 y reflejando algunas de las diferencias respecto a los divulgados en 1977.

1) Dosis en tejido a la entrada del paciente. .

Es la expresión de la dosis absorbida en tejido en el punto de intersección del haz de radiación con la superficie del paciente, corregida teniendo en cuenta la retrodispersión del haz. El factor de retrodispersión varía entre 1,3 y 1,4 para la calidad del haz de radiación empleado en las exploraciones citadas, de acuerdo a la densidad y composición de los tejidos. Se adopta como valor promedio 1,35 (CEC, 1989). En radiodiagnóstico pediátrico puede adoptarse este mismo valor, al no haber emitido la CE una recomendación específica al respecto.

Es un parámetro sencillo de medir con dosímetros de termoluminiscencia (DTL) o con cámaras de ionización apropiadas. El grupo de expertos de la CE lo toma como indicador de referencia, por la relativa facilidad de obtención y reproducibilidad.

El principal inconveniente que presenta es que resulta poco indicativo del riesgo real al que se expone el paciente, debido a que un haz de radiación poco filtrado puede dar alta dosis en tejido a la entrada y escasa dosis en profundidad, por lo que se sobreestimaría el riesgo radiológico. No obstante, da una información valiosa cuando se desea efectuar estudios comparativos.

La unidad radiológica, en el Sistema Internacional, es el Gray (Gy). El orden de magnitud en que se expresa habitualmente es el miligray (mGy).

2) Dosis en órganos.

Este término hace referencia a la dosis que reciben determinados órganos superficiales o profundos. Son de especial interés los más sensibles a los rayos X -denominados "críticos" por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR)- para cada exploración específica.

Es la magnitud de mayor interés, ya que permite estimar con bastante precisión el riesgo que tendrá el paciente como consecuencia de la irradiación.

Las dosis impartidas en los órganos superficiales tales como mama, tiroides o testículos se pueden medir con buena aproximación con DTL colocados a nivel de la piel de cada órgano.

Para la medida directa de las dosis en órganos profundos como útero o pulmón, se recurre a la utilización de maniqués antropomórficos, sobre los que se hace una simulación de la exploración radiológica, siguiendo el protocolo básico aplicado a los pacientes.

Un método indirecto de obtener las dosis en órganos profundos consiste en utilizar los coeficientes calculados por Jones y Wall a partir de un maniquí matemático y métodos de Monte Carlo (Jones, 1985). Dichos coeficientes son específicos para cada órgano. Con ellos se estiman los valores a partir de la dosis en tejido a la entrada (DTE) y de las características del haz de radiación.

Actualmente este método sólo puede aplicarse, con niveles de precisión razonables, en las exploraciones "simples" (ver capítulo 3) de pacientes adultos.

En las exploraciones "complejas" (ver capítulo 3), la gran variabilidad de los procedimientos de operación -múltiples proyecciones, zona anatómica irradiada inconstante, etc.- dificulta diseñar un solo método que sea adecuado a todas las posibles situaciones. Se adoptan aproximaciones mixtas entre los valores experimentales que se obtienen de las simulaciones con los maniqués antropomórficos y las estimaciones que emplean los coeficientes mencionados.

En la población infantil es aún más complicado obtener valores de dosis en órganos profundos, dadas las variaciones observadas en cuanto al tamaño y la situación de los órganos en función de la edad, para determinar coeficientes homólogos a los del adulto.

En la actualidad diversos grupos de trabajo tratan de elaborar maniqués matemáticos para la población infantil, mediante estudios de la situación anatómica y las dimensiones de los órganos con tomografía computarizada (Zankl, 1988; 1989).

La unidad radiológica, en el Sistema Internacional, es el Gray (Gy). El orden de magnitud en que habitualmente se expresa es el milíGray (mGy).

3) Dosis equivalente.

Se define como la dosis promedio absorbida en un órgano o tejido ponderada por el factor de calidad de la radiación. Su expresión matemática es la siguiente:

$$H_T = \sum R w_R D_{T,R}$$

donde w_R representa el factor de ponderación característico del tipo de energía y radiación incidente. El valor asignado a cada tipo de radiación es representativo de la "efectividad biológica relativa" (RBE), respecto a los efectos estocásticos que la radiación puede inducir a dosis bajas. El término $D_{T,R}$ representa

la dosis promedio absorbida en el órgano o tejido, debida a la radiación R.

La dosis equivalente en las recomendaciones de la CIPR de 1977 era considerado como un concepto puntual, y el término que tenía en cuenta la eficacia biológica relativa se denominaba "factor de calidad Q".

La unidad radiológica, en el Sistema Internacional, es el Sievert (Sv). El orden de magnitud en que habitualmente se expresa es el miliSievert (mSv).

4) Dosis efectiva.

Se considera como un estimador del riesgo radiológico global. Relaciona la probabilidad de manifestación de los efectos estocásticos² con la dosis equivalente.

La denominación "Dosis equivalente efectiva" es la empleada por la CIPR en las recomendaciones publicadas en 1977. En la revisión efectuada en 1990 se propone el cambio de denominación por el de "Dosis efectiva" con el propósito de simplificar la terminología utilizada, sin que ello implique modificaciones de este concepto. Según esta última revisión, su expresión matemática es la siguiente:

$$E = \sum_T w_T H_T$$

es decir, es el sumatorio del producto de las dosis equivalentes, H_T , por un factor de ponderación asignado a cada tipo de tejido, w_T . Dicho factor, w_T , representa la proporción del riesgo

²Según las Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, publicación 26 (1977): "Los efectos estocásticos son aquellos en los que la probabilidad de que ocurra un efecto, más bien que su gravedad, se considera como función de la dosis, sin umbral". "En el margen de dosis que se considera en protección radiológica, los efectos hereditarios se estiman como estocásticos. Algunos efectos somáticos son estocásticos; entre ellos se considera que la carcinogénesis es el principal riesgo somático de la irradiación a dosis bajas...".

estocástico resultante del tejido (T) cuando el cuerpo entero es irradiado uniformemente. La suma de los w_T asignados a cada tejido es la unidad.

La unidad radiológica, en el Sistema Internacional, es el Sievert (Sv). El orden de magnitud en que habitualmente se expresa es el milisievert (mSv).

5) Dosis genéticamente significativa.

Se emplea como una medida del detrimento³ genético que se espera de una actuación radiológica.

Se define como "la dosis que, recibida por cada miembro de la población, podría producir el mismo efecto genético que la dosis recibida realmente por los distintos individuos expuestos" (UNSCEAR, 1988).

Se calcula a partir de la frecuencia de una exploración determinada en un grupo de edad de la población, la correspondiente dosis gonadal y los factores de ponderación que tienen en cuenta la esperanza de hijos.

La unidad radiológica, en el Sistema Internacional, es el Sievert (Sv). El orden de magnitud en que habitualmente se expresa es el milisievert (mSv).

³Detrimento es un concepto complejo, muy discutido en las distintas recomendaciones de la CIPR, trata de relacionar la probabilidad, la severidad y el tiempo de latencia de expresión de un efecto biológico producido como consecuencia de la interacción de la radiación ionizante. Las recomendaciones aprobadas en 1990 expresan que este término debe ser empleado con diferentes propósitos: a) valorar las consecuencias de exposiciones continuadas o acumulativas que sirvan para recomendar los límites de dosis, b) comparar las consecuencias de diferentes distribuciones de dosis equivalente para seleccionar los factores de ponderación de los tejidos, c) proporcionar una base para calcular el valor por unidad de dosis efectiva a efectos tales como la optimización de la práctica en protección radiológica. Por tanto, la Comisión ha sustituido el concepto previo de detrimento de una población "esperanza matemática del daño incurrido en la exposición a la radiación ..." (ICRP, 1977)- por un concepto multifactorial (ICRP, 1991).

6) Dosis colectiva.

Este concepto expresa la dosis de radiación a la que se exponen grupos de población. Se obtiene calculando el producto de la dosis promedio del grupo por el número de individuos expuestos (ICRP, 1991).

Las denominaciones utilizadas son la dosis equivalente colectiva, S_T , referida a un órgano o tejido y la dosis efectiva colectiva, S .

La unidad en la que se expresa es persona-Sievert.

2.2. CONCEPTO DE ZONA ANATOMICA IRRADIADA

Es la región corporal predominantemente expuesta en cada exposición, que incluye el órgano de interés diagnóstico y además tejidos circundantes. Se ha querido diferenciar del concepto de "órgano explorado", definido como el órgano que el radiólogo pretende visualizar específicamente para emitir el diagnóstico. Esta distinción tiene mayor transcendencia en las exploraciones complejas y se justifica por las siguientes razones:

- a) Simplificar la toma de datos.
- b) Facilitar la aplicación de tablas para el cálculo de dosis en órganos por el método Monte Carlo (Jones and Wall, 1985).
- c) Unificar criterios que permitan comparar los distintos protocolos de estudio utilizados en los diferentes centros.
- d) Facilitar la introducción de información en las bases de datos, su adecuada gestión informática y la toma de decisiones, en caso necesario, a través de sistemas expertos.

Estos mismos criterios, elaborados a lo largo del presente trabajo, se han aplicado desde mayo de 1990 al proyecto de Optimización de la Protección Radiológica en Radiodiagnóstico que se desarrolla en la CFM. Es importante destacar que en el citado proyecto participan profesionales con formación básica en distintas disciplinas científicas, por lo que ha sido necesario realizar un esfuerzo de integración para simplificar la terminología empleada de cada una de las disciplinas implicadas.

Se han delimitado las siguientes "zonas irradiadas de referencia":

- CABEZA: El límite inferior se sitúa en la 7ª vértebra cervical. Se incluyen en esta zona exploraciones de cabeza y cuello.

- TORAX: El límite superior se sitúa en la 1ª vértebra dorsal y el inferior en la 12ª vértebra dorsal.

- ABDOMEN: El límite superior se sitúa 2 cm por encima de las cúpulas diafragmáticas y el inferior en el borde caudal de la sínfisis del pubis.

A su vez, conviene dividir el abdomen en dos partes:

HEMIABDOMEN SUPERIOR

HEMIABDOMEN INFERIOR

El límite entre éstas se sitúa a nivel de ambas crestas ilíacas.

Esta división presenta una serie de ventajas e inconvenientes.

a) Ventajas

- Sencillez: se evita hacer referencia a regiones anatómicas estrictas (mesogastrio, hipocondrio, etc.), procurando utilizar un lenguaje sencillo y con pocos términos técnicos. Además es aplicable a cualquier proyección radiográfica.

- Fácil identificación: se han delimitado zonas corporales, no sólo por las estructuras óseas referidas, sino también por detalles anatómicos externos.

- Simplicidad: las zonas definidas son pocas, lo cual facilita su manejo.

b) Inconvenientes

- Cualquier división topográfica supone trazar líneas que pueden dejar estructuras a caballo entre dos "zonas". En este caso se debe asignar la que representa mayor riesgo radiológico.

- La situación relativa de algunos órganos varía en función de la posición de todo el organismo. A pesar de ello, en aras de la sencillez, se ha preferido no hacer distinciones entre bipedestación y decúbito.

En la tabla I se relaciona la "zona anatómica" definida con las estructuras anatómicas de interés en función de las exploraciones radiológicas consideradas en este trabajo.

T A B L A I

ZONA ANATOMICA IRRADIADA		ESTRUCTURAS DE INTERES	EXPLORACIONES RADIOLOGICAS CONSIDERADAS
Cabeza		<ul style="list-style-type: none"> - Cráneo - Columna cervical - Senos paranasales 	<ul style="list-style-type: none"> - Cráneo - Senos paranasales (*) - Cavum (*)
Tórax		<ul style="list-style-type: none"> - Pulmones - Vías respiratorias bajas - Corazón y grandes vasos - Esófago - Esqueleto 	<ul style="list-style-type: none"> - Tórax - Esofagogastroduodenal (**)
Abdomen	Hemiabdomen superior	<ul style="list-style-type: none"> - Hígado y vías biliares - Estómago - Bazo - Riñones - Duodeno - Mitad superior yeyuno - Colon transverso 	<ul style="list-style-type: none"> - Simple de abdomen (***) - Columna lumbar - Urografía intravenosa - Esofagogastroduodenal
	Hemiabdomen inferior	<ul style="list-style-type: none"> - Mitad inferior yeyuno - Íleon - Colon ascendente - Colon descendente - Recto y sigma - Vejiga - Útero - Gónadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Simple de abdomen (***) - Caderas y pelvis - Unión lumbosacra

* Exploraciones de interés en radiología pediátrica

** En lo referente al estudio esofágico

*** La zona anatómica irradiada es el abdomen completo

3. Metodología

3. METODOLOGIA

La parte experimental se ha realizado en centros sanitarios de la Comunidad Autónoma de Madrid, en los hospitales "Doce de Octubre", "Nacional Infantil Niño Jesús" y "Centro de Especialidades Quirúrgicas" y en los ambulatorios "Hermanos Miralles" y "Avenida de Portugal".

El Servicio de Diagnóstico por la Imagen del Hospital "Doce de Octubre" posee dos áreas bien definidas, una directamente relacionada con la residencia general dedicada al estudio de adultos y otra más específica, en conexión con el área materno-infantil. Dentro de esta última hay una sección obstétrica y otra pediátrica. Aquí se ha efectuado el seguimiento de estudios tanto en adultos como en niños, desde el nacimiento hasta los 14 años de edad.

El Hospital "Nacional Infantil Niño Jesús" presta atención a niños desde los primeros meses de edad hasta los 18 años. Al no poseer servicio obstétrico es mucho menos habitual la asistencia a niños recién nacidos.

El "Centro de Especialidades Quirúrgicas" y los ambulatorios "Hermanos Miralles" y "Avenida de Portugal" realizan exploraciones de radiología básica y general. En ellos se han controlado fundamentalmente exploraciones a pacientes adultos, ya que la asistencia a menores de 14 años es excepcional.

En relación con las exploraciones que son objeto de comparación, se establecen dos categorías:

1) Exploraciones SIMPLES: así denominadas por incluir, como protocolo básico de estudio, hasta cuatro imágenes radiográficas y no requerir el uso de escopía ni medios de contraste para su realización. Forman parte de este grupo los exámenes de CRANEO, TORAX, SIMPLE DE ABDOMEN, COLUMNA y PELVIS.

La frecuencia de estas exploraciones difiere en el niño respecto del adulto. Por ejemplo, en los niños es más habitual el estudio de la columna total, mientras que en los adultos predomina la práctica por regiones anatómicas, esto es, cervical, dorsal, lumbar y sacra.

Al objeto de establecer una comparación que valore de forma conservadora el riesgo radiológico, parece lógico estimar las regiones lumbar y sacra en el caso del adulto, y la columna total en el del niño. De esta manera, se está considerando en ambos casos la exploración que representa mayor riesgo de lesión a órganos sensibles frente a la irradiación, y que supone una mayor contribución a la dosis genéticamente significativa (DGS).

Por tanto, en la población adulta los estudios de columna se refieren fundamentalmente a las regiones lumbar y sacra y en el niño a la columna total.

En este trabajo se excluye la mamografía por ser un estudio específico del adulto, a pesar de disponer de numerosos datos (González, 1989; Ruiz, 1991).

2) Exploraciones COMPLEJAS: son las que incluyen más de cuatro exposiciones, se practican con la administración de contraste radiológico y, habitualmente, bajo control de escopia.

En este grupo, las exploraciones de aparato urinario analizadas corresponden a la UROGRAFIA INTRAVENOSA (UIV) y la CISTOURETEROGRAFIA MICCIONAL (CUM).

Se incluyen, como exámenes del aparato digestivo, los estudios ESOFAGOGASTRODUODENALES ya que dan lugar, tanto en el adulto como en el niño, a un importante incremento de la dosis colectiva y la DGS.

De forma semejante a lo que sucede con la frecuencia de realización de las exploraciones "simples" entre el adulto y el

niño, la incidencia y los procedimientos de obtención de las "complejas" también presentan peculiaridades, respecto de su frecuencia e indicación clínica.

Así, por ejemplo, en el niño se está reduciendo la práctica de la UIV como primer método de estudio del sistema urinario, debido a que está siendo sustituida por la ecografía renal, ya que no emplea radiaciones ionizantes y además el coste es entre el 53 % y el 27 % inferior, dependiendo del tipo de contraste utilizado (Geitung, 1988). Sin embargo, en el adulto la UIV sigue siendo el primer estudio complementario que se efectúa ante un problema clínico referido al aparato urinario.

Por el contrario, la cistografía es una de las exploraciones "complejas" que se practican con más frecuencia en la mayoría de los servicios de radiodiagnóstico pediátrico. La denominación correcta que refleja el procedimiento de obtención de las imágenes es CISTOURETEROGRAFIA MICCIONAL (CUM). En el adulto, en contraposición, la práctica de la cistografía es menos frecuente comparativamente, debido a que las alteraciones de la vejiga urinaria se valoran en muchas ocasiones al realizar una UIV; en algunos casos, no obstante, es obligada la realización de la urografía ante patología vesical en el adulto, porque se puede provocar -por vía retrógrada- una lesión renal.

3.1. DATOS REFERIDOS A LOS PACIENTES

Se considera de gran importancia esta información, ya que permite conocer la distribución de la población por sus principales características físicas: sexo, peso, talla y fundamentalmente la edad. Además, contribuyen a estimar el riesgo radiológico.

De cada paciente se registraron sus iniciales y las características físicas citadas, así como el diagnóstico clínico que justificaba la solicitud de la exploración.

Antes de iniciar el examen radiológico se explicó a los pacientes o familiares responsables -en el caso de los niños-, el tipo de estudio que se efectuaba, solicitando su consentimiento para formar parte del mismo, asegurando la confidencialidad de los datos.

Los estudios investigados corresponden a pacientes de configuración física normal y sin patologías deformantes, habiéndose excluido los que presentaban dimensiones corporales atípicas, por ejemplo como resultado de intervenciones quirúrgicas mutilantes o patologías congénitas.

Con el paciente colocado en la posición radiográfica se midió el espesor de la zona anatómica irradiada a nivel del centro del campo. Es una de las referencias que debe valorar el técnico para seleccionar la técnica radiográfica.

Respecto a la población infantil se han establecido los siguientes GRUPOS DE EDAD:

- El recién nacido: se considera independientemente, por sus peculiaridades fisiológicas y aplicarse en él protocolos de estudio que difieren de los de otras edades, siendo lo más habitual la realización de las exploraciones

en la sala de cuidados intensivos y en la incubadora.

- De 0,1 a 1 año.
- Mayor de un año a 5 años.
- Mayor de 5 a 10 años.
- Mayor de 10 a 14 años.

Esta distribución se corresponde en cierta medida con la clasificación más habitualmente empleada en la clínica, de recién nacido, lactante, preescolar, escolar y adolescente, que refleja las sucesivas etapas del desarrollo infantil.

El límite superior de edad, que se ha establecido en los 14 años, es un límite teórico. Como es sabido, niños con patologías crónicas continúan siendo atendidos generalmente por los mismos especialistas, aunque hayan superado esta edad.

La definición de estos grupos de edad ha supuesto un mayor esfuerzo en la recogida de datos. Su objeto ha sido posibilitar la observación de las variaciones en cuanto a las indicaciones clínicas, la técnica radiográfica y las dosis de radiación asociadas a cada etapa del crecimiento.

3.2. PROCEDIMIENTOS DE RECOGIDA DE DATOS RADIOLOGICOS

Se han diseñado distintos modelos de hojas para facilitar la recogida sistemática de los datos de interés radiológico, su introducción en bases de datos para la adecuada gestión informática y favorecer la toma de decisiones, en caso necesario, a través de sistemas expertos (Fernández, 1989). Estas hojas se adjuntan para proporcionar la información más completa posible.

En función de la exploración que se analice, "simple" o "compleja", la recopilación de los datos radiológicos supone una dificultad distinta.

La diferencia más importante se relaciona con el empleo de escopia en las exploraciones "complejas". Tiene gran interés conocer el riesgo radiológico que se asocia a esta práctica, independientemente del correspondiente a grafía.

Se detallan a continuación los parámetros radiológicos de las dos categorías de estudios.

3.2.1. DATOS RADIOLOGICOS DE EXPLORACIONES "SIMPLES"

Para cada paciente se utiliza una HOJA DE TOMA DE DATOS.

Se adjunta el impreso "Modelo TDL01" específicamente diseñado para estas exploraciones.

En cada hoja se registran los datos que identifican al centro, la sala, el técnico, etc. El número de registro corresponde al asignado por la base de datos en la que se introducen los correspondientes a cada exploración investigada para su tratamiento informático.

Los datos radiológicos considerados de interés son los siguientes:

- TIPO DE ESTUDIO

Se detallan a continuación las claves que se asignan a cada tipo de estudio:

- Tórax -> TOR
- Cráneo -> CR
- Abdomen -> AB
- Caderas y pelvis -> CYP
- Columna lumbar -> CL
- Columna total -> COT

- ZONA ANATOMICA IRRADIADA

En el capítulo 2, se comentan en detalle como se definen las distintas zonas.

- TIPO DE PROYECCION

Con el propósito de aumentar la información diagnóstica, se pueden realizar varias proyecciones en cada una de las exploraciones, favoreciendo la localización anatómica de las posibles anomalías que motivan el estudio.

Algunas varían respecto a otras en unos pocos grados de angulación de la posición del paciente en relación al haz de rayos X. Cuando este detalle tiene escasa repercusión en el cálculo de las dosis en órganos o la DGS, es razonable tomar como referencia las proyecciones radiológicas básicas.

Las proyecciones elementales a las que se hace referencia en este trabajo y las claves asignadas son:

- Anteroposterior -> AP
- Posteroanterior -> PA
- Lateral -> LA
- Oblicua anterior -> OBA

- Oblicua posterior -> OBP
- Otras -> OT

Estas denominaciones expresan el sentido en el que el haz de radiación atraviesa al individuo expuesto, por ejemplo en la proyección AP el haz de rayos X se dirige de delante hacia atrás.

- TECNICA RADIOGRAFICA

En cada exposición se indica el valor de kilovoltaje pico, kVp , y el de carga, miliamperios por segundo (mA s), seleccionada.

- TAMAÑO DE PELICULA RADIOGRAFICA

Se detallan las dimensiones (cm) de la película radiográfica utilizada en función del tamaño corporal del paciente y del área que se irradie.

- TAMAÑO DE LA IMAGEN EN LA PELICULA

Se mide el tamaño de cada imagen radiográfica impresionada en la película.

Este parámetro es imprescindible para calcular la dosis en tejido a la entrada, a partir del producto dosis x área irradiada, si la medida se obtiene con una cámara de ionización de transmisión.

- DISTANCIAS FOCO-PIEL Y FOCO-PELICULA

La primera corresponde a la distancia, expresada en cm, desde el foco del tubo de rayos X a la piel del paciente, a nivel del centro del campo de irradiación. Varía en el mismo individuo según la posición que adopte para las diferentes proyecciones.

La distancia foco-película se mantiene fija para cada tipo de estudio en una misma sala, pero puede ser distinta de una sala

a otra. Se expresa en cm.

Ambas distancias son indispensables para calcular la dosis en tejido a la entrada del paciente, si la medida se efectúa con cámara de ionización.

- DOSIS x AREA IRRADIADA (cGy x cm²)

Es el valor medido en aire del citado producto con la cámara de ionización de transmisión en cada exposición, corregido con el factor de calibración correspondiente al equipo utilizado.

- DOSIMETRIA POR TERMOLUMINISCENCIA

A cada dosímetro de termoluminiscencia de fluoruro de litio (LiF) se le asigna un código (generalmente alfanumérico), que permite asociarlo con el valor obtenido por el centro de lectura dosimétrica.

Este método proporciona la dosis en tejido a la entrada del paciente después de aplicar el factor de respuesta característico del LiF.

- DISPARO NO UTIL

Esta denominación se refiere a la exposición que da origen a una imagen sin suficiente calidad diagnóstica, obligando a su repetición.

Cuando es posible, se indica el motivo de repetición, identificando las causas más frecuentes con arreglo al siguiente detalle:

- | | |
|-------------------------------------|--------|
| - Movimiento por parte del paciente | -> "M" |
| - Inadecuada técnica radiográfica | -> "T" |
| - Defecto de revelado | -> "R" |
| - Otras | -> "O" |

- CALIDAD DE IMAGEN

En todos los disparos se tiene en cuenta la valoración de la calidad de imagen por parte del responsable del estudio. Se asigna la calificación de "buena", "regular" o "mala".

3.2.2. DATOS RADIOLOGICOS DE EXPLORACIONES "COMPLEJAS"

Se detallan únicamente los parámetros diferenciales respecto a las exploraciones "simples".

Se adjunta el impreso "Modelo TDL02" específicamente diseñado para la toma de datos de estas exploraciones.

Los datos radiológicos considerados de interés en las exploraciones "complejas" son los siguientes:

- TIPO DE ESTUDIO

Como ya se ha citado los estudios seleccionados y las claves de identificación son los siguientes:

A) Aparato urinario

- Urografía intravenosa -> UIV
- Cistoureterografía miccional -> CUM

B) Aparato digestivo

- Estudio esofagogastroduodenal -> EGD

- DATOS REFERIDOS A LA ESCOPIA

Se registran los valores promedio observados a lo largo del estudio de kVp y mA, así como el tiempo total de escopia (en minutos).

- DISTANCIA FOCO-PIEL

Este valor, con frecuencia, es variable a lo largo de una exploración según la posición que adopte el paciente en las distintas proyecciones. Además, es habitual que no pueda medirse en cada disparo por la rapidez con la que se practican estos exámenes, por lo que se toma un valor medio para todo el examen.

- ZONA ANATOMICA IRRADIADA

El campo de irradiación no permanece fijo durante todo el estudio, por lo que es necesario en cada disparo reflejar la región anatómica expuesta. Respecto a la exposición de órganos se adoptan los criterios detallados en el capítulo 2.

- TIPO DE PROYECCION

En estas exploraciones se realizan múltiples proyecciones, debido a que los estudios son dinámicos y tienen que adaptarse a la fisiología del órgano examinado y a otras variables. Por ejemplo, es frecuente que, después de intervenciones quirúrgicas, determinados órganos presenten modificaciones en su anatomía. También, la sospecha diagnóstica clínica puede suponer cambios en el protocolo básico. Finalmente, la experiencia del profesional que practica el estudio tiene mayor influencia que en el caso de las exploraciones "simples", pudiendo conllevar variaciones sustanciales en el número total de disparos.

Para estimar las dosis en órganos profundos mediante cálculos matemáticos, resulta conveniente aproximar la enorme pluralidad de proyecciones que cabría considerar, en una serie de ellas que las tipifiquen de un modo elemental, a semejanza de lo discutido en el caso de los estudios "simples". Para el presente estudio se han adoptado las siguientes:

- Anteroposterior -> AP
- Posteroanterior -> PA

- Lateral -> LA
- Oblicua anterior -> OBA
- Oblicua posterior -> OBP
- Otras -> OT

- PRODUCTO DOSIS x AREA IRRADIADA (cGy x cm²)

La utilización de cámaras de ionización de transmisión permite independizar las medidas de dosis correspondientes a escopia y a grafía, durante todo el estudio.

- DOSIMETRIA POR TERMOLUMINISCENCIA.

En la mayoría de las exploraciones "complejas" se ha efectuado simultáneamente dosimetría con cámara de ionización y dosimetría por termoluminiscencia, para obtener factores de ponderación que permitan estimar las dosis en órganos profundos.

Los dosímetros se han colocado en la piel del paciente en el centro del campo irradiado, sobre órganos críticos superficiales como mama, tiroides, testículos y a nivel de ambas escápulas.

DOSIMETRIA A PACIENTES EN RADIODIAGNOSTICO

CENTRO _____

SALA _____

OPERADOR _____

FECHA _____

DATOS DE EXPLORACIONES SIMPLES

NUMERO DE REGISTRO		FASE DEL CONTROL	
--------------------	--	------------------	--

DATOS PACIENTE			
NO INCLUYA MAS DE UN PACIENTE POR HOJA			
NOMBRE (Iniciales)			
SEXO	M		U
EDAD (Años)			
PESO (Kg)			
TALLA (cm)			

TIPO DE ESTUDIO

ABDOMEN		COL. TOTAL	
CRANEO		MAMOGRAFIA	
COL. CERVICAL		PELVIS	
COL. DORSAL		TORAX	
COL. LUMBAR			

DATOS RADIOLOGICOS

DISPARO NUMERO	TIPO DE ESTUDIO	PROYEC.	mA s	kVp	Tamaño placa	Tamaño imagen en la pelicula	DISTANCIA (2)		DOSIS x AREA (cGy. cm ²)	DOSIMETRIA TL		Dispa no utili zad	CALID (mg. cm ⁻²)
							Foco- piel	Foco- pel		NUMERO DOSIS SOSTINE.	DOSIS (mGy)		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													

(1) REFLEJE TODOS Y CADA UNO DE LOS DISPAROS REALIZADOS INCLUSA AQUELLOS QUE SEA NECESARIO REPETIR. SEÑALE CON UNA CRUZ AQUELLOS DISPAROS NO VALIDOS.

(2) EN MAMOGRAFIA INDIQUE ESPESOR DE MANA COMPRIMIDA.

FISICA MEDICA - FACULTAD DE MEDICINA - UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

MODELO: TDL01 - 020490

DOSIMETRIA A PACIENTES EN RADIODIAGNOSTICO

HOSPITAL _____
 SALA _____
 OPERADOR _____
 FECHA _____

DATOS DE EXPLORACIONES COMPLEJAS

NUMERO DE REGISTRO	FASE DEL CONTROL	
--------------------	------------------	--

DATOS PACIENTE

NOMBRE (INICIALES)		
SEXO	H	U
EDAD (años)		
PESO (kg)		
TALLA (cm)		

TIPO DE ESTUDIO

ESOFAGO-GASTRODUBITAL	UROGRAFIA INTRAVENOSA
EXENA OPACO	TRANSITO INTESTINAL

ESCOPIA

KVp MEDIOS
mA MEDIOS
TIEMPO (min)

DISTANCIA FOCO-PIEL	
DIST. FOCO-PELICULA	

DATOS RADIOLOGICOS

DISP NUM.	ZONA IRRADIADA	PROY.	KVp	mA s	TAMANO PLACA cm x cm	TAMANO ORGEN EN LA PELICULA	DOSIS x AREA (cgv.cm ²)		DISP NO UTIL	CAL. [MAG (3)]	OBSERVACIONES
							GRAFIA	ESCOPIA			
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											

(1) REFLEJE TODOS Y CADA UNO DE LOS DISPAROS REALIZADOS INCLUIDO AQUELLOS QUE SEA NECESARIO REPETIR. SEÑALE CON UNA CRUZ AQUELLOS DISPAROS NO VALIDOS.

(2) SI SE HA MEDIDO.

(3) B=BUENA, R=REGULAR, N=MALA.

(2) DOSIMETRIA TL (mSv)

DOSIS MAMA IZQ.	DOSIS MAMA DER.
DOSIS ESCAP. IZQ.	DOSIS ESCAP. DER.
DOSIS TESTICULOS	DOSIS TIROIDES

3.3. CARACTERISTICAS TECNICAS RECOMENDADAS POR LA COMUNIDAD EUROPEA PARA LOS EQUIPOS RADIOGRAFICOS

Se toma como referencia el "ejemplo de técnica radiográfica correcta" de cada tipo de exploración aconsejado por la CE en el documento "Criterios de Calidad de Imágenes en Radiodiagnóstico" (CEC, 1987; 1989; 1990).

Este documento considera los siguientes aspectos:

1) Portachasis y sistema antidifusor:

Se refiere al tipo de soporte para el chasis y a la existencia de rejilla antidifusora. En este documento se hace referencia a los siguientes:

- Focalizada móvil (Potter-Bucky).
- Estática paralela.

2) Valor nominal del foco:

Definido como la longitud, en milímetros, de la zona de incidencia en el ánodo del haz de electrones, según las especificaciones dadas por el fabricante.

3) Filtración total:

Se define como el espesor de material referido a espesor equivalente de aluminio, en milímetros, que el haz de rayos X atraviesa desde el foco hasta el paciente. Es la suma de la filtración inherente y la añadida.

4) Rejilla antidifusora:

Expresada por la relación de rejilla (r) -cociente entre la altura de las bandas de plomo y la separación

entre ellas- y el número de bandas absorbentes por centímetro.

5) Combinación película-hoja de refuerzo:

Se indican clases de sensibilidad generales, teniendo en cuenta las características de la hoja de refuerzo y de la película.

La sensibilidad es el inverso de la dosis, en mGy, necesaria para producir una densidad óptica de 1 por encima del velo.

6) Distancia foco-película:

Se recomienda un valor (cm) y se indica el intervalo permisible.

7) Tensión radiográfica:

Se expresa como tensión de pico (kVp) para generadores de 6, 12 o múltipulso.

8) Control automático de la exposición:

Se refiere a la cámara seleccionada para efectuar la medida de la exposición y realizar el corte del disparo.

9) Tiempo de exposición:

Es el tiempo recomendado de duración del disparo. Se expresa en milisegundos (ms).

Este documento se aplica a las exploraciones seleccionadas como se indica a continuación.

- EXPLORACIONES DE CRANEO

Portachasis y sistema antidifusor	Mesa con rejilla, unidad especial para cráneo o posición vertical con rejilla estacionaria o móvil
Valor nominal de foco	$\leq 0,6$ mm
Filtración total	$\geq 2,5$ mm de equivalente de Al
Rejilla antidifusora	$r = 8$ (12); 40/cm
Combinación hoja de refuerzo-película	Clase de sensibilidad 200
Distancia foco-película	115 (100-150) cm
Tensión radiográfica	65-85 kVp
Control automático de la exposición	En las dos proyecciones se controla seleccionando la cámara central
Tiempo de exposición	< 200 ms en proyección PA/AP < 100 ms en proyección LA

- EXPLORACIONES DE TORAX

Portachasis y sistema antidifusor	Equipo vertical con rejilla estacionaria o móvil
Valor nominal de foco	$\leq 1,3$ mm
Filtración total	$\geq 3,0$ mm de equivalente de Al
Rejilla antidifusora	$r = 12; 40/cm$
Combinación hoja de refuerzo-película	Clase de sensibilidad 200-400
Distancia foco-película	180 (140-200) cm
Tensión radiográfica	100-150 kVp
Control automático de la exposición	En la proyección PA se controla seleccionando las cámaras laterales En la proyección LA, la cámara central
Tiempo de exposición	< 20 ms en proyección PA < 40 ms en proyección LA

- EXPLORACIONES DE COLUMA LUMBAR Y ARTICULACION LUMBOSACRA

Portachasis y sistema antidifusor	Mesa con rejilla o chasis vertical con rejilla estacionaria o móvil
Valor nominal de foco	$\leq 1,3$ mm
Filtración total	$\geq 3,0$ mm de equivalente de Al
Rejilla antidifusora	$r = 12; 40/cm$
Combinación hoja de refuerzo-película	Clase de sensibilidad 400-800
Distancia foco-película	115 (100-150) cm
Tensión radiográfica	70-90 kVp en proyección AP/PA 90-110 kVp en proyección LA
Control automático de la exposición	En las dos proyecciones se controla seleccionando la cámara central
Tiempo de exposición	< 400 ms en proyección AP/PA < 1000 ms en proyección LA

- EXPLORACIONES DE PELVIS

Portachasis y sistema antidifusor	Mesa con rejilla
Valor nominal de foco	$\leq 1,3$ mm
Filtración total	$\geq 3,0$ mm de equivalente de Al
Rejilla antidifusora	$r = 12; 40/cm$
Combinación hoja de refuerzo-película	Clase de sensibilidad 400
Distancia foco-película	115 (100-150) cm
Tensión radiográfica	70-90 kV en proyección AP
Control automático de la exposición	Se controla seleccionando la cámara central o las dos laterales
Tiempo de exposición	< 400 ms

- EXPLORACIONES DE TRACTO URINARIO

Portachasis y sistema antidifusor	Mesa con rejilla* o chasis vertical con bucky**
Valor nominal de foco ,	$\leq 1,3$ mm
Filtración total	$\geq 3,0$ mm de equivalente de Al
Rejilla antidifusora	$r = 12; 40/cm$
Combinación hoja de refuerzo-película	Clase de sensibilidad 400-800
Distancia foco-película	115 (100-150) cm
Tensión radiográfica	70-90 kVp
Control automático de la exposición	Se controla seleccionando la cámara central o las dos laterales
Tiempo de exposición	< 100 ms

* Se refiere a la radiografía previa a la introducción del contraste.

** Se refiere a las radiografías que se practican después de la inyección del contraste.

3.4. INSTRUMENTACION

Para determinar las dosis recibidas por los pacientes se han empleado dosímetros por termoluminiscencia y cámaras de ionización.

3.4.1. DOSIMETRIA POR TERMOLUMINISCENCIA

El fenómeno de termoluminiscencia se basa en la acción energética que la radiación ionizante produce en determinados sólidos cristalinos, almacenando parte de esta energía en su red. La posterior emisión de esa energía se produce en forma de luz. En algunos casos dicha emisión requiera la absorción previa de energía. Esta última puede proporcionarse de diferentes maneras, dando lugar a distintos efectos luminiscentes. Cuando la luminiscencia es excitada por calentamiento el fenómeno se denomina termoluminiscencia.

La aplicación de la termoluminiscencia (TL) como medida de la radiación ionizante fue propuesta por Daniels en 1950. Los trabajos realizados posteriormente por otros autores sobre materiales luminiscentes han contribuido al rápido desarrollo experimentado desde 1955 (Cameron, 1978).

La producción de TL por exposición a la radiación ionizante puede explicarse considerando transiciones entre bandas energéticas características de ciertos cristales iónicos. Consta de dos procesos fundamentales:

- Por efecto de la radiación, un electrón (generalmente de valencia) puede recibir energía suficiente para trasladarse a la banda de conducción. Este proceso se denomina excitación.

La ausencia de un electrón en la banda de valencia deja un hueco y ambos, electrón y hueco, pueden moverse a

través de la red hasta que son atrapados en niveles de energía metaestables ("trampas"), debido a la existencia de impurezas o defectos en la red.

- El calentamiento posterior proporciona a los electrones atrapados energía suficiente para escapar de las "trampas", recombinarse con los huecos correspondientes y emitir luz.

En determinadas condiciones, la cantidad total de luz emitida es proporcional al número de electrones retenidos en las "trampas" y éste, a su vez, es proporcional a la cantidad de energía de la radiación absorbida previamente por el cristal. Por tanto, la medida de la cantidad de luz que emite el sólido al ser calentado proporciona información que puede correlacionarse con la dosis de radiación recibida por el mismo.

La representación de la intensidad de luz en función de la temperatura se conoce como curva de luminiscencia. Esta curva presenta varios picos que corresponden al vaciado de "trampas" de diferente energía. Las amplitudes relativas de los picos de la curva indican aproximadamente la población relativa de electrones atrapados en cada nivel. Ambos parámetros, cantidad total de luz emitida y altura de uno de los picos pueden servir indistintamente como elementos de medida de la energía depositada en el cristal por acción de la radiación ionizante.

Tras el calentamiento, una vez vacías las "trampas", el cristal vuelve a sus condiciones originales y puede ser expuesto de nuevo a la radiación.

La dosimetría por termoluminiscencia es un método relativo que requiere una adecuada calibración empleando, si es posible, radiación de la misma energía que aquella que se desea medir. No obstante, suelen emplearse fuentes de Cobalto 60 o Cesio 137.

De entre los numerosos materiales termoluminiscentes, la utilización en dosimetría requiere que cumplan los siguientes requisitos básicos:

- Capacidad de retener los electrones atrapados a temperatura ambiente y durante un cierto tiempo.
- Rendimiento luminoso relativamente intenso.

Con estos requisitos las sustancias que pueden emplearse deben poseer "trampas" que se vacíen a temperaturas superiores a los 80°C. De esta forma, la liberación de los electrones atrapados a temperatura ambiente ("fading") no es muy rápida y su influencia en el cálculo dosimétrico puede estimarse aplicando un factor de corrección.

Los compuestos más difundidos para efectuar dosimetría por termoluminiscencia son:

- Fluoruro de litio activado con magnesio y titanio (LiF: Mg, Ti).
- Fluoruro de calcio activado con manganeso o tierras raras (CaF₂: Mn) o (CaF₂: Dy).
- Sulfato de calcio activado con manganeso o tierras raras (CaSO₄: Mn) o (CaSO₄: Dy).
- Borato de litio activado con manganeso (Li₂B₄O₇: Mn).
- Óxido de aluminio activado con silicio y sodio (Al₂O₃: Si, Na).

Los más utilizados en protección radiológica son Li₂B₄O₇: Mn y LiF: Mg, Ti.

En este trabajo se ha empleado el LiF: Mg, Ti (TLD-100) por las siguientes características:

- Alta sensibilidad. El intervalo de dosis que puede detectar varía desde 5×10^{-3} a 10^3 cGy, pudiéndose descender el límite inferior un orden de magnitud con técnicas de medida depuradas.
- Respuesta lineal. La altura del pico dosimétrico y el área de la curva crecen linealmente con la dosis.
- Número atómico efectivo ($Z_{ef} = 8,2$) próximo al del tejido biológico ($Z_{ef} = 7,4$), por tanto su respuesta es análoga a la de los tejidos.
- Reproducibilidad en su respuesta después de ser sometido al tratamiento térmico.

La producción de TL depende del número de "trampas" debidas a defectos estructurales o impurezas activadoras. En este caso las impurezas son de magnesio y titanio. El Mg es fundamental para la formación de "trampas" para los electrones. El Ti está relacionado con los centros de recombinación.

En el proceso de TL del LiF: Mg, Ti, la curva de luz está formada por un gran número de picos. Habitualmente se hace referencia a los picos que se producen al calentar el dosímetro irradiado desde la temperatura ambiente hasta 250°C . Los picos IV y V, a 170°C y $190-210^{\circ}\text{C}$ respectivamente, son los más utilizados en dosimetría (Marco, 1985).

El fluoruro de litio, como el resto de los materiales termoluminiscentes, puede ser reutilizado después de ser sometido a un ciclado térmico. El propósito de este tratamiento es eliminar informaciones previas, reproducir la curva de luz y obtener la sensibilidad inicial. Diversos autores han propuesto variaciones sobre dicho ciclado. El tratamiento convencional

propuesto por Cameron (1965) consta de las siguientes etapas:

- Mantenimiento del material luminiscente a 400°C durante 1 hora.
- Enfriamiento hasta temperatura ambiente.
- Mantenimiento a 80°C durante un intervalo de tiempo de 16 a 24 horas.

Es de gran importancia conseguir la reproducibilidad del procedimiento, ya que las propiedades termoluminiscentes del material dependen de su historia térmica.

Los dosímetros empleados en este trabajo han sido cristales de la casa Harshaw Chemical Co., contienen alrededor de 170 ppm de Mg y 10 ppm de Ti. Sus dimensiones son 3,2 x 3,2 x 0,9 mm. El procesado se ha efectuado en los laboratorios del Instituto de Estudios de la Energía del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

La utilización de este método dosimétrico representa una serie de ventajas e inconvenientes. Las ventajas más destacables son las siguientes:

- Reducido tamaño y fácil manejo.
- No interfieren con los procedimientos de trabajo.
- No se visualizan en la imagen radiológica, por tanto no dificultan el diagnóstico.
- Pueden emplearse para estimar dosis en órganos críticos superficiales situados fuera del haz primario de irradiación.

Los inconvenientes más importantes son:

- Meticulosa lectura y borrado de la información, así como recalibración. Estas operaciones pueden requerir varios días, por lo que debe disponerse de suficiente número de cristales.
- No permite independizar las dosis impartidas en escopia y en graffia.

3.4.2. DOSIMETRIA POR CAMARA DE IONIZACION

La cámara de ionización empleada es una cámara de ionización transmisión tipo Diamantor (PTW Freiburg; Radiation Components Ltd, Twickenham, UK). Consta de los siguientes elementos:

- La cámara propiamente dicha.
- El electrómetro.
- La unidad de lectura.
- Los cables de conexión.

El principio de funcionamiento se basa en la capacidad de la radiación para ionizar los átomos o moléculas de un gas, formando pares de iones. El gas se convierte en un material parcialmente conductor de la electricidad. La cámara posee dos electrodos polarizados, de forma que atraen los iones originados en su interior dando lugar a una corriente. El número de iones que se forman es proporcional a la dosis de radiación. Mediante la electrónica asociada, los impulsos generados pueden ser amplificados y detectados.

La cámara es de material plástico transparente y de paredes delgadas paralelas, de forma que el haz de radiación no se

distorsiona sensiblemente al atravesarla. Existen dos tamaños, 21 x 21,5 x 1,7 cm y 17 x 18,5 x 1,7 cm, para seleccionar el más apropiado a las dimensiones del diafragma del tubo de rayos X. Se coloca a la salida del cabezal, perpendicularmente al haz de radiación, integrando la dosis absorbida en toda el área irradiada durante las exploraciones radiológicas. Por sus características, permite emplearse simultáneamente a la realización de los estudios a pacientes, ya que no interfiere ni en los procedimientos de trabajo ni en la imagen obtenida. Su espesor equivalente de aluminio es aproximadamente de 0,5 mm.

La cámara está diseñada para registrar el producto dosis x área en aire y calibrada en unidades $\text{cGy} \times \text{cm}^2$. Su capacidad de respuesta es prácticamente independiente de la energía de la radiación (en el intervalo utilizado en radiodiagnóstico). Permite medir la dosis de radiación impartida incluso en las exploraciones en las que se utilizan conjuntamente escopia y grafía, pudiendo individualizar la dosis correspondiente a cada procedimiento. Puede utilizarse para estimar la energía total impartida al paciente (Shrimpton, 1982; Wall, 1987).

El electrómetro posee un dispositivo que permite verificar de modo global la constancia de las condiciones de operación de la unidad de lectura y de la cámara.

A partir de las medidas obtenidas del producto dosis x área irradiada ($\text{cGy} \times \text{cm}^2$), puede calcularse la dosis en tejido a la entrada (mGy), conociendo determinados parámetros radiológicos y aplicando unos factores de corrección. Son los siguientes:

- Distancia foco-película.
- Distancia foco-piel.
- Tamaño de imagen (superficie transversal del haz).
- Filtración total.
- Kilovoltaje pico.

- Factor de retrodispersión.
- Factor de conversión de dosis aire a dosis tejido.

La cámara, el electrómetro y la unidad de lectura son calibrados por el fabricante. Además, es necesario recalibrar el conjunto en las condiciones habituales de uso para comprobar su respuesta y estabilidad, obteniendo un factor de corrección que debe aplicarse a las lecturas. Para ello se ha empleado una cámara de ionización Rad-Check (Victoreen, Inc.).

Las principales ventajas de la cámara de transmisión son:

- Lectura instantánea.
- Puede emplearse durante los procedimientos habituales de trabajo, por tanto, se mide en condiciones reales.
- Una vez instalado el equipo, permite controlar todas las exploraciones que se efectúen en la sala.
- Permite independizar las dosis impartidas en escopia de las de grafía.

Los inconvenientes más importantes son:

- Necesidad de conectar el equipo a la red.
- Situar la unidad de lectura en lugar visible por el profesional que controla el estudio que, debiendo estar adecuadamente protegido, tendrá acceso a los mandos de dicha unidad.

3.4.3. SELECCION DEL METODO DOSIMETRICO

Para seleccionar el método dosimétrico más adecuado en cada caso, se han tenido en cuenta las ventajas e inconvenientes anteriormente descritas, en función de las siguientes circunstancias:

- Tipo de exploración ("simple" o "compleja"): Se ha considerado la necesidad de determinar las dosis impartidas por escopia y por graffia en las exploraciones "complejas", sin interferir en el procedimiento diagnóstico. Por ello en este tipo de exploraciones se ha empleado preferentemente la cámara de transmisión.

- Magnitud dosimétrica: Estimación de dosis en órganos en exploraciones complejas. En radiodiagnóstico pediátrico, para estimar las dosis en órganos críticos superficiales se han empleado TLDs, colocándolos sobre la piel del paciente a la altura del órgano de interés.

- Disponibilidad de material: Como se ha citado anteriormente, para la dosimetría por termoluminiscencia es preciso disponer de un número elevado de dosímetros. Debido al tiempo necesario para su procesado y calibración, en ocasiones resulta difícil tener acceso a la cantidad necesaria para realizar las medidas en el momento oportuno. Es muy importante que la gestión de los dosímetros se realice de manera ágil y eficaz.

4. Resultados y discusión de la dosimetría a los pacientes

4. RESULTADOS Y DISCUSION DE LA DOSIMETRIA A PACIENTES

Ante la dificultad de fijar incertidumbres con significación estadística, se ha optado por presentar los resultados de las medidas de dosis con los valores mínimo, máximo y medio en cada exploración, tanto en el radiodiagnóstico de adultos como en el pediátrico.

En relación con las precisiones alcanzables experimentalmente, las medidas con cámaras equivalentes a aire libre poseen una indeterminación intrínseca, una vez corregidas las lecturas por presión y temperatura, estimable en el orden del 5 %. Para aquellos valores derivados de la composición (suma o resta) de varias lecturas individuales, la imprecisión no debe exceder del 8 %. Este extremo se ha verificado diariamente, en un proceso rutinario de intercalibración de la cámara de transmisión Diamentor y el electrómetro asociado, con una cámara Radcheck bien calibrada, lo que ha permitido constatar una buena reproducibilidad. Las lecturas provenientes de la dosimetría TL vendrían afectadas de una indeterminación inferior a la comentada en el caso de cámaras de ionización.

No obstante lo anterior, las dosis impartidas a pacientes de características físicas similares pueden presentar discrepancias importantes, debido a incertidumbres en la selección de la técnica radiográfica, que depende en gran medida de criterios subjetivos, entre otros motivos. Este problema es genérico de salas sin dispositivos automáticos de control de exposición y de colimación. En otras palabras, la rotación del personal técnico, las distintas situaciones clínicas del paciente y motivos similares dan lugar a cambios en las dosis promedio mucho mayores (probablemente de un orden de magnitud, incluso en casos de buena práctica radiológica) que los comentados en el párrafo precedente, y este hecho tiene especial relevancia en pediatría, donde las dimensiones corporales exhiben grandes diferencias.

Por consiguiente, no parece necesario acotar los resultados experimentales en base a incertidumbres originadas por equipos o procedimientos físicos de operación, teniendo en cuenta las desviaciones atribuibles al radiodiagnóstico.

En suma, se ha optado por presentar los resultados de las medidas individuales con una cifra decimal y los de promedios y medias ponderadas con dos cifras decimales, prescindiendo de la precisión real que cabría esperar considerando el proceso global de generación de la información experimental, que afectaría, sin duda, a las cifras enteras. Este criterio, pese a ser arbitrario en cierta medida, es conservador con respecto a datos recientes publicados por otros grupos de trabajo, que los consideran mucho más "precisos", aunque se hayan elaborado a partir de una muestra similar de observaciones, o con muestras sometidas a mayores dispersiones que las utilizadas en este trabajo (LSG, 1990; EUR 12952, 1990).

4.1. DOSIMETRIA EN RADIODIAGNOSTICO DE PACIENTES ADULTOS

La dosimetría en adultos se ha realizado en cuatro centros sanitarios, que se identifican como I, III, IV y V.

En total se han controlado 719 estudios, 634 exploraciones "simples" y 85 exploraciones "complejas". El número de estudios por exploración se indica en la tablas II y III.

T A B L A I I

Número de estudios controlados por exploración:
Exploraciones "simples"

EXPLORACION	PROYECCION	NUMERO
Abdomen	AP	190
Columna lumbar	AP	90
	LA	94
Cráneo	AP/PA	14
	LA	16
Pelvis	AP	90
Tórax	PA	71
	LA	69

T A B L A I I I

Número de estudios controlados por exploración:
Exploraciones "complejas"

EXPLORACION	NUMERO
Esofagogastroduodenal	47
Urografía intravenosa	38

4.1.1. EXPLORACIONES SIMPLES

En la tabla IV se presentan datos sobre las cadenas de formación de la imagen: los generadores de cada sala, los sistemas antidifusores, la distancia usual foco-película y las exploraciones que se investigaron en los diferentes centros.

T A B L A I V

Equipos radiográficos utilizados y detalle de las exploraciones controladas en las salas de cada centro

SALA	GENERADOR	SISTEMA . ANTIDIFUSOR (*)	DISTANCIA FOCO-PELICULA (cm)	EXPLORACIONES (**)
C E N T R O I				
CR2	CGR/Triselex 10	Bucky vertical	105	CR
H1	GE/Genetron 650	Bucky mesa	115	AB, CL, CYP
H2	GE/Genetron 650	Bucky mesa	115	AB, CL, CYP
H3	SE/Gigantos E	Bucky mesa	115	AB, CL, CYP
T1	CGR/Pulmorapid	Bucky pared	180	TOR
C E N T R O I I I				
G1	GE/DXS 650-II	Bucky pared	150	TOR
			135	CR, CL
TM1	Philips/Medio 30	Bucky mesa	110	CYP, AB
C E N T R O I V				
T6	CGR/Pulmorapid	Bucky pared	180	TOR
TR1	SE/Haliophos 604	Bucky mesa	110	CL, CYP, AB
TR2	SE/Gigantos 1012E	Bucky vertical	110	CR
		Bucky mesa		CYP
C E N T R O V				
TR1	CGR/MPG 50	Bucky mesa	100	CR, CL, CYP, AB
TR2	GE/DXS 350	Bucky pared	200	TOR

(*) La relación de rajilla es 12:1, 40 líneas/cm.

(**) AB = Abdomen, CL = Columna lumbar, CR = Cráneo, CYP = Caderas y pelvis, TOR = Tórax.

El sistema de imagen empleado en todos los centros posee una sensibilidad de 200.

En la tabla V se exponen los valores promedio de dosis en tejido a la entrada junto con la técnica radiográfica (kVp y mAs) habitualmente empleada en cada centro.

T A B L A V

Técnica radiográfica promedio (kVp y mAs) y valores promedio de dosis en tejido a la entrada (mGy) obtenidos en los diferentes centros controlados

EXAMEN/ PROTECCION	Centro I			Centro III			Centro IV			Centro V			DOSIS CE
	kVp	mAs	Dosis	kVp	mAs	Dosis	kVp	mAs	Dosis	kVp	mAs	Dosis	
Abdomen													
AP	70	150	12,69	100	200	17,92	60	200	10,78	80	135	10,86	10
Columna lumbar													
AP	70	240	20,87	95	240	22,74	65	230	11,72	70	135	10,01	10
LA	85	350	45,21	90	200	24,04	75	330	12,46	85	200	21,95	30
Cráneo													
AP	80	75	5,24	80	160	7,03	...			60	60	3,51	5
LA	60	70	2,51	75	90	5,43	...			55	50	2,59	3
Pelvis													
AP	70	200	16,41	...			60	180	14,05	80	180	9,87	10
Tórax													
AP/PA	104	10	0,73	115	9	1,16	110	*	0,21	100	6	0,44	0,3
LA	110	15	2,14	125	20	3,29	115	*	1,34	115	14	0,97	1,5

(* El equipo posee control automático de exposición)

De los datos expuestos deben analizarse dos aspectos: las dosis obtenidas y las técnicas radiográficas empleadas.

Las dosis se consideran por exploraciones, tomando como referencia el valor propuesto en el documento de la CE (CEC, 1990).

- En las exploraciones de *abdomen* (valor de referencia 10 mGy), en el centro I se imparten dosis casi un 30 %

mayores, en el centro III son mayores en un 80 % y en los centros IV y V en un 8 % aproximadamente.

- En la proyección AP de la exploración de *columna lumbar* (valor de referencia 10 mGy), en los centros I, III y IV las dosis se superan en más de un 100 %, 125 % y 15 % respectivamente. En cambio, destaca el centro V en el que la dosis medida se corresponde con el valor de referencia.

En la proyección LA de esta exploración (valor de referencia 30 mGy), en el centro I la dosis es un 50 % mayor, en el centro III es un 20 % menor, en el centro IV un 58 % menor y en el centro V alrededor de un 25 % menor.

- En la proyección AP/PA de las exploraciones de *cráneo* (valor de referencia 5 mGy), en el centro I la dosis es un 5 % mayor, en el centro III un 40 % mayor, en cambio en el centro V es un 30 % menor.

En la proyección LA (valor de referencia 3 mGy), en el centro I la dosis es en torno a un 15 % menor, en el centro III es un 80 % mayor y en el centro V un 14 % menor.

- En los exámenes de *pelvis* (valor de referencia 10 mGy), en el centro I la dosis es mayor en más de un 80 %, en el centro IV es mayor en un 40 % y, por último, en el centro V prácticamente se corresponde con el valor recomendado.

- En la proyección AP/PA de las exploraciones de *tórax* (valor de referencia 0,3 mGy), en el centro I la dosis es un 145 % mayor, en el centro III casi un 300 % mayor, en el centro IV es menor en un 30 % y en el centro V es próximo a un 50 % mayor.

En la proyección LA (valor de referencia 1,5 mGy), en el centro I la dosis es un 40 % mayor, en el centro III es un 120 % mayor, en el centro IV un 10 % menor y en el

centro V un 35 % menor, aproximadamente.

A continuación, se comparan las técnicas radiográficas usuales de cada centro con las recomendadas en el "ejemplo de técnica radiográfica correcta" del documento de la CE (CEC, 1990). Cabe señalar que el documento recomienda para todas las exploraciones "simples" el control automático de la exposición. Este dispositivo contribuye a reducir las dosis, disminuir el número de repeticiones y mantener la calidad de la imagen.

De las salas controladas sólo el equipo de la sala T6 del centro IV posee este dispositivo.

Los intervalos de mAs para cada exploración son:

Abdomen AP	150 - 200
Columna lumbar AP	135 - 240
LA	200 - 350
Cráneo AP	60 - 160
LA	50 - 90
Pelvis AP	180 - 200
Tórax AP/PA	6 - 10
LA	14 - 20

En cuanto al kilovoltaje, el intervalo obtenido y el recomendado por el documento son:

	kVp obtenido	kVp CE
Abdomen AP	60 - 100	70 - 90
Columna lumbar AP	65 - 95	70 - 90
LA	75 - 90	90 - 110
Cráneo AP	60 - 80	65 - 85
LA	55 - 75	65 - 85
Pelvis AP	60 - 80	70 - 90
Tórax AP/PA	100 - 115	100 - 150
LA	110 - 125	100 - 150

El documento de la CE recomienda una distancia foco-película de 115 cm (con un intervalo de 100-150 cm) para las exploraciones de abdomen, columna lumbar, cráneo y pelvis y 180 cm (con un intervalo de 140-200 cm) en las exploraciones de tórax. En las salas controladas, el intervalo en las exploraciones de tórax es 150-200 cm, y de 105-135 cm en el resto de los estudios.

Para analizar las diferencias de dosis entre los centros investigados deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Características técnicas de los equipos radiográficos empleados.
- La fiabilidad y estabilidad de los mismos.
- Los procedimientos de trabajo aplicados.

Las diferencias de dosis, en los casos en los que son superiores en más de un 20 % a los valores de referencia del documento de la CE, pueden tener los siguientes orígenes:

- En las exploraciones de abdomen, las altas dosis impartidas en el centro III podrían estar motivadas por la antigüedad del equipo, que requiere tiempos de exposición largos y además es monofásico.

En el centro I, se deberían a la baja filtración de los equipos de las salas H1 y H2.

- En las exploraciones de columna lumbar, en proyección AP, las altas dosis en estos mismos centros tienen idénticas causas, ya que las exploraciones se realizan en las mismas salas. En la proyección LA, en el centro I se deberían a la escasa filtración.

- En las exploraciones de cráneo, en las dos proyecciones, las altas dosis del centro III tienen su origen en las causas anteriormente citadas.

- En las exploraciones de pelvis, la escasa filtración de los equipos del centro I da lugar a elevadas dosis.

- Por último en las exploraciones de tórax, las dosis en la proyección PA son altas en los centros I, III y V. En el centro I, el control de calidad del equipo mostró la necesidad de ajustar el kilovoltaje en torno a los 100 kVp (precisamente el rango empleado en esta exploración), ajustar el temporizador y añadir 1 mm de aluminio de filtración. En el centro III, la ya citada antigüedad del equipo y su forma de onda explican las altas dosis.

A continuación se presentan los intervalos totales de dosis en tejido a la entrada para las exploraciones "simples" en los centros investigados.

T A B L A V I

Intervalos de dosis en tejido a la entrada (mGy)
obtenidos en las exploraciones "simples"

EXAMEN	PROYECCION	INTERVALO DE DOSIS
Abdomen	AP	2,6 - 68,4
Columna lumbar	AP	7,5 - 42,3
	LA	5,8 - 99,9
Cráneo	AP/PA	3,4 - 11,5
	LA	1,6 - 17,2
Pelvis	AP	7,7 - 45,1
Tórax	AP/PA	0,2 - 1,5
	LA	0,3 - 9,4

Las variaciones en los valores para la misma exploración en los distintos centros, justifican el análisis detallado de los protocolos de estudio. Dicho análisis se realiza en el capítulo 5.

Finalmente, en la tabla VII, se presentan los valores ponderados, con el número de estudios controlados en cada centro, de dosis en tejido a la entrada obtenidos para cada exploración "simple" y los valores de referencia del documento de la CE.

Dado que los períodos de control han sido suficientemente largos, y similares para las distintas salas, los citados valores ponderados se consideran más representativos, desde una perspectiva estadística, para valorar el impacto radiológico sobre la población. Esta razón justifica su posterior empleo para

estimar la importancia de las dosis medidas en radiodiagnóstico pediátrico.

T A B L A V I I

Valores ponderados de dosis en tejido a la entrada (mGy) obtenidas en los centros controlados para las exploraciones "simples", frente al valor de referencia de la CE

EXAMEN	PROYECCION	DOSIS PONDERADAS (mGy)	DOSIS CE (mGy)
Abdomen	AP	12,51	10
Columna lumbar	AP	16,88	10
	LA	34,57	30
Cráneo	AP/PA	5,40	5
	LA	3,22	3
Pelvis	AP	16,53	10
Tórax	AP/PA	0,70	0,3
	LA	1,98	1,5

4.1.2. EXPLORACIONES COMPLEJAS

Para estas exploraciones, se han tomado como valores de referencia de dosis los obtenidos en el estudio realizado en el Reino Unido en 1983 y 1984, que corresponden al valor de dosis por debajo del cual están incluidos el 75 % de los servicios (Shrimpton, 1986).

En la tabla VIII se presentan datos de los generadores de cada sala, la distancia usual foco-película y las exploraciones que se investigaron en los diferentes centros.

T A B L A V I I I

Equipos radiográficos utilizados y detalle de las exploraciones controladas en las salas de cada centro

SALA	GENERADOR	DISTANCIA FOCO-PELICULA (cm)	EXPLORACIONES (*)
C E N T R O I			
D2	SE/Gigantos E	115	EGD
HSG	SE/Tridoros 150	115	UIV
UR1	CGR/Triselex 10	130	UIV
UR2	SE/Gigantos Optimal	120	UIV
C E N T R O I V			
D5	GE/Genetron 1250	110	EGD
C E N T R O V			
D4	CGR/Phasix 65	110	EGD

(*) EGD = Esfagogastroduodenal, UIV = Urografía intravenosa.

En todas las salas, el sistema antidifusor es de tipo "Bucky mesa", con una relación de rejilla 12:1.

El sistema de imagen empleado en todos los centros posee una sensibilidad aproximada de 200.

En la tabla IX se exponen los datos radiológicos, en escopia (kVp, mA y minutos), en grafía (kVp y mAs), los resultados de los productos dosis x área en escopia, en grafía y total, así como el intervalo del mismo en cada sala para las exploraciones esofagogastroduodenales controladas en las salas de los centros I, IV y V.

T A B L A I X

Exploraciones esofagogastroduodenales: Datos radiológicos y productos dosis x área correspondientes a los estudios controlados en los centros I, IV y V

DATOS RADIOLOGICOS	CENTROS			REFERENCIA REINO UNIDO (*)
	I (Sala D2)	IV (Sala D5)	V (Sala D4)	
ESCOPIA				
- kVp	90	120	100	
- mA	2,4	1	1	
- Tiempo (minutos)	3,2	3,0	4,8	
- cGy x cm ²	901	1628	892	
GRAFIA				
- kVp	108	120	115	
- mAs	30	130**	20	
- cGy x cm ²	1489	2657	946	
ESTUDIO COMPLETO				
- cGy x cm ²	2390	4285	1838	2404
INTERVALO OBTENIDO				
- cGy x cm ²	1032-4009	2345-5692	901-3128	

(*) Corresponde al valor de dosis por debajo del cual están incluidos el 75 % del total de servicios investigados en el muestreo realizado por el Reino Unido en 1983 y 1984.

(**) El equipo posee control automático de exposición.

De esta tabla, en cuanto a las dosis, los datos más significativos son:

- En el centro I, la relación entre los límites superior e

inferior del intervalo del producto dosis x área es un factor 4.

El producto dosis x área asociado a escopia ha representado cerca del 60 % del producto total.

- En el centro IV, el límite superior e inferior del intervalo del producto dosis x área se relacionan en un factor 2.

El producto dosis x área asociado a escopia es el 60 % del producto total.

- En el centro V, la relación entre los límites del intervalo del producto dosis x área es un factor 3,5.

En este caso el producto dosis x área asociado a escopia supone el 50 % del total.

Al comparar los valores totales del producto dosis x área de cada centro respecto al valor de referencia obtenido en el Reino Unido, se observa que en el centro I el valor total es prácticamente el mismo, en el centro IV es aproximadamente un 80 % mayor y en el centro V, un 24 % menor.

Teniendo en cuenta los tres centros, ponderando los productos totales dosis x área con el número de estudios controlados, resulta un valor promedio de 2693 cGy x cm² para las exploraciones esofagogastroduodenales de pacientes adultos. Esto supone un 12 % más que el valor dado por el Reino Unido, por debajo del cual están el 75 % de los centros investigados en dicho estudio.

Respecto a la técnica radiológica, y en lo que concierne a los parámetros relacionados con la escopia, el intervalo obtenido de kilovoltaje es 90-120 kVp, en miliamperaje es de 1-2,4 mA, y en tiempo de 3-4,8 minutos. Los datos referentes a grafía

presentan los siguientes intervalos: en kilovoltaje 108-120 kVp y en miliamperaje 20-150 mAs.

Las diferencias encontradas deben analizarse en función de las características técnicas y estabilidad de los equipos radiográficos empleados y de los protocolos de estudio aplicados en cada sala.

En efecto, por centros puede destacarse lo siguiente:

En el centro I (sala D2) el equipo radiográfico en el que se han controlado los estudios posee exposímetro manual. En esta sala se realizan estudios de "doble contraste", en los que el protocolo incluye mayor número de disparos (este protocolo se detalla en el capítulo 6). El valor máximo del intervalo corresponde a dichos estudios. Las exploraciones son practicadas por los radiólogos con un protocolo de estudio que incluye 17 disparos sobre 9 placas.

En el centro IV (sala D4), el equipo radiográfico tiene exposímetro automático. El protocolo de estudio controlado corresponde a la "técnica convencional". Las exploraciones son habitualmente practicadas por técnicos. El protocolo de estudio se compone de 15 disparos sobre 6 placas.

En el centro V (sala D5), se dispone de un equipo con exposímetro manual. Las exploraciones las suelen realizar los técnicos. El protocolo de estudio incluye 21 disparos sobre 7 placas.

En la tabla X se exponen los datos radiológicos, en escopia (kVp, mA y minutos), en graffía (kVp y mAs), los resultados de los productos dosis x área en escopia, en graffía y total, así como el intervalo del mismo en cada sala para las urografías intravenosas controladas en tres salas del centro I.

T A B L A X

Urografías intravenosas: Datos radiológicos y productos dosis x área en escopia, en grafía y total correspondientes a los estudios controlados en tres salas del centro I

DATOS RADIOLOGICOS	CENTRO I			REFERENCIA REINO UNIDO (*)
	Sala HSG	Sala UR1	Sala UR2	
ESCOPIA				
- kVp	100			
- mA	2,5			
- Tiempo (minutos)	1			
- cGy x cm ²	768	...	...
GRAFIA				
- kVp	80	65	75	
- mAe	200	250	**	
- cGy x cm ²	3073	3988	9927	
ESTUDIO COMPLETO				
- cGy x cm ²	3841	3988	9927	3670
INTERVALO OBTENIDO				
- cGy x cm ²	1630-5376	1938-5778	4733-16942	

(*) Corresponde al valor de dosis por debajo del cual están incluidos el 75 % del total de servicios investigados en el muestreo realizado por el Reino Unido en 1983 y 1984.

(**) El equipo posee control automático de la exposición.

De la tabla X pueden sintetizarse los siguientes datos:

- En las tres salas, en el intervalo de los productos dosis x área impartidos, el límite superior se relaciona con el inferior aproximadamente por un factor 3.

- En la sala UR2 se imparten dosis más altas aproximadamente en un factor 2,5 respecto a las salas HSG y UR1.

- Al considerar los valores mínimo y máximo de los tres intervalos, se observa una diferencia en dosis de un factor 10 en el mismo centro.

Al efectuar la comparación de los productos totales dosis x área de cada sala con el valor de referencia del Reino Unido, se observa que las dosis impartidas en la sala HSG son más altas en un 5 %, en la sala UR1 en un 9 % y en la sala UR2 en un 170 %.

Teniendo en cuenta las tres salas, ponderando los productos totales dosis x área con el número de estudios controlados, resulta un valor promedio de 4828 cGy x cm² para las urografías intravenosas de pacientes adultos. Esto supone un 30 % más que el valor dado por el Reino Unido (3670 cGy x cm²), por debajo del cual están el 75 % de los centros investigados en dicho estudio (Shrimpton, 1986).

En cuanto a la técnica radiológica sólo en la sala HSG se utiliza escopia. En grafía, el intervalo obtenido en kilovoltaje es 65-80 kVp y en miliamperaje 200-250 mAs.

Al igual que en las exploraciones esofagogastroduodenales, las diferencias encontradas deben analizarse en función de las características técnicas, estabilidad de los equipos radiográficos empleados y los protocolos de estudio aplicados en cada sala.

Por salas, lo más significativo es lo siguiente:

- La sala HSG posee un equipo radiográfico con telemando y está dotada de sistema automático de colimación. En ella, los valores de exposición se seleccionan manualmente. El control de calidad realizado mostró que se hallaba dentro de los límites recomendados.

En cuanto al protocolo de estudio, cabe destacar los aspectos que más pueden repercutir en el producto dosis x área. Las exploraciones se efectúan bajo control de escopía. El valor del producto dosis x área en escopía es el 20 % del total por estudio. Se efectúa sistemáticamente un corte tomográfico después de la administración del contraste. El barrido tomográfico ha representado el 18 % del producto total dosis x área. El campo irradiado incluye el abdomen completo, excepto los disparos selectivos para visualizar la vejiga, que se realizan en placas de 24 x 30 cm². El número promedio de disparos es de 6.

- En la sala UR1 no se dispone de intensificador de imagen, por lo que los estudios se practican sin control de escopía. La colimación y los valores de exposición se realizan de forma manual. El resultado del control de calidad practicado aconsejaba efectuar un ajuste en la selección de kilovoltaje y en el temporizador.

En lo referente al protocolo de estudio, en esta sala se efectúan sistemáticamente dos cortes tomográficos, antes e inmediatamente después de la administración de contraste. Incluyen ambos riñones, realizándose en placas de 30 x 40 cm². Estos barridos tomográficos representan alrededor del 40 % del producto total dosis x área. El número promedio de disparos es de 8.

- En la sala UR2 el equipo no tiene intensificador, las exploraciones se realizan sin control de escopía. Se dispone de control automático de la exposición. La filtración está muy por debajo del valor recomendado.

En esta sala, el protocolo de estudio consta sistemáticamente de dos cortes tomográficos, antes e inmediatamente después de la administración de contraste. Incluyen ambos riñones, realizándose en placas de 30 x 40 cm². Los barridos tomográficos representan

igualmente cerca del 40 % del producto total dosis x área. El número promedio de disparos durante el periodo investigado fue de 8.

Como resumen, en la tabla XI se presentan el valor ponderado del producto dosis x área y los intervalos para las exploraciones "complejas". Se comparan con el valor de referencia del Reino Unido.

T A B L A X I

Valores ponderados de los productos dosis x área (cGy x cm²) y sus intervalos obtenidos en las exploraciones "complejas", frente al valor de referencia del Reino Unido

EXPLORACION	PRODUCTO DOSIS x AREA (cGy x cm ²)	INTERVALO (cGy x cm ²)	DOSIS REINO UNIDO (cGy x cm ²)
EGDs	2693	901 - 5692	2404
UIVs	4828	1630 - 16942	3670

Las variaciones en los valores para la misma exploración en los distintos centros, incluso en diferentes salas del mismo centro, justifican el análisis detallado de los protocolos de estudio. Dicho análisis se realiza en el capítulo 6.

4.2. DOSIMETRIA EN RADIODIAGNOSTICO PEDIATRICO

La dosimetría se ha llevado a cabo en tres fases distintas, en dos centros sanitarios, en lo sucesivo denominados I y II.

La primera fase estuvo dedicada a realizar medidas en exploraciones "complejas" en el centro I. Se controlaron 84 exploraciones en la sala específicamente dedicada a estos estudios. A esta sala se le asigna la clave "PD2".

La segunda fase se destinó a controlar exploraciones "simples" en el centro I. Se hizo un seguimiento sobre 235 estudios en dos salas, efectuando una comparación de las dosis impartidas en cada una. Se asignan las claves de sala "PD1" y "PDS".

En la tercera fase se registraron exploraciones "simples" y "complejas" en el centro II. En total se analizaron 257 estudios simples y 34 complejos en tres salas. Se asignan las claves "1" y "4" para las salas en las que se realizan los estudios simples y la clave "3" para la de los complejos.

En total se ha controlado una muestra de 610 estudios pediátricos.

Los valores de técnica radiográfica indicados y los resultados de dosis obtenidos corresponden a etapas previas de actuaciones de control de calidad. Se ha pretendido expresamente obtener las condiciones habituales de trabajo antes de emprender posibles medidas de optimización.

Los valores de dosis obtenidos corresponden a los protocolos de estudio que se llevan a cabo en la práctica, de acuerdo a las condiciones e indicaciones clínicas de los pacientes. Por este motivo es importante destacar que las medidas se realizaron durante las jornadas habituales de trabajo, siendo imprescindible adaptarse a los procedimientos clínicos. En algunas exploraciones

y grupos de edad el número de estudios controlados es reducido, dada la menor frecuencia de su prescripción.

Para cada exploración y para cada grupo de edad se presenta el intervalo obtenido de dosis y de técnica radiográfica (kVp y mAs). El intervalo de dosis correspondiente al grupo de edad de 0,1 a 1 año se compara con los primeros valores divulgados para 4 y 10 meses (según las exploraciones) difundidos por el Lake Starnberg Group, a los miembros participantes a través de la Sociedad Europea de Radiología Pediátrica. Este grupo de trabajo ha generado en 1990 una versión inicial del documento "Criterios de Calidad de Imagen en Radiodiagnóstico Pediátrico", el cual forma parte del Programa de Protección Radiológica en Radiodiagnóstico de la CCE.

Para el resto de los grupos de edad no hay establecidos valores de referencia de dosis.

4.2.1. EXPLORACIONES SIMPLES

En la tabla XII se presentan los datos relativos a los generadores, los sistemas antidifusores, la distancia foco-película y las exploraciones investigadas en cada sala.

T A B L A X I I

Equipos radiográficos utilizados y detalle de las exploraciones relacionadas con cada sala

SALA	GENERADOR	SISTEMA ANTIDIFUSOR (*)	DISTANCIA FOCO-PELICULA (cm)	EXPLORACIONES (**)
C E N T R O I				
PD1	GE/Genetron 725	Bucky mesa	105 150	AB, CR, CYP TOR
		Bucky pared	180	TOR
PD5	CGR/Triplunix	Bucky mesa	120	AB, CR, CYP
		Bucky pared	130 180	CYP(***) TOR
		Exposición directa sobre chasis	250	COT
C E N T R O I I				
1	GE/Genetron 430	Exposición directa sobre chasis	160 160 - 200	TOR Tele COT
4	Philips/DR3T 1000	Bucky mesa	120	CR, AB, CYP

(*) La relación de rejilla es 12:1, 40 líneas/cm.

(**) AB - Abdomen, CR - Cráneo, CYP - Caderas y pelvis, COT - Telerradiografía de columna total, TOR - Tórax.

(***) Corresponden a exploraciones de caderas y pelvis realizadas con el paciente en bipedestación.

El sistema de imagen empleado en los dos centros está compuesto por película Agfa Curix RP2, hoja de refuerzo Agfa Curix Universal y chasis, en el centro I de aluminio y en el centro II de plástico (Agfa).

En la tabla XIII se exponen los valores de dosis en tejido a la entrada con la técnica radiográfica empleada en el centro I.

T A B L A X I I I

Valores típicos de técnica radiográfica (kVp y mAs) y promedios de dosis en tejido a la entrada (mGy) obtenidos para los diferentes grupos de edad en el Centro I

TIPO DE EXAMEN Y PROTECCION	0,1 - 1 año			> 1 - 5 años			> 5 - 10 años			> 10 - 14 años		
	kVp	mAs	Dosis	kVp	mAs	Dosis	kVp	mAs	Dosis	kVp	mAs	Dosis
S A L A PDI												
Abdomen										...		
AP	60	30	1,47	60	40	2,06	60	65	2,39			
Cráneo												
AP	70	30	2,43	70	35	3,41	70	60	4,40	70	70	4,17
LA	65	30	1,91	65	35	2,10	65	60	3,74	65	65	3,84
Pelvis										...		
AP	60	25	1,16	65	25	1,46	65	40	2,73			
Tórax												
AP/PA	85	6	0,33	90	6	0,39	95	6	0,43	100	8	0,55
LA	95	7	0,65	100	10	0,60	105	12	0,75	110	12	0,86
S A L A PDS												
Abdomen												
AP	65	40	0,96	65	45	1,23	65	75	1,11	65	125	2,03
Columna total												
AP	...	...	...	...	...	...	75	400	1,51	80	400	1,73
LA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	90	450	2,80
Cráneo												
AP	65	40	1,14	70	60	1,52	75	70	2,63	75	75	2,78
LA	60	40	0,80	65	60	...	65	75	1,89	70	75	2,60
Pelvis												
AP	65	60	0,98	70	60	1,13	70	75	1,97	75	150	3,17
Tórax												
AP/PA	95	10	0,31	90	10	0,32	90	20	0,40	90	20	0,47
LA	95	20	0,50	100	25	0,71	100	30	0,74	100	30	1,15

Con relación a las dosis presentadas en la tabla XIII, en la sala PD1 son más altas que en la sala PD5. Concretando por estudios:

- En abdomen, tomados globalmente los grupos de edad, se observa una dosis que supera en más de un 40 % el valor de la sala PD1.

- De forma similar se aprecia un incremento en dosis superior al 40 % para los estudios de cráneo.

- En pelvis el aumento en la sala PD1 es del orden de un 10 %.

- Las exploraciones de tórax también presentan variaciones. Para la proyección AP/PA se aprecia un aumento en la sala PD1 de un 15 %. En cambio, en la proyección LA el comportamiento de ambas salas aparenta ser muy similar en cuanto a dosis. En las dos salas se realiza este estudio con "bucky", con una relación de rejilla de 12:1 y 40 líneas/cm y las distancias foco-película son similares. Por su parte, el efecto de la filtración es comparativamente menos importante para los altos kilovoltajes utilizados en este examen. La dosis en tejido a la entrada en los exámenes de tórax en proyección LA es aproximadamente el doble de la que se imparte en la proyección AP/PA.

Con relación a las técnicas radiográficas que se emplean, se presentan a continuación sus valores más usuales.

Para las cargas promedio (mAs) en cada exploración, por salas y por grupos de edad, se tiene:

	0,1 - 1		>1 - 5		>5 - 10		>10 - 14	
	PO1	PO5	PO1	PO5	PO1	PO5	PO1	PO5
Abdomen								
AP	30	40	40	45	65	75		125
Columna total								
AP						400		400
LA								450
Cráneo								
AP	30	40	35	60	60	70	70	75
LA	30	40	35	60	60	75	65	75
Pelvis								
AP	25	60	25	60	40	75		150
Tórax								
AP/PA	6	10	6	10	6	20	8	20
LA	7	20	10	25	12	30	12	30

En cuanto al kilovoltaje los valores característicos en las dos salas serían:

	0,1 - 1		>1 - 5		>5 - 10		>10 - 14	
	PO1	PO5	PO1	PO5	PO1	PO5	PO1	PO5
Abdomen								
AP	60	65	60	65	60	65		65
Columna total								
AP						75		80
LA								70
Cráneo								
AP	70	65	70	70	70	75	70	75
LA	65	60	65	65	65	65	65	70
Pelvis								
AP	60	65	65	70	65	70		75
Tórax								
AP/PA	85	95	90	90	95	90	100	90
LA	95	95	100	100	105	100	110	100

La distancia foco-película, como se indica en la tabla XII, es de 105 cm en la sala PD1, frente a 120 cm en la sala PD5, para exámenes de abdomen, cráneo y pelvis.

El personal que realiza los estudios es el mismo para las dos salas, por consiguiente las diferencias de ajuste entre los dos equipos deben explicar estas variaciones en la técnica radiográfica.

Las posibles causas de la diferencia de dosis son la inferior distancia foco-película en la sala PD1 y la menor filtración total de la sala PD1 (2,5 mm de aluminio frente a 4 mm en la PD5).

El control de calidad efectuado en estas salas se expone en el capítulo 7.

En la tabla XIV se presenta la técnica radiográfica más representativa y los valores de dosis promedio obtenidos para cada grupo de edad en el Centro II.

T A B L A X I V

Técnicas radiográficas características (kVp y mAs) y valores promedio de dosis en tejido a la entrada (mGy) obtenidos para diferentes grupos de edad en el Centro II

TIPO DE EXAMEN Y PROTECCION	0,1 - 1 año			> 1 - 5 años			> 5 - 10 años			> 10 - 14 años		
	kVp	mAs	Dosis	kVp	mAs	Dosis	kVp	mAs	Dosis	kVp	mAs	Dosis
S A L A 4												
Abdomen												
AP	60	25	1,53	60	30	2,31	70	30	2,84	70	40	3,28
Cráneo												
AP	70	20	2,05	75	25	2,99	80	25	3,39	...		
LA	70	20	1,92	70	25	2,13	70	30	2,23	70	35	2,60
Pelvis												
AP	65	15	0,91	65	20	1,13	65	40	3,01	75	50	4,18
S A L A 1												
Tórax												
AP/PA	70	4	0,15	75	4	0,16	75	6	0,21	80	6	0,32
LA	90	4	0,22	95	4	0,31	95	6	0,37	100	6	0,63
Columna total												
AP	...			...			80	60	1,83	95	80	2,28
LA	...			...			...			110	160	4,68

Al comparar la información de los centros I y II (tablas XIII y XIV), se observa que:

- En exploraciones simples de abdomen, en el centro II se imparten dosis próximas al 50 % por encima de las que se imparten en el centro I.

- En las exploraciones de columna total, en proyección AP, las dosis son superiores en el centro II en casi un 20 %. En la proyección LA, son superiores en cerca de un 70 %.

- En las exploraciones de cráneo, en proyección PA, las dosis son en torno a un 10 % inferiores en el centro II. En

proyección LA, las dosis son alrededor de un 15 % inferiores también en el centro II.

- En las exploraciones de pelvis, las dosis son superiores en un 50 % en el centro II.

- En las exploraciones de tórax, en proyección AP/PA, las dosis son un 50 % inferiores en el centro II. En proyección LA, son un 40 % inferiores, aproximadamente.

Se presentan a continuación las técnicas radiográficas habituales que se emplean en el centro II y se comparan con los datos equivalentes del centro I.

Por grupos de edad y por exploraciones, las cargas típicas (mAs) del centro II frente a las del centro I (dos salas) son:

	0,1 - 1		>1 - 5		>5 - 10		>10 - 14	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Abdomen								
AP	30-40	25	40-45	30	65-75	30	125	40
Columna total								
AP					400	60	400	80
LA							450	160
Cráneo								
AP	30-40	20	35-60	25	60-70	25	70-75	
LA	30-40	20	35-60	25	60-70	30	65-75	35
Pelvis								
AP	25-60	15	25-60	20	40-75	40	150	50
Tórax								
AP/PA	6-10	4	6-10	4	6-20	6	8-20	6
LA	7-20	4	10-25	4	12-30	6	12-30	6

Los valores de kilovoltaje (kVp) correspondientes a los dos centros son:

	0,1 - 1		>1 - 5		>5 - 10		>10 - 14	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Abdomen								
AP	60-65	60	60-65	60	60-65	70	65	70
Columna total								
AP					75	80	80	95
LA							90	110
Cráneo								
AP	65-70	70	70	75	70-75	80	70-75	
LA	60-65	70	65	70	65	70	65-70	70
Pelvis								
AP	60-65	65	65-70	65	65-70	65	75	75
Tórax								
AP/PA	85-95	70	90	75	90-95	75	90-100	80
LA	95	90	100	95	100-105	95	100-110	100

Bajo la columna del centro I aparecen parejas de valores que se refieren a cada una de las dos salas del centro, siempre y cuando estos valores son diferentes. En algunos casos, se carece de información al no practicarse o no haber sido controlada una exploración concreta.

La distancia foco-película es en el centro I de 105-120 cm y en el centro II 120 cm para exámenes de abdomen, cráneo y pelvis. En el centro I, para las exploraciones de tórax es de 150-180 cm, en el centro II 160 cm. Para las columnas totales la distancia es de 250 cm en el centro I y de 160-200 cm en el centro II.

La comparación de los resultados dosimétricos de los dos centros debe realizarse en base a las características técnicas de los equipos radiográficos, la estabilidad de las condiciones de trabajo de los equipos y los procedimientos de trabajo.

En ninguno de los dos centros existe sistema de colimación automático al tamaño de placa ni selección automática de la exposición. Estos dispositivos de ajuste automático contribuyen respectivamente a reducir la radiación dispersa y a mantener la homogeneidad de la calidad de la imagen. Por tanto, su utilización supone que las dosis impartidas y el índice de repetición de estudios sean menores. No obstante, en el centro I se presta especial atención a la colimación del campo de irradiación, para reducir la radiación dispersa.

El análisis de la estabilidad de los equipos se realiza en el capítulo 7.

En lo referente a los procedimientos, en el centro I, las exploraciones de tórax suelen efectuarse con más frecuencia en la proyección AP frente a la PA. Lo más habitual es que se realicen dos proyecciones AP/PA y LA.

En el centro II, estas exploraciones se llevan a cabo preferentemente en proyección PA frente a la AP. Inician el estudio de tórax con una proyección PA y sólo si el radiólogo lo considera necesario practican la proyección LA, excepto si los pacientes son remitidos desde los servicios de neumología y cardiología, en los que de entrada efectúan las dos proyecciones.

En el centro II, las exploraciones de tórax se realizan directamente sobre el chasis, por lo que los valores de exposición son lógicamente menores.

Cabe destacar que la distancia foco-película para las exploraciones de columna total es sensiblemente inferior en el centro II.

En cuanto al empleo de protectores gonadales, se realiza de forma sistemática en el centro I, y no es habitual en el centro II.

En el centro I, desde marzo de 1988, aproximadamente, se viene utilizando el denominado "Documento Radiológico", en el que se registran las exploraciones a las que se somete cada paciente y la fecha, para que sea mostrada siempre antes de cada estudio. Con dicho documento se pretende tener presente el número y el tipo de exploraciones a las que se va sometiendo al niño y de este modo intentar evitar exámenes poco justificados. De hecho, debido a que en ocasiones el médico que solicita el examen no especifica si recientemente se le ha practicado otro estudio de características similares o no, el documento permite al radiólogo plantearse la justificación de la exploración solicitada y decidir si puede disminuir el número total de disparos en función de la proximidad del estudio previo.

La utilidad del documento radiológico es incuestionable, desde la perspectiva de disponer de un seguimiento del paciente, así como de cara a la filosofía de justificación de las exploraciones contenida en el Real Decreto 1132/1990. En contra

T A B L A X V

Intervalos de dosis en tejido a la entrada y dosis mediana divulgados por la CE en radiodiagnóstico pediátrico, junto a los intervalos de dosis en tejido a la entrada en el primer grupo de edad medidos en el presente trabajo

EXAMEN Y PROYECCION	INTERVALO DE DOSIS CE (mGy)	INTERVALO DE DOSIS (mGy) 0,1-1 AÑO	DOSIS MEDIANA CE (mGy)
Abdomen (*) AP	0,077 - 3,210	0,773-1,667	0,440
Columna (*) LA	0,107 - 4,351	...	0,875
Cráneo (*) AP/PA	0,152 - 4,514	1,142-3,159	0,926
Pelvis (**) AP	0,018 - 1,369	0,766-1,317	0,275
Tórax (*) AP/PA	0,021 - 0,979	0,101-0,530	0,074

(*) Para 10 meses de edad.

(**) Para 4 meses de edad.

Las dosis medidas en este trabajo en el grupo de edad de 0,1 a 1 año son comparables con los valores divulgados por la CE. Los valores de la tabla XV se dan con el mismo número de cifras significativas que atribuye el Lake Starnberg Group a sus resultados, por simple coherencia en la presentación.

Como resumen de los datos obtenidos en las exploraciones "simples", se presentan en la tabla XVI los intervalos de dosis en tejido a la entrada para cada grupo de edad por exploraciones.

T A B L A X V I

Dosis en tejido a la entrada (mGy): Intervalos obtenidos,
por grupos de edad y por exploraciones

EXAMEN Y PROYECCION	INTERVALOS DE DOSIS (mGy) POR GRUPOS DE EDAD (AÑOS)			
	0,1 - 1	> 1 - 5	> 5 - 10	> 10 - 14
Abdomen				
AP	0,8-1,7	1,0-3,0	1,1-3,2	1,8-3,9
Cráneo				
AP/PA	1,1-3,2	1,5-4,4	2,4-5,0	3,2-5,0
LA	0,8-2,3	1,4-3,1	1,7-4,4	2,0-4,9
Pelvis				
AP	0,8-1,3	1,0-1,5	1,3-3,5	2,5-6,7
Tórax				
AP/PA	0,1-0,5	0,1-0,6	0,1-0,6	0,1-0,6
LA	0,2-0,8	0,2-0,8	0,2-1,0	0,4-1,3
Columna total				
AP	...	...	1,2-2,0	1,4-2,3
LA	...	...	...	2,1-4,7

Por último, en la tabla XVII se detallan los valores ponderados de dosis en tejido a la entrada por grupos de edad y por exploraciones, obtenidos a partir de los valores promedios de los dos centros investigados.

T A B L A X V I I

Valor ponderado de la dosis en tejido a la entrada en los centros investigados, por grupos de edad y por exploraciones

EXAMEN Y PROYECCION	DOSIS PONDERADAS (mGy) POR GRUPOS DE EDAD (AÑOS)			
	0,1 - 1	> 1 - 5	> 5 - 10	> 10 - 14
Abdomen				
AP	1,33	1,84	2,45	2,81
Cráneo				
AP/PA	2,13	2,90	3,78	3,71
LA	1,79	2,12	2,71	2,91
Pelvis				
AP	1,07	1,20	2,43	3,80
Tórax				
AP/PA	0,23	0,24	0,28	0,38
LA	0,45	0,52	0,57	0,75
Columna total				
AP	...	...	1,60	1,76
LA	...	...	...	3,07

A partir de los valores presentados en esta tabla se puede establecer una comparación con los valores ponderados correspondientes a las exploraciones "simples" en el adulto (tabla VII). Esta cuestión será abordada en el apartado 4.5.

4.2.2. EXPLORACIONES COMPLEJAS

En la tabla XVIII se presentan datos sobre los generadores y las exploraciones en relación con estos estudios.

T A B L A X V I I I

Equipos radiográficos utilizados y detalle de las exploraciones en cada sala

SALA	GENERADOR	DISTANCIA FOCO-PELIGULA (cm)	EXPLORACIONES (*)
C E N T R O I			
PD2	CGR/Maximans 125 S	105	CUM, UIV, EGD
C E N T R O I I			
3	SE/Gigantos 1012 E	115	CUM, EGD

(*) CUM - Cistoureterografía miccional, UIV - Urografía intravenosa, EGD - Esofagogastroduodenal.

En las dos salas el sistema antidifusor es de tipo "Bucky mesa". La relación de rejilla es 12:1, 40 líneas/cm.

A continuación, en la tabla XIX se exponen los datos radiológicos, en escopia (kVp, mA y minutos), en grafía (kVp y mAs), los resultados de los productos dosis x área en escopia, en grafía y total, así como el intervalo de valores de esta última magnitud para los diferentes grupos de edad, en las exploraciones esofagogastroduodenales controladas en los centros I y II.

T A B L A X I X

Datos radiológicos y valores promedio de los productos dosis x área correspondientes a las exploraciones esofagogastroduodenales controladas en los centros I y II

DATOS RADIOLOGICOS	GRUPOS DE EDAD			
	0,1 - 1 año	> 1 - 5 años	> 5 - 10 años	> 10 - 14 años
CENTRO I				
ESCOPIA				
- kVp	80	100	105	110
- mA	0,2	0,3	0,4	0,5
- Tiempo (minutos)	2,0	2,2	3,0	2,0
- cGy x cm ²	103	185	347	293
GRAFIA				
- kVp	80	90	95	105
- mAs	7	8	9	10
- cGy x cm ²	80	179	315	200
ESTUDIO COMPLETO				
- cGy x cm ²	183	364	662	493
CENTRO II				
ESCOPIA				
- kVp	90	95	100	110
- mA	2,5	3	3,5	3,5
- Tiempo (minutos)	1,0	1,0	1,5	1,5
- cGy x cm ²	259	423	954	1120
GRAFIA				
- kVp	80	85	85	90
- mAs	10	15	20	45
- cGy x cm ²	78	161	269	642
ESTUDIO COMPLETO				
- cGy x cm ²	337	584	1223	1762
INTERVALO OBTENIDO				
- cGy x cm ²	90-819	194-963	650-1623	492-2137

Como puede observarse, en las exploraciones del tracto esofagogastrodudenal, el producto total dosis x área por estudio es en el centro I un 60 % menor.

El producto dosis x área en escopia en el centro I es un 70 % más bajo que en el centro II.

El producto dosis x área en grafía en el centro I es cerca de un 40 % menor que en el centro II.

El porcentaje que la escopia representa sobre la dosis total por estudio es, en el centro I, de orden del 50 %, en tanto que en el centro II es alrededor del 70 %.

Respecto a la técnica radiológica, por grupos de edad, los parámetros relacionados con la escopia (kilovoltaje, miliamperios y tiempo) son:

	0,1 - 1		>1 - 5		>5 - 10		>10 - 14	
	I	II	I	II	I	II	I	II
kVp	80	90	100	95	105	100	110	110
mA	0,2	2,5	0,3	3,0	0,4	3,5	0,5	3,5
tiempo	2,0	1,0	2,2	1,0	3,0	1,5	2,0	1,5

En grafía, los valores de kilovoltaje y carga son:

	0,1 - 1		>1 - 5		>5 - 10		>10 - 14	
	I	II	I	II	I	II	I	II
kVp	80	80	90	85	95	85	105	90
mAs	7	10	8	15	9	20	10	45

De forma similar, en la tabla XX se exponen los datos radiológicos, en escopia (kVp, mA y minutos), en grafía (kVp y mAs), los resultados de los productos dosis x área en escopia, en grafía y total, así como el intervalo de valores de esta última magnitud para los diferentes grupos de edad en las cistoureterografías miccionales controladas en los centros I y II.

T A B L A X X

Datos radiológicos y productos dosis x área correspondientes a las cistouretrografías miccionales investigadas en los centros I y II

DATOS RADIOLOGICOS	GRUPOS DE EDAD			
	0,1 - 1 año	> 1 - 5 años	> 5 - 10 años	> 10 - 14 años
CENTRO I				
ESCOPIA				
- kVp	85	90	95	100
- mA	0,3	0,3	0,3	0,3
- Tiempo (minutos)	0,3	0,4	0,4	0,4
- cGy x cm ²	20	37	100	114
GRAFIA				
- kVp	55	60	60	65
- mA	20	25	40	50
- cGy x cm ²	238	497	1005	1711
ESTUDIO COMPLETO				
- cGy x cm ²	258	534	1105	1825
CENTRO II				
ESCOPIA				
- kVp	95	100	100	100
- mA	3	3	3	3
- Tiempo (minutos)	0,3	0,8	1,1	1,2
- cGy x cm ²	134	362	605	863
GRAFIA				
- kVp	75	80	85	90
- mA	15	20	25	30
- cGy x cm ²	117	165	361	563
ESTUDIO COMPLETO				
- cGy x cm ²	251	527	966	1426
INTERVALO OBTENIDO				
- cGy x cm ²	116-444	181-1445	442-2019	1368-2589

De la tabla XX hay que destacar que en las cistouretrografías miccionales, el producto total dosis x área es mayor en el centro I en un 40 %, aproximadamente.

Respecto al producto dosis x área en escopia en el centro I es del orden de un 80 % menor que en el centro II. El porcentaje que la escopia representa sobre la dosis total por estudio es en el centro I el 8 %, y en el centro II el 60 %.

El producto dosis x área en grafía en el centro II es más de un 70 % más pequeño que en el centro I.

En cuanto a la técnica radiológica, por grupos de edad, los parámetros relacionados con la escopia (kilovoltaje, miliamperios y tiempo) son:

	0,1 - 1		>1 - 5		>5 - 10		>10 - 14	
	I	II	I	II	I	II	I	II
kVp	85	95	90	100	95	100	100	100
mA	0,3	3,0	0,3	3,0	0,3	3,0	0,3	3,0
t tiempo	0,3	0,3	0,4	0,8	0,4	1,1	0,4	1,2

En grafía, los valores de kilovoltaje y miliamperios por segundo son:

	0,1 - 1		>1 - 5		>5 - 10		>10 - 14	
	I	II	I	II	I	II	I	II
kVp	55	75	60	80	60	85	65	90
mAs	20	15	25	20	40	25	50	30

En la tabla XXI se exponen los datos radiológicos, en escopia (kVp, mA y minutos), en grafía (kVp y mAs), los resultados de los productos dosis x área en escopia, en grafía y total, así como el intervalo de valores de dichos productos para los diferentes grupos de edad en el caso de las urografías intravenosas controladas en el centro I. Dado que se trata de una

exploración que está siendo sustituida por la ecografía, no ha sido posible efectuar el correspondiente control en el centro II.

T A B L A X X I

Datos radiológicos y productos dosis x área correspondientes a las urografías intravenosas controladas en el centro I

DATOS RADIOLOGICOS	GRUPOS DE EDAD			
	0,1 - 1 año	> 1 - 5 años	> 5 - 10 años	> 10 - 14 años
ESCOPIA				
- kVp	65	75	95	105
- mA	0,2	0,2	0,3	0,3
- Tiempo (minutos)	0,2	0,2	0,3	0,2
- cGy x cm ²	7	30	54	165
GRAFIA				
- kVp	50	55	60	70
- mAe	20	20	30	75
- cGy x cm ²	87	283	1028	1377
ESTUDIO COMPLETO				
- cGy x cm ²	94	313	1082	1542
INTERVALO OBTENIDO				
- cGy x cm ²	74-106	194-450	...	...

En este tipo de estudio, la escopia representa el 9 % del producto total dosis x área.

A efectos de establecer las posibles causas de discrepancia en los resultados obtenidos en las exploraciones "complejas" entre los centros, se analizan en lo que sigue las características técnicas y estabilidad de los equipos radiográficos empleados, los distintos protocolos de estudio y las diferencias en los procedimientos de trabajo aplicados en cada centro.

Los dos equipos radiográficos poseen sistema automático de colimación al tamaño de placa. En ambos, los valores de exposición se seleccionan manualmente. La distancia foco-película del equipo del centro I (105 cm) es inferior a la del equipo del centro II (115 cm). La influencia de esta característica es menor que en las exploraciones "simples" debido a la complejidad de los estudios y de los procedimientos de trabajo. Los resultados de los controles de calidad realizados a estos equipos se exponen en el capítulo 7.

En cuanto a los procedimientos, en el centro I habitualmente los estudios son realizados por los técnicos, salvo en caso de pacientes comprometidos, por ejemplo si el niño ha sido sometido a intervención quirúrgica que modifique su anatomía. En el centro II es el radiólogo quien efectúa la exploración.

En el centro I, la corriente en escopia se mantiene entre 0,2 y 0,5 mA. En el centro II, el promedio es de 3 mA. Además, la utilización de la escopia se realiza de forma más intermitente en el centro I. En las CUMs, la valoración de la repleción vesical se hace por signos indirectos en los niños pequeños o no colaboradores (inquietud, flexión plantar de los dedos, ausencia de flujo de contraste en el sistema de goteo, etc). En los EGDs, el tiempo de escopia suele ser mayor en el centro I, por el diferente protocolo de estudio.

Respecto a la técnica en grafía, en los EGDs del centro I los valores de mAs son inferiores a los del centro II, mientras que en las CUMs son superiores.

Las diferencias obtenidas en la dosimetría y las discrepancias observadas en la técnica radiológica de las exploraciones "complejas" en los dos centros, hacen necesario un análisis comparativo de los protocolos de estudio aplicados en los mismos. Este análisis se presenta en el capítulo 6.

Como resumen, se presentan por grupos de edad los valores ponderados del producto dosis x área para las exploraciones "complejas".

T A B L A X X I I

Valor ponderado del producto dosis x área (cGy x cm²), por grupos de edad, en las exploraciones "complejas"

EXPLORACION	DOSIS x AREA (cGy x cm ²) POR GRUPOS DE EDAD (AÑOS)			
	0,1 - 1	> 1 - 5	> 5 - 10	> 10 - 14
EGDs	219	504	943	1254
CUMa	255	532	1079	1745
UIVs	94	313	1082	1542

4.3. DOSIMETRÍA EN RADIODIAGNÓSTICO PEDIÁTRICO DEL RECIÉN NACIDO

Los avances tecnológicos y la mejora de la asistencia sanitaria a los recién nacidos (prematuros, niños de bajo peso o con cualquier otra patología) han permitido aumentar su supervivencia, disminuyendo el riesgo de mortalidad. Este aumento de supervivencia va asociado a la práctica de un mayor número de exploraciones radiológicas para valorar con exactitud su estado pulmonar, cardíaco y abdominal. La información radiológica tiene una gran repercusión en la decisión terapéutica. Estos pacientes suelen ser sometidos a múltiples estudios durante los primeros días de vida y, con frecuencia, son expuestos a la radiación ionizante incluyendo el cuerpo en su totalidad. Todo esto ha motivado el interés por determinar las dosis de radiación que reciben.

La dosimetría en radiodiagnóstico de recién nacidos (RN) presenta dificultades importantes, debido a las condiciones en las que se practican las exploraciones. Estas condiciones se refieren a los siguientes aspectos:

- Su situación clínica suele ser crítica.
- Precisan cuidados por personal experto de forma permanente.
- Se encuentran en áreas especiales de hospitalización (cuidados intensivos).
- Dependen de equipos técnicos sofisticados: incubadoras, bombas de infusión, electrocardiógrafos, respiradores, etc.
- Las actuaciones radiológicas no son programadas. Es habitual que se soliciten con carácter urgente para decidir o confirmar la actitud terapéutica.

- La distancia entre las incubadoras suele ser pequeña, por lo que debe considerarse la radiación dispersa que pueden recibir los niños que se encuentran en las incubadoras cercanas.

- Las exploraciones radiológicas se realizan con equipos portátiles, que con frecuencia son diferentes de una ocasión a otra en función de la disponibilidad.

Los equipos portátiles suelen presentar un funcionamiento más inestable. Para unidades dotadas de batería, sus características más destacables son las siguientes:

- Son unidades autónomas. El desplazamiento hace que se desajusten con mayor frecuencia.

- Poseen un motor como sistema de transporte.

- Las baterías, recargables, son la fuente de alimentación tanto para el generador de rayos X como para el motor de desplazamiento.

- Presentan mayor dificultad de centrado debido a que el chasis radiográfico no suele estar fijado al equipo.

- Presentan mayor variabilidad de exposición. Existe más dificultad para mantener constante la distancia foco-película y su rendimiento puede modificarse en función del estado de carga de las baterías.

- Se emplean en áreas que carecen de blindajes estructurales.

Estas peculiaridades han dado lugar a plantear unos objetivos dosimétricos específicos en el RN que, en síntesis,

serían los siguientes:

- 1.- Obtener los parámetros radiológicos más significativos (kVp, mAs, distancia foco-película, tamaño de imagen, etc) en las exploraciones más habituales: tórax y tórax-abdomen, en proyección AP.
- 2.- Determinar la dosis en tejido a la entrada en las citadas exploraciones.
- 3.- Determinar la dosis de radiación dispersa que puede recibir otro neonato que se encuentre en una incubadora contigua.
- 4.- Valorar los métodos de protección radiológica que deben aplicarse de forma sistemática.

Las exploraciones han sido controladas en la Unidad de Cuidados Intensivos de Neonatología del centro I.

El equipo radiográfico empleado es de la marca General Electric, modelo AMX-II.

Las exploraciones se practican directamente sobre el chasis. El sistema de imagen se compone de chasis convencional de aluminio, hoja de refuerzo Agfa Curix Universal y película Agfa Curix RP2.

Los métodos dosimétricos practicables para el seguimiento de las exploraciones pueden ser la termoluminiscencia o el empleo de cámaras de transmisión tipo Diametox. Se ha optado por el uso de cristales de fluoruro de litio (TLD-100) para llevar a cabo los controles. La utilización de la cámara de transmisión presenta inconvenientes importantes en este tipo de exámenes, tales como su problemática instalación en los equipos portátiles y la no programación de las exploraciones.

En cada uno de los estudios controlados se colocaron dosímetros de LiF en las siguientes localizaciones:

- La piel de los pacientes sometidos a estudio, a la entrada del haz de radiación, en el centro del campo irradiado.
- El centro de la pared lateral más próxima de las incubadoras contiguas a la directamente expuesta.

En todos los casos se registró la distancia entre estas incubadoras, de 140 cm aproximadamente.

Los resultados alcanzados respecto al primer propósito (obtener los parámetros radiológicos más significativos) se refieren a 12 pacientes y se detallan en la tabla XXIII.

T A B L A X X I I I

Características técnicas y tamaño de imagen de las exploraciones más frecuentes en radiodiagnóstico del recién nacido

TIPO DE EXAMEN	TECNICA RADIOGRAFICA		DISTANCIA FOCO-PELICULA (cm)	TAMAÑO DE IMAGEN (cm)
	kVp	mAs		
Tórax	50	2	90	13 x 14
Tórax y Abdomen	56	2	90	20 x 20

Los valores de kVp, mAs y distancia foco-película obtenidos coinciden con los publicados por otros autores (Herman, 1987; Burton, 1988). Sin embargo, hay discrepancias en cuanto al tamaño de campo obtenido para cada tipo de examen (Sabau, 1985). El análisis efectuado por Sabau sostiene que las dimensiones de la

imagen de un estudio de tórax deben ser de 10 x 10 cm², y las correspondientes a un estudio conjunto de tórax y abdomen de 10 x 20 cm².

Estos parámetros repercuten tanto en la dosis integral de radiación que recibe el niño directamente expuesto, como en la radiación dispersa generada.

Respecto a los resultados de dosis, se han obtenido valores poco coherentes. Las dosis en tejido a la entrada han sido, prácticamente en todos los casos, del mismo orden de magnitud que las correspondientes a los dosímetros considerados como "fondos".

Las referencias bibliográficas consultadas (Sabau, 1985; Fletcher, 1986; Herman, 1987; Burton, 1988; Tobarra, 1989) presentan valores de dosis en tejido a la entrada que varían entre 0,026 y 0,14 mGy.

La dosimetría de la radiación dispersa tampoco ha mostrado valores coherentes, dándose el caso de que los dosímetros situados en las incubadoras contiguas han tenidos valores superiores a los directamente irradiados, probablemente debido a que el nivel de radiación está por debajo o en el límite de la sensibilidad de los dosímetros utilizados.

Por todo lo anterior, se considera que la dosimetría en el RN precisa un tratamiento más específico que se desarrollará con posterioridad.

Los métodos de protección radiológica van dirigidos al paciente objeto de la exploración, pacientes próximos, personal que habitualmente trabaja en la sala y al personal que realiza el estudio radiográfico.

El paciente directamente expuesto debe ser protegido, fundamentalmente, mediante la colimación del campo de irradiación al área de interés diagnóstico y la colocación de protectores



plomados, al menos en gónadas. Además, se debe prestar especial atención a la distancia foco-película, para que sea como mínimo de 90 cm y asegurar el correcto centrado entre el haz de radiación y el chasis. Finalmente, como protección pasiva adicional, en cada equipo portátil debería figurar en lugar destacado una relación de técnicas usuales, indicativa de los valores característicos de los parámetros para cada exploración y tamaño de paciente dados. Este proceder evitaría posibles repeticiones debidas a rotación de personal o a cambios de unidad de rayos X.

Esta recomendación ha sido uno de los aspectos tratados y unánimemente aceptados en la reunión celebrada recientemente en el Ministerio de Sanidad y Consumo, dentro del contexto del Programa VALUE de la CCE (VALUE, 1991). En dicho Programa se están definiendo los contenidos de los programas de formación del personal de servicios de radiodiagnóstico en materias de protección radiológica y garantía de calidad.

La protección de los pacientes próximos debe basarse en el aumento de la distancia respecto al haz primario. En caso de utilizar el haz de rayos X en dirección horizontal, éste puede interceptarse mediante barreras plomadas (mamparas, delantales, etc).

Si el personal que habitualmente trabaja en la sala debe permanecer en ella prestando asistencia a otros niños, puede hacerlo con arreglo a las recomendaciones, específicas para protección en Pediatría, del National Council on Radiation Protection (NCRP, 1981), esto es, "...se colocará siempre a una distancia superior a los 30 cm del haz primario...". Esta recomendación se basa en la evaluación realizada por Poznanski (Poznanski, 1974), que le lleva a afirmar que "...si se toman las precauciones adecuadas, no es necesario que el personal abandone la sala y el cuidado de otros niños...".

El personal que realiza el estudio radiográfico debe utilizar un delantal plomado y situarse lo más alejado posible del haz de radiación.

La inmovilización de estos pacientes es crítica, ya que no suele disponerse de elementos adecuados. Puede ser necesario que una persona inmovilice al niño, permaneciendo junto a él durante el disparo, en cuyo caso deberá colocarse guantes y delantal plomados (NCRP, 1981).

4.4. INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE IMAGEN EN LAS DOSIS

El sistema de imagen es uno de los elementos más importantes a considerar cuando se pretenden disminuir las dosis impartidas en un servicio de radiodiagnóstico. Bajo esta denominación se incluyen chasis, hojas de refuerzo y películas. Estos elementos deben reunir ciertos requisitos para conseguir una buena calidad de imagen y, a la vez, bajas dosis al paciente.

Tradicionalmente se han utilizado chasis de aluminio, hojas de refuerzo de sales fluorescentes de wolframato cálcico y películas con emulsión de halogenuros de plata. En 1973 se comercializaron hojas de refuerzo de tierras raras (Curry, 1984). Su principal ventaja radica en la gran eficiencia de conversión de los rayos X en luz visible a la que es sensible la película radiográfica, permitiendo una significativa reducción de la exposición (mAs) y por tanto de la dosis recibida por el paciente.

Los chasis también han evolucionado. Se han desarrollado chasis de materiales plásticos que proporcionan mayor resistencia mecánica y menor peso, aproximadamente un 25 % más ligeros que los de aluminio (Gárate, 1988). Al mismo tiempo, reducen significativamente la sección eficaz de interacción de los fotones del haz de rayos X con este material, al tratarse de una sustancia de número atómico promedio mucho menor, lo que contribuye a aumentar la fracción transmitida al conjunto hoja de refuerzo-película. La introducción de compuestos de fibra de carbono, material tan fuerte como el aluminio y un 50 % más ligero, ha supuesto aún mayores beneficios (Russell, 1985).

Han aparecido películas que, mediante la incorporación de ciertas sustancias a la emulsión, presentan una sensibilidad espectral más amplia, al extenderse desde el azul hasta el verde. Son las películas ortocromáticas, que pueden ser utilizadas con

hojas de refuerzo de tierras raras.

Se ha efectuado la comparación de dos sistemas de imagen para determinar las diferencias en dosis, teniendo en cuenta la calidad de imagen. Los sistemas evaluados se han denominado "convencional" y "tierras raras".

El sistema "convencional" ha consistido en chasis de aluminio, hojas de refuerzo Agfa Curix Universal y películas Agfa RP2.

El sistema de "tierras raras" ha estado compuesto por chasis de fibra de carbono y una combinación rápida hoja de refuerzo-película seleccionada previamente.

En una primera fase, se han valorado de forma objetiva distintas combinaciones hoja de refuerzo de tierras raras-película, para elegir la de mayor sensibilidad y compararla con el sistema "convencional".

En una segunda etapa, se han determinado las dosis de radiación del sistema "convencional" y el seleccionado de "tierras raras" sobre estudios clínicos estándar, valorando la calidad de las imágenes los radiólogos pediátricos responsables de cada exploración. Los estudios controlados corresponden a urografías intravenosas, cistouretrografías miccionales y exploraciones esofagogastroduodenales.

Las combinaciones investigadas (marca Du Pont) han sido las siguientes:

- Quanta III (LaOBr:Tm)-Cronex 4.
- Quanta III-Cronex 7.
- Quanta fast detail (CaWO₄)-Cronex 7.
- Quanta fast detail-Cronex 4.

Se ha considerado la calidad de las imágenes de cada conjunto, mediante un maniquí antropomórfico tipo "Rando", de la casa Alderson, utilizando seis rodajas correspondientes al tórax (números 14-19), que incluyen la simulación del parénquima pulmonar y del mediastino. El maniquí está constituido por secciones de 2,5 cm de material equivalente a tejido biológico, reproduce las distintas densidades del cuerpo humano y simula el espesor de un paciente sometido a examen.

El equipo radiográfico empleado, de la casa CGR, está formado por un generador Maximans 125 S, tubo MS 741 y mesa Télévix 1600.

Las distancias foco-película y foco-cara superior del maniquí han sido 150 y 130 cm respectivamente, manteniéndose constantes durante todo el ensayo.

Se evaluó en primer lugar el sistema "convencional", reproduciendo la técnica radiográfica promedio de una exploración de tórax, 100 kVp y 4 mAs, para conseguir el ennegrecimiento apropiado de los campos pulmonares y la penetración del mediastino aconsejada por los especialistas.

Para estudiar el comportamiento de los sistemas de "tierras raras", la tensión radiográfica permaneció fija en 100 kVp y se modificaron los valores de la carga en función de la sensibilidad de cada combinación, para mantener una densidad óptica comparable de 1 (corresponde a la densidad promedio de interés en radiodiagnóstico). Pese a que el procedimiento lógico habría sido aproximarse a tensiones de 80 kVp al utilizar el conjunto de "tierras raras", para obtener la máxima velocidad y optimizar las condiciones de trabajo (Curry, 1984), se ha optado por mantener la tensión en 100 kVp (sin propósito de cuantificar de modo preciso la respuesta) debido a que las variaciones de la velocidad en función del kilovoltaje no son muy importantes cuando los valores usuales de trabajo son inferiores a 70 kVp, tal como es habitual en los estudios pediátricos que se han

seleccionado para esta comparación.

Los valores de carga empleados han sido los siguientes:

- Quanta fast detail-Cronex 7 se expuso a 1 mAs.
- Quanta fast detail-Cronex 4 a 1 mAs y 0,5 mAs.
- Quanta III-Cronex 7 a 1 mAs.
- Quanta III-Cronex 4 a 4 mAs, 2 mAs y 1 mAs.

El parámetro que más se relaciona con la dosis es el ennegrecimiento medio de un área extensa de la película expuesta. Para realizar esta medida, ha sido preciso utilizar un dispositivo que suministrase un promedio sobre el área de interés. Debido a que los densitómetros convencionales dan medidas puntuales, se ha empleado un luxómetro modelo Phywe 07024.00 con fotocélula de silicio, situado a 25 cm de un negatoscopio de un solo cuerpo, en cámara oscura. Se determinó la intensidad de luz incidente y la transmitida por cada película, eliminando la intensidad procedente de otras zonas del negatoscopio que no contribuían de forma estricta en la visualización de la película.

Las dosis se han medido mediante una cámara de transmisión tipo Diamantor, de la casa PTW-Freiburg, situándola en el cabezal de salida del tubo de rayos X y registrando los valores del producto dosis x área ($\text{cGy} \times \text{cm}^2$) en cada disparo.

En la tabla XXIV se presenta la comparación de las distintas combinaciones de sistemas de imagen empleadas, las técnicas radiográficas aplicadas, las lecturas de dosis absorbidas en aire sobre el área impresionada en la película ($\text{cGy} \times \text{cm}^2$) y la densidad óptica promedio de las imágenes impresionadas. La medida de densidad óptica representa la respuesta global de zonas con alto grado de ennegrecimiento, como se detecta aproximadamente en la región central del tejido pulmonar; de aquéllas con un nivel intermedio de ennegrecimiento, que corresponden a los bordes pulmonares cercanos al corazón y de la zona sin

ennegrecimiento aparente, localizada en el interior del corazón.

Además, se muestra la relación entre las dos magnitudes anteriormente comentadas, que proporciona una medida de la sensibilidad de cada combinación hoja de refuerzo-película.

T A B L A X X I V

Comparación de sistemas de imagen, técnica radiográfica*, producto dosis x área en aire (cGy x cm²), densidad óptica y relación dosis-área/densidad óptica

Sistema "convencional"					
Chasis	Hoja de refuerzo-película	mAs	cGy x cm ²	Densidad óptica	Dosis/D. óptica
Aluminio	Agfa Curix Universal- Agfa Curix RP2	4	14	0,55	25,41
Sistema de "tierras raras"					
Chasis	Hoja de refuerzo-película	mAs	cGy x cm ²	Densidad óptica	Dosis/D. óptica
Fibra de carbono	Quanta fast detail- Cronex 7	1	7	0,42	16,57
	Quanta fast detail- Cronex 4	1	7	0,51	13,62
	Quanta III- Cronex 7	1	6	0,54	11,08
	Quanta fast detail- Cronex 4	0,5	4	0,37	10,76
	Quanta III- Cronex 4	2	9	1,12	8
		4	14	1,80	7,75
		1	5	0,72	6,87

(* El kilovoltaje se mantuvo constante en 100 kVp.

Estos datos confirman los valores de sensibilidad, de 200 para el sistema "convencional", frente a 800 para el de "tierras raras".

La combinación hoja de refuerzo-película seleccionada ha sido Quanta III-Cronex 4, expuesta a 100 kVp y 1 mAs. Se ha preferido la más rápida porque, para el tipo de exploraciones

objeto de estudio (CUM, UIV y EGD), se ha considerado más importante conseguir una disminución de dosis en tejido a la entrada del paciente -con una adecuada calidad de imagen válida para emitir el diagnóstico- que alcanzar elevadas cotas de definición en la imagen.

Al comparar esta combinación con el sistema "convencional", la Quanta III-Cronex 4 ha presentado un mayor nivel de contraste, mayor velocidad y por tanto, ha precisado menores valores de exposición. El factor de reducción alcanzado en la carga (mAs) ha sido de 1/4 aproximadamente.

A continuación se llevó a cabo el seguimiento de las exploraciones a pacientes.

La dosimetría se ha realizado con la cámara de transmisión tipo Diamentor, controlando los valores del producto dosis x área en escopia y en grafía.

Simultáneamente, se han empleado dosímetros por TL, colocándolos sobre la piel de los pacientes a nivel de la zona central del campo irradiado, en tiroides y en gónadas, manteniéndolos a lo largo de cada estudio. En los varones se ha situado el dosímetro debajo de la protección gonadal, utilizada sistemáticamente en este centro, en todos los niños. El reducido tamaño de los cristales no ha interferido, en ningún caso, con detalles de imagen para emitir el diagnóstico.

Los dosímetros han permitido obtener una aproximación de las dosis que reciben los órganos críticos superficiales citados, ya que como se detalló en el capítulo 2, el cálculo de dosis en órganos en los niños reúne mayores dificultades que en los adultos y se encuentra en periodo de estudio por diferentes grupos de trabajo.

De cada paciente se han registrado sexo, edad, peso, talla y la distancia foco-piel. La distancia foco-película ha

permanecido fija para todos los estudios en 105 cm.

Durante la utilización de la escopía se registraron el kilovoltaje pico, el miliamperaje promedio, el tiempo total requerido, así como el producto dosis x área ($\text{cGy} \times \text{cm}^2$) medido con la cámara de transmisión.

De igual forma, para cada disparo en grafía, se anotaron la zona anatómica irradiada, el tipo de proyección y la técnica empleada (tensión y carga), junto con el producto dosis x área y el tamaño de imagen en la película.

En total se han controlado 84 exámenes. Corresponden al sistema "convencional" de imagen 35 cistoureterografías miccionales (CUMs), 20 tránsitos esofagogastroduodenales (EGDs) y 8 urografías intravenosas (UIVs). Con el sistema de "tierras raras" se hicieron 14 CUMs, 4 UIVs y 3 EGDs.

En las exploraciones controladas, el intervalo de edad fue de 1,5 meses a 16 años.

Para hacer la evaluación de dosis con los dos sistemas de imagen, se ha seleccionado un grupo de pacientes en torno a los 2 años de edad, con peso y talla promedio de 12 kg y 80 cm, respectivamente.

Los estudios considerados en la comparación fueron los siguientes: 14 EGDs, 12 CUMs y 6 UIVs con el sistema "convencional", 3 EGDs, 9 CUMs y 4 UIVs con el sistema de "tierras raras".

En la tabla XXV se comparan las principales características de los estudios, mostrando las técnicas radiológicas habituales, el producto dosis x área ($\text{cGy} \times \text{cm}^2$), en grafía y escopía, el tiempo de escopía (minutos), el número total de disparos y la dosis en tejido a la entrada por estudio (mGy), a nivel del centro del campo de irradiación, sobre tiroides y sobre la

superficie de la piel en gónadas.

T A B L A X X V

Comparación de exploraciones complejas controladas con los dos tipos de sistemas de imagen sobre pacientes de 2 años de edad promedio

DATOS RADIOLOGICOS	SISTEMA "CONVENCIONAL"			SISTEMA DE "TIERRAS RARAS"		
	CUMe	UIV _e	EGD _e	CUMe	UIV _e	EGD _e
ESCOPIA						
- kVp	83	80	97	83	93	84
- mA	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
- Tiempo (minutos)	0,4	0,2	2,5	0,2	0,2	2,2
- cGy x cm ²	23	28	83	7	9	42
GRAFIA						
- kVp	56	56	84	59	38	86
- mA	22	20	7	6	6	7
- cGy x cm ²	218	159	73	64	30	21
NÚMERO TOTAL DE DISPAROS	5	3	6	5	3	6
DOSIS TEJIDO A LA ENTRADA (mGy)						
- Centro del campo	7,82	4,89	6,99	3,61	2,24	2,26
- Tiroides	0,03	0,02	2,76	0,11	0,08	1,27
- Ovarios	7,12	4,43	1,18	3,29	2,04	1,73
- Testículos	0,77	0,39	0,22	0,70	0,13	0,13

La simple inspección de la tabla permite apreciar que la correspondencia entre cargas seleccionadas y productos dosis x área exhibe fluctuaciones, debido a las distintas características físicas de cada paciente y al relativamente reducido número de estudios controlados. No obstante, el orden de magnitud muestra claramente reducciones significativas en las dosis.

Las variaciones en los valores de kVp, en un sistema de imagen respecto del otro, son atribuibles a los diferentes criterios de actuación de los expertos que realizaron las

exploraciones.

Con el sistema de "tierras raras", la carga se ha reducido aproximadamente en un factor 1/4.

Los protocolos de estudio de las CUMs y UIVs incluyen prácticamente el mismo campo de irradiación a lo largo de todo el examen, aunque difieren en el número total de disparos, que es menor en las urografías.

En cuanto a los EGDs, los campos de irradiación son más pequeños, si bien presentan un mayor número de disparos, realizándose unas veces sobre el tórax y otras sobre el hemiabdomen superior. Los protocolos de estudio se discuten en detalle en el capítulo 6.

El empleo del sistema de "tierras raras" ha supuesto una disminución de la dosis en tejido a la entrada aproximadamente del 50 %, para las CUMs y las UIVs investigadas. En los EGDs se ha alcanzado una disminución cercana al 30 %. Estos valores coinciden con los publicados por otros autores (Russell, 1985).

No hubo en ningún caso pérdida de la capacidad diagnóstica a tenor de las opiniones de los especialistas que examinaron las radiografías.

Las dosis obtenidas sobre la piel de los órganos críticos considerados están en relación con su inclusión o proximidad al campo de irradiación, así como con el grado de protección que se aplica en ellos. En las UIVs y CUMs, con el sistema "convencional" de imagen, el tiroides recibe un 0,4 % de la dosis respecto al centro del campo. Los ovarios quedan expuestos durante todo el estudio por estar incluidos dentro del campo de irradiación y no poder protegerse. Se ha obtenido una dosis en tejido a la entrada sobre la región ovárica de alrededor del 90 % respecto al centro del campo. Los testículos, en los que se aplican protectores plomados en contacto de 0,5 mm de espesor,

reciben aproximadamente entre el 8 y el 10 % de la dosis total.

En las exploraciones EGDs, el tiroides recibe el 40 % aproximadamente, los ovarios el 17 % y los testículos el 3 % respecto a la dosis en tejido a la entrada para todo el estudio.

La conclusión que se obtiene de la comparación de los dos sistemas de imagen es que la combinación hoja de refuerzo-película con una sensibilidad 800 y el chasis de fibra de carbono constituyen un método muy efectivo para reducir las dosis a los pacientes, especialmente en exploraciones en las que no es necesario obtener un detalle minucioso de imagen, ya que el empleo de la película de grano más grueso no ha afectado la calidad de imagen.

4.5. COMPARACION DE LOS RESULTADOS DOSIMETRICOS EN RADIODIAGNOSTICO PEDIATRICO Y NO PEDIATRICO

Para comparar las dosimetrías del adulto y del niño se han tomado los valores ponderados que se han obtenido a partir de los resultados expuestos en los apartados 4.1, referentes a las exploraciones del adulto, y 4.2, de radiodiagnóstico pediátrico.

La dosimetría del recién nacido se excluye de esta comparación por las peculiaridades de las exploraciones de estos pacientes.

Las exploraciones de columna total en el niño y columna lumbar en el adulto no son comparables al ser básicamente distintos estudios.

Las cistouretrografías miccionales no se practican en el adulto, por lo que tampoco son objeto de la comparación.

4.5.1. EXPLORACIONES SIMPLES

En la tabla XXVI se presentan los valores dosimétricos ponderados (mGy) de las exploraciones "simples", tomados de las tablas VII y XVII, a efectos de su comparación.

T A B L A X X V I

Valores ponderados de la dosis en tejido a la entrada (mGy) en las exploraciones "simples" en el niño y en el adulto

EXAMEN Y PROYECCION	DOSIS (mGy) POR GRUPOS DE EDAD (AÑOS)				DOSIS (mGy) ADULTO
	0,1 - 1	> 1 - 5	> 5 - 10	> 10 - 14	
Abdomen					
AP	1,33	1,84	2,45	2,81	12,51
Cráneo					
AP/PA	2,13	2,90	3,78	3,71	5,40
LA	1,79	2,12	2,71	2,91	3,22
Pelvis					
AP	1,07	1,20	2,43	3,80	16,53
Tórax					
AP/PA	0,23	0,24	0,28	0,38	0,70
LA	0,45	0,52	0,57	0,75	1,98

Puede observarse un importante salto cuantitativo de las dosis en los adultos respecto al último grupo de edad en los niños. Esto no se cumple para las exploraciones de cráneo, debido a que el tamaño de la cabeza del niño es prácticamente similar al tamaño de la del adulto, a partir de los 8 - 10 años. Hay que

tener en cuenta que para el resto de las exploraciones en el adulto, no se han valorado de forma independiente las diferentes constituciones físicas: asténico, atlético y pícnico. Esta idea ha sido indirectamente considerada por el grupo de expertos de la CCE que planificó el muestreo a nivel comunitario, que ha conducido a los valores de referencia para las seis exploraciones ya citadas, al plantear los controles sobre individuos estándar (1,70 m y 70 kg). Más explícitamente, Lindsoug (Lindsoug, 1991) plantea la necesidad de valorar en cada caso las dimensiones corporales. De ser considerados las constituciones físicas, el aumento de dosis sería progresivo desde el último grupo de edad hasta el pícnico, pasando por el asténico y el atlético.

4.5.2. EXPLORACIONES COMPLEJAS

En la tabla XXVII se presentan los valores ponderados de los productos dosis x área ($\text{cGy} \times \text{cm}^2$) de las exploraciones "complejas", tomados de las tablas XI y XXII, para su comparación.

T A B L A X X V I I

Valores ponderados de los productos dosis x área ($\text{cGy} \times \text{cm}^2$) en las exploraciones "complejas" en el niño y en el adulto

EXPLORACION	DOSIS x AREA ($\text{cGy} \times \text{cm}^2$) POR GRUPOS DE EDAD (AÑOS)				DOSIS x AREA ($\text{cGy} \times \text{cm}^2$) ADULTO
	0,1 - 1	> 1 - 5	> 5 - 10	> 10 - 14	
EGDs	219	504	943	1254	2693
UIVs	94	313	1082	1542	4828

En las exploraciones EGDs se observa un incremento de los valores del producto dosis x área, aproximadamente en un factor 2, excepto al pasar del grupo > 5 - 10 al grupo > 10 - 14.

En las UIVs el incremento es en un factor 3, observándose la misma excepción en los mismos grupos de edad.

A la vista de las curvas características de crecimiento en talla y peso, no parecen claramente justificables las excepciones comentadas, cuya razón probable es que la muestra en el último intervalo presenta algún sesgo o inhomogeneidad.

5. Protocolos de estudio de exploraciones simples y criterios de calidad de imagen

5. PROTOCOLOS DE ESTUDIO DE EXPLORACIONES SIMPLES Y CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN

Los protocolos de estudio de las exploraciones simples son bastante homogéneos en el adulto y en el niño (en cuanto a número de placas, proyecciones, etc, que deben realizarse en función de las indicaciones clínicas). En el presente capítulo, se analizan los procedimientos de trabajo más habituales y se detallan las características específicas de los dos tipos de pacientes.

También se exponen y evalúan de forma cuantitativa los criterios de calidad de imagen que deben cumplir las radiografías para permitir el diagnóstico, así como la técnica radiográfica, recomendados por la CE para pacientes adultos (CEC, 1990).

5.1. CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN RECOMENDADOS POR LA CE

La correcta interpretación radiográfica requiere una adecuada calidad de imagen. El grupo de expertos de la CE ha establecido dos tipos de requisitos diagnósticos -criterios y detalles de imagen- para valorar y comparar de forma apropiada dicha calidad. Estos requisitos se consideran característicos de las exploraciones de pacientes adultos en las proyecciones más habituales. Son los siguientes:

1) "Criterios de imagen": son de tipo cualitativo y se refieren a aspectos de la imagen radiográfica normal, cuyo grado de apreciación se indica mediante las siguientes expresiones:

- VISUALIZACION: un rasgo anatómico es DETECTABLE pero sus detalles no se aprecian totalmente.

- REPRODUCCION: los detalles de los rasgos anatómicos son VISIBLES pero no están definidos de forma clara.

- REPRODUCCION NITIDA: los detalles anatómicos están claramente DEFINIDOS.

2) "Detalles de imagen": son de tipo cuantitativo y definen las dimensiones mínimas de estructuras, normales y anormales, que deben detectarse en la radiografía. Su observación representa una correcta calidad de imagen.

Los requisitos diagnósticos propuestos para cada una de las exploraciones de pacientes adultos han sido valorados por 20 radiólogos (2 jefes de servicio, 8 jefes de sección y 10 adjuntos), con el propósito de estimar la importancia de cada criterio de imagen (González, 1989). Algunos de estos especialistas han sugerido la inclusión de otros criterios que complementarían a los ya propuestos, y que se exponen también en este trabajo.

La calificación otorgada a cada criterio se refiere a unos coeficientes de ponderación establecidos de 0 a 3 puntos según el siguiente esquema:

- 0.- Detalle independiente del diagnóstico.
- 1.- Detalle que facilita junto con otros el diagnóstico.
- 2.- Detalle que, sin ser imprescindible, contribuye de modo importante al diagnóstico.
- 3.- Detalle imprescindible para un correcto diagnóstico.

Cuando la media de las calificaciones para un mismo criterio no es un valor exacto, se complementa con las denominaciones "más" o "menos".

En octubre de 1990 se elaboró un documento preliminar sobre criterios de referencia de calidad de imagen y de técnica radiográfica pediátrica, similar al de adultos, a partir de la síntesis de resultados del ensayo a nivel europeo llevado a cabo por el Lake Starnberg Group y, consiguientemente, coincidente en el tiempo a la realización de los trabajos reflejados en esta

Memoria. El documento, difundido durante el primer trimestre de 1991, aporta una información relativamente similar a la propuesta que se expone en lo que sigue, sobre criterios de calidad de imagen para cada una de las exploraciones pediátricas simples seleccionadas. El contenido del antedicho documento comunitario se describe y comenta con alguna extensión en el Apéndice.

De forma análoga a la pauta seguida por el grupo de la CE para el adulto, los criterios de calidad de imagen propuestos han sido evaluados por radiólogos de distintos centros, en este caso dedicados específicamente al radiodiagnóstico pediátrico.

5.2. EXPLORACIONES DE CRANEO

La radiografía simple de cráneo es la prueba complementaria inicial ante las alteraciones de los huesos de la cabeza (Armstrong, 1987).

La radiografía simple debe contribuir al juicio clínico, pero no reemplazarlo. Esta afirmación, válida en todas las áreas del radiodiagnóstico, tiene especial relieve en este estudio. La interpretación radiológica del cráneo es difícil; es necesario un cuidadoso examen clínico previo, que debe orientar sobre el procedimiento óptimo de obtención de las imágenes, permitiendo relacionar las observaciones clínicas y radiográficas.

Entre las indicaciones clínicas más frecuentes se encuentran los traumatismos. Debido al uso excesivo y a la escasa rentabilidad diagnóstica en casos leves, estas indicaciones continúan siendo muy discutidas (Royal College of Radiologists, 1980; Royal College of Radiologists, 1981; Royal College of Radiologists, 1983; Master, 1987; Lacey, 1990). La cuestión fundamental es diagnosticar a los pacientes con lesiones intracraneales tributarias de tratamiento quirúrgico urgente.

A continuación, se analizan el protocolo de estudio más

frecuente y los criterios de calidad de imagen que deben cumplir las exploraciones para facilitar la máxima expresión radiológica.

5.2.1. PROTOCOLOS DE ESTUDIO

La complejidad radiológica del cráneo es debida a la variedad de estructuras que contiene. Para visualizarlas adecuadamente es necesario realizar diferentes proyecciones.

Las proyecciones básicas que se consideran son PA (AP fundamentalmente en los niños y pacientes no colaboradores) y LA, ya que desde el punto de vista de la protección radiológica, son aquéllas que pueden representar mayores aportaciones de dosis a los órganos críticos regionales (cristalino y tiroides).

El campo de irradiación debe incluir la calota craneal completa y el macizo facial.

La proyección empleada con más frecuencia es la occipital semiaxial, que puede ser considerada PA. Tiene particular importancia si se sospechan lesiones occipitales o de fosa posterior.

En el niño suele practicarse de forma habitual la proyección AP, con preferencia frente a la PA, debido a que implica adoptar la posición de decúbito supino, que favorece su colaboración.

En la proyección LA, la posición del paciente es crítica. El plano sagital debe colocarse paralelo a la película. El centraje del campo se sitúa en el ángulo anterosuperior del pabellón auricular.

En la imagen, un correcto posicionamiento se aprecia porque los ángulos mandibulares deben estar superpuestos y las apófisis clínoideas deben ser simétricas.

Cuando se sospecha una fractura de la base del cráneo, se debe realizar una proyección LA con el paciente en decúbito supino -haz de rayos X horizontal-, para visualizar el seno esfenoidal, que puede contener sangre o líquido cefalorraquídeo que pudieran pasar inadvertidos en la PA (por superposición de imágenes).

A causa de las dificultades técnicas y a la necesidad de obtener radiografías de calidad adecuada, es aconsejable evitar estas exploraciones con equipos portátiles.

El tamaño de película más utilizado es 24 x 30 cm², tanto en el adulto como en el niño.

En las exploraciones de adultos no suele ser frecuente la reducción del tamaño de campo de irradiación mediante colimación. En los niños se debe colimar el campo todo lo que sea posible, debido a que el citado tamaño de película rebasa ampliamente las dimensiones del cráneo.

Con relación a los mencionados órganos críticos regionales, de cara a la protección radiológica, el cristalino está incluido dentro del área radiográfica de interés, por lo tanto no se puede proteger directamente. Se puede tener en cuenta que la dosis que recibe es menor al realizar la proyección PA, por situarse más alejado del foco y llegar radiación más atenuada. El tiroides debe protegerse mediante un escudo plomado, ya que suele quedar muy próximo al límite inferior del campo y en ocasiones es irradiado parcialmente.

Las gónadas quedan bastante alejadas del campo de irradiación, por lo que no es necesaria su protección, sobre todo en adultos. Con el fin de obtener una sistemática uniforme de trabajo que incluya medidas de protección radiológica es recomendable, en RD pediátrico, la colocación de un guante plomado sobre la región pélvica.

En la tabla XXVIII se resumen y comparan los procedimientos de trabajo más destacables en el adulto y en el niño.

T A B L A X X V I I I

Comparación de los procedimientos de trabajo en exploraciones de cráneo en adultos y en niños*

ADULTO	NIÑO
Posiciones / Proyecciones básicas	
<ul style="list-style-type: none"> - Bipedestación, Sentado / PA, LA 	<ul style="list-style-type: none"> - Decúbito supino / AP, LA. Hasta los 3-4 años. - Decúbito prono, Bipedestación / PA, LA. <p>De elección, si existe colaboración incluso por debajo de los 3 años.</p>
Elementos de inmovilización	
<ul style="list-style-type: none"> - No suelen ser necesarios 	<ul style="list-style-type: none"> - Es habitual su empleo: sacos de arena, velcros, etc - Puede ser preciso que una persona tranquilice e inmovilice al niño
Tamaño de película y grado de colimación	
<ul style="list-style-type: none"> - 24 x 30 cm² <p>No suele ser frecuente la reducción del campo mediante colimación</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 24 x 30 cm². Es el más utilizado <p>Debe colimarse el campo todo lo que sea posible</p>
Colocación de protectores plomados en órganos críticos	
<ul style="list-style-type: none"> - Tiroides: es aconsejable - Gónadas: no es necesario 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiroides: es aconsejable - Gónadas: debe utilizarse siempre que sea posible, bastando con colocar un guante plomado sobre la región pélvica

* La posición en Bipedestación o sentado depende de las características del equipo radiográfico donde se practique el estudio, no estando condicionada por el tipo de paciente.

** Según las características del equipo radiográfico utilizado.

La TECNICA RADIOGRAFICA recomendada por la CE para pacientes adultos (CEC, 1987; 1989; 1990) en el "ejemplo de técnica radiográfica correcta" se detalla en la tabla XXIX.

T A B L A X X I X

Distancia foco-película	115 (100-150) cm
Tensión radiográfica	65-85 kVp
Control automático de la exposición	Se controla seleccionando la cámara central
Tiempo de exposición	< 200 ms en proyección PA/AP < 100 ms en proyección LA

5.2.2. CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE EXPLORACIONES DE CRANEO EN EL ADULTO

En las dos siguientes tablas, se exponen los requisitos diagnósticos recomendados por el grupo de expertos de la CE de las exploraciones de cráneo en adultos, así como la puntuación otorgada por los 20 radiólogos consultados.

T A B L A X X X

Resumen de los criterios de calidad de imagen en exploraciones de cráneo establecidos por la CE (1990) y la calificación asignada a cada uno por los radiólogos consultados

Proyección PA	
Criterios de imagen CE	Calificación (*)
- Reproducción simétrica del cráneo, las órbitas y los peñascos	3
- Proyección de las puntas de los peñascos en el centro de las órbitas	3 ó menos
- Reproducción nítida de los senos frontales, las caldas etmoidales, las puntas de los peñascos y los canales auditivos internos	3 ó menos
- Reproducción nítida de las tablas interna y externa de la bóveda craneal	2
Otros criterios de imagen sugeridos por los especialistas consultados	Calificación
- Visualización de la silla turca	2 ó más
Proyección LA	
Criterios de imagen CE	Calificación
- Reproducción nítida de las tablas interna y externa de la bóveda craneal, el suelo de la silla turca y las puntas de los peñascos	3 ó menos
- Superposición exacta de los contornos de la fosa anterior, las alas menores del esfenoides, las apófisis clinoides y los conductos auditivos externos	3 ó menos
- Reproducción nítida de los surcos vasculares y la estructura trabecular ósea	2 ó más
Otros criterios de imagen sugeridos por los especialistas consultados	Calificación
- Visualización de las suturas craneales, en los niños	3 ó menos
- Visualización del seno esfenoidal	3 ó menos

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

Como detalles de imagen en exploraciones de cráneo, la CE recomienda la visualización de objetos entre 0,3 y 0,5 mm para las dos proyecciones. No obstante, la calificación asignada por los radiólogos consultados es de 3 ó menos.

5.2.3. PROPUESTA DE CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE EXPLORACIONES DE CRANEO EN EL NIÑO

Para establecer criterios semejantes e interpretar adecuadamente los estudios radiográficos de cráneo de la población infantil, es indispensable conocer las DIFERENCIAS MORFOLOGICAS Y FISIOLÓGICAS respecto al adulto, así como su expresión radiológica. Las más representativas se relacionan con las siguientes estructuras:

1) Suturas. Son bandas de tejido conectivo situadas en los bordes de los huesos del cráneo. Permiten la adaptación de la bóveda ósea al crecimiento encefálico. La osificación de las suturas suele producirse durante el primer año de vida.

Los bordes de las suturas son acintados y no tienen interdigitaciones en el RN. Sin embargo, en los niños de más edad presentan interdigitaciones en la superficie de la tabla externa.

La manifestación radiológica de las suturas corresponde a líneas de menor densidad óptica que la zona central de los huesos planos.

2) Fontanelas. Son áreas amplias de tejido conectivo situadas en las uniones de más de dos huesos craneales. Las más notables son la anterior o bregmática y la posterior o lambdaídea.

La fontanela anterior se encuentra entre los dos huesos frontales y los dos parietales. Suele osificarse entre los 18 y los 24 meses de edad.

La fontanela posterior, más pequeña, situada entre los dos huesos parietales y el occipital, puede estar osificada o no en el RN. Si existe, suele cerrarse a los 3-6 meses de edad.

La palpación clínica de estas zonas es más importante que la visualización radiográfica, orienta sobre el grado de osificación del cráneo, signo importante para la detección precoz de alteraciones del desarrollo encefálico.

3) Senos paranasales. Son cavidades tapizadas por membranas mucosas, llenas de aire, localizadas en los huesos maxilares, etmoidal, esfenooidal y frontal. Pueden presentar variaciones importantes de tamaño y de aireación en función de la edad y la fisiología individual.

Las cavidades sinusales maxilares existen en el RN, pero no son visibles en las radiografías hasta los 2-3 meses de edad.

Las cavidades etmoidales también existen al nacer, sin embargo son mucho menores que las maxilares, por lo que no suelen verse en las radiografías hasta los 3-6 meses de edad.

Los senos maxilares y etmoidales suelen alcanzar el tamaño adulto a los 10-12 años.

Los senos esfenooidales presentan aireación visible entre el año y los 2 años y alcanzan el tamaño adulto a los 14 años.

La neumatización de los senos frontales comienza al año de edad, pero no suelen visualizarse como estructuras independientes hasta los 6 años de edad. Pueden observarse hipodesarrollados sin que tenga significación patológica.

En la tabla XXXI se resumen las diferencias anatómicas del niño y su expresión radiográfica.

T A B L A X X X I

Diferencias anatómicas y de expresión radiográfica del niño respecto al adulto y las edades aproximadas en las que se manifiestan.

ESTRUCTURA ANATOMICA	EIDADES APROXIMADAS A LAS QUE SE VISUALIZAN RADIOGRAFICAMENTE
Suturas	Hasta 1 año
Fontanelas: - Anterior - Posterior	Hasta 1,5-2 años Hasta 3-6 meses
Senos paranasales: - Maxilares - Etmoidales - Esfenoidales - Frontales	A partir de 2-3 meses A partir de 3-6 meses A partir de 1-2 años A partir de 6 años

Algunas de las diferencias anatómicas mencionadas entre el niño y el adulto condicionan distintas manifestaciones patológicas. Como ejemplo se pueden citar las consecuencias de los traumatismos craneales, que suelen ser más importantes en el niño desde el nacimiento hasta los 2 años de edad, periodo de mayor riesgo de daño intracraneal relacionado con la mayor elasticidad craneal, al no estar osificadas las suturas.

Estas características anatómicas y radiográficas facilitan la elaboración de criterios de calidad de imagen de las exploraciones pediátricas de cráneo. Se proponen los siguientes:

Proyección AP/PA

- 1) Realizada sin movimiento del paciente.

Como ya se ha citado debe ser considerado prioritario en

todos los estudios pediátricos.

2) Reproducción nítida y simétrica de la bóveda craneal completa:

- Tablas interna y externa.
- Suturas (sagital, coronaria, metópica, frontonasal y esfenofrontal), durante el primer año de vida.
- Senos frontales, a partir de los 6 años de edad.
- Surcos vasculares.

3) Reproducción nítida del macizo facial:

- Bordes orbitarios. Deben ser simétricos.
- Huesos maxilares.
- Senos maxilares y etmoidales, a partir de los 3-6 meses de edad.

4) Reproducción de la base del cráneo:

- Alas mayores y menores del esfenoides, deben observarse dentro de las órbitas.
- Las puntas de los peñascos deben proyectarse en el centro de las órbitas y ser simétricas.
- Los conductos auditivos internos.

Permiten identificar si la posición en la que se realiza esta proyección es correcta.

Proyección LA

- 1) Realizada sin movimiento del paciente.
- 2) Los ángulos mandibulares deben estar superpuestos.
- 3) Reproducción nítida de la bóveda craneal completa:
 - Tablas interna y externa.

- Suturas (coronaria, temporoescamosa y lambdaidea).
- Surcos vasculares.

4) Reproducción nítida de la base del cráneo:

- Techos de las órbitas superpuestos.
- Suelo de la silla turca.
- Apófisis clinoides, deben ser simétricas.

En la elaboración de estos criterios se ha tenido en cuenta la facilidad de identificación de las estructuras anatómicas citadas y la posibilidad de aplicación a las patologías más frecuentes.

En las tablas XXXII y XXXIII se resume la propuesta de criterios de calidad de imagen en exploraciones pediátricas en proyección AP/PA y LA respectivamente. Se presentan junto a los criterios de calidad de imagen establecidos en exploraciones de adultos por la CE (1990), a efectos de comparación. Para determinar la importancia de cada criterio, se muestra la calificación promedio asignada por los radiólogos consultados.

T A B L A X X X I I

Resumen de los criterios de calidad de imagen propuestos en exploraciones pediátricas de cráneo en proyección PA/AP. Comparación con criterios homólogos establecidos por la CE (1990) en exploraciones de adulto y la calificación asignada por radiólogos especializados en cada área.

Criterios de calidad de imagen en el niño	Calificación (*)	Criterios de calidad de imagen en el adulto	Calificación (*)
- Sin movimiento del paciente	3	...	...
- Reproducción nítida de la bóveda craneal completa:			
1) Tablas interna y externa	2	1) Idem	2
2) Suturas: hasta 1 año de edad	3	...	...
3) Senos frontales: a partir de los 6 años	1	...	...
4) Surcos vasculares	2	4) Idem	3 ó menos
- Reproducción nítida del macizo facial:			
1) Bordes orbitarios, deben ser simétricos	3	1) Idem	3
2) Huesos maxilares	2	...	...
3) Senos maxilares y etmoidales, a partir de 6 meses	1	3) Idem	3 ó menos
- Reproducción de la base del cráneo:			
1) Alas mayores y menores del esfenoides	2	...	...
2) Puntas de los peñascos, deben proyectarse en el centro de las órbitas y ser simétricas	3	2) Idem	3 ó menos
3) Conductos auditivos internos	2	3) Idem	3 ó menos

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

T A B L A X X X I I I

Propuesta de criterios de calidad de imagen en exploraciones pediátricas de cráneo en proyección LA. Comparación con criterios homólogos establecidos por la CE (1990) en exploraciones de adulto y la calificación asignada por radiólogos especializados en cada área.

Criterios de calidad de imagen en el niño	Calificación (*)	Criterios de calidad de imagen en el adulto	Calificación (*)
- Sin movimiento del paciente	3	...	...
- Superposición de los ángulos mandibulares	3	...	...
- Reproducción nítida de la bóveda craneal completa:			
1) Tablas interna y externa	3	1) Idem	3 ó menos
2) Suturas hasta 1 año de edad	3	...	...
3) Surcos vasculares	2	3) Idem	2 ó más
- Reproducción de la base del cráneo:			
1) Superposición del techo de las órbitas	3	...	...
2) Suelo de la silla turca	3	2) Idem	3 ó menos
3) Apófisis clinoides, deben ser simétricas	3	3) Idem	3 ó menos

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

5.3. EXPLORACIONES DE TORAX

La radiografía simple de tórax es el estudio que se practica con más frecuencia en la mayoría de los departamentos de diagnóstico por la imagen. Representa el 30-50 % de las exploraciones que se realizan en países desarrollados (OMS, 1983; UNSCEAR, 1988).

En ningún área de la Medicina conviene realizar radiografías de tórax de forma sistemática y especialmente a la población infantil. Esta afirmación se basa en el hecho de que las radiografías que se practican rutinariamente, sin una precisa indicación clínica, raras veces muestran una enfermedad no sospechada y, lo que es más importante, casi nunca modifican la decisión terapéutica (OMS, 1983). La legislación española (O.M. 24595 del 18 de octubre de 1989) suprime la realización de exploraciones radiológicas sistemáticas con carácter preventivo:

"Las exploraciones radiográficas serán unánimemente admisibles cuando estén médica o epidemiológicamente justificadas y no existan medios de diagnóstico alternativos que impliquen menor riesgo para la salud...".

Las indicaciones fundamentales que justifican la práctica de la radiografía de tórax están dirigidas a examinar las estructuras anatómicas siguientes:

1) Vías respiratorias inferiores:

- Tráquea.
- Arbol bronquial.
- Parénquima pulmonar.

2) Corazón y grandes vasos.

3) Pleura.

4) Esqueleto torácico.

- Clavículas.
- Costillas.
- Esternón.
- Columna dorsal.

5) Mediastino.

El estudio de cada una de estas estructuras anatómicas requiere la aplicación de proyecciones y técnicas radiográficas específicas, para obtener de la exploración la mayor información diagnóstica posible.

La edad del paciente, su estado físico y su grado de colaboración en el momento de realizar el estudio también condicionan el procedimiento de obtención de las imágenes.

A continuación se analiza el protocolo básico de estudio de las exploraciones de tórax, orientadas fundamentalmente al estudio del aparato cardiopulmonar, y se detallan las características específicas de los protocolos en el adulto y en el niño.

5.3.1. PROTOCOLO DE ESTUDIO EN EL RECIEN NACIDO

El término recién nacido (RN) hace referencia al periodo de vida que abarca desde el momento del nacimiento hasta el día 28.

Los procedimientos de estudio del RN difieren significativamente de los aplicados en el adulto y en los niños de más edad, entre otros motivos, debido a su frágil condición clínica y labilidad térmica.

La mayoría de las radiografías se realiza con EQUIPOS PORTATILES, ya que el neonato está en la incubadora en la Unidad

de Cuidados Intensivos.

Su fisiología respiratoria sufre importantes cambios cuando pasa de la dependencia placentaria a la pulmonar. La aireación completa de los pulmones se produce después de dos o tres ciclos respiratorios.

La dificultad respiratoria es la anomalía clínica más frecuente. La radiología desempeña una función decisiva en la exploración del neonato con "Distrés respiratorio". La historia clínica y el examen físico tienen menor importancia que en niños de mayor edad o en el adulto.

La primera vez que se efectúa el estudio radiográfico se practica un examen completo en el que se incluyen tórax y abdomen, aunque la patología que lo justifique sea específica de uno de ellos. La fisiología del RN hace necesaria su evaluación global, no pudiendo establecer compartimentos de forma tan estricta como en los niños de mayor edad.

Debe restringirse al máximo la frecuencia de estos exámenes, por lo cual los controles evolutivos deben incluir las regiones patológicas de forma más delimitada.

Las pautas generales que deben seguirse al practicar un estudio radiográfico con un equipo portátil en el RN son las siguientes:

- Una proyección AP con el niño en decúbito supino y, si es posible, en inspiración profunda.

La posición exacta del niño debe ser en decúbito supino con una inclinación craneocaudal de 5-10° (de la bandeja sobre la que descansa en la incubadora), de modo que la cabeza se encuentre más alta que los pies, con el fin de evitar que las clavículas se proyecten sobre los vértices pulmonares.

Debe colocarse una referencia visible para identificar los lados derecho e izquierdo en la radiografía. Este procedimiento permite descartar Situs Inversus (cambios congénitos de situación de los órganos). Esta alteración, importante en todos los estudios radiológicos, tiene especial interés en el RN para diagnosticar esta anomalía lo más precozmente posible.

- Una proyección LA sólo después de examinar la imagen el radiólogo pediátrico y si la considera necesaria.

La posición del niño y la dirección del haz de radiación en esta proyección dependen de la patología a descartar. Un ejemplo de prescripción de esta técnica es la sospecha de derrame pleural, que puede pasar inadvertido en la proyección AP.

Al realizar la exploración, se deben tener en cuenta las medidas de protección radiológica que se detallan a continuación.

El campo de irradiación debe colimarse tanto como sea posible en las dos proyecciones.

En ambas proyecciones se dejará la mayor distancia posible entre el foco y la película (90 cm como valor más habitual), que está determinada por las características del equipo,.

Si se utiliza el haz de radiación horizontal (en la proyección LA), el técnico que practica el estudio tiene que considerar el mayor riesgo de radiación para los niños que se encuentren en incubadoras contiguas, tomando las medidas oportunas.

El equipo con que se realiza la exploración debe ser capaz de suministrar la carga en el menor tiempo posible, a fin de evitar repeticiones por la aparición de penumbra cinética. Esta medida no es específica, obviamente, del radiodiagnóstico del RN,

ni tampoco de este tipo de examen.

Aunque las condiciones de trabajo no son tan planificadas como en las salas del servicio de radiología, se deben utilizar PROTECTORES PLOMADOS en gónadas. Pueden colocarse directamente en el niño, manteniéndolos con la adecuada limpieza, o bien sobre la cara superior de la incubadora.

Durante la exposición, el experto que realiza el estudio debe mantenerse lo más alejado posible y ponerse delantal plomado.

A continuación se resumen las características del protocolo básico de estudio y los procedimientos de trabajo que se deben seguir en las exploraciones de tórax de recién nacidos.

1. Situación clínica: comprometida por patología importante.
2. Equipo radiográfico portátil.
3. Distancia foco-película: la mayor posible (90 cm habitualmente).
4. Primer estudio: suele incluir tórax y abdomen.
5. Posición del paciente: Decúbito supino, con inclinación cráneo-caudal de 5-10°.
6. Proyección: AP.
LA, sólo si lo indica el radiólogo pediátrico.
7. Colimación máxima del campo irradiado al área de interés.
8. Colocación de protectores plomados en gónadas.
9. Tiempos de exposición lo más cortos posible, cualquiera que sea la carga seleccionada.
10. Identificación visible en la radiografía de los lados derecho e izquierdo.
11. El experto que realiza el estudio se alejará en lo posible del equipo y se colocará un delantal plomado.

5.3.2. PROTOCOLOS DE ESTUDIO EN ADULTOS Y EN NIÑOS (EXCEPTO EL RECIEN NACIDO)

La radiografía de tórax, en lo referente al aparato cardiopulmonar, es una imagen estática del corazón, de los grandes vasos y de los pulmones, que proporciona información fisiológica y anatómica importante.

El protocolo básico de estudio consta de una proyección posteroanterior (PA), anteroposterior (AP) en los niños y pacientes encamados o no colaboradores, y una proyección lateral (LA).

El campo de irradiación debe incluir la última vertebra cervical y la primera lumbar para la visualización completa de los vértices y las bases pulmonares.

En controles evolutivos de alteraciones conocidas y en los casos en los que no se prevé patología grave suele realizarse una sola proyección, PA o AP.

La proyección LA se efectúa, de forma habitual, con el costado izquierdo del tórax colocado junto al chasis, excepto si los síntomas y signos clínicos se localizan en el lado derecho.

Las indicaciones clínicas más específicas de esta proyección son la valoración de aumento del tamaño cardíaco, la patología mediastínica y la localización exacta de cualquier anomalía observada en la PA/AP.

La proyección LA tiene una importancia crítica para determinar las dimensiones del ventrículo derecho y la aurícula izquierda. Es frecuente que se realice administrando papilla de bario, para evidenciar la impronta de la aurícula en la pared esofágica con la que se encuentra en contacto directo.

Otras proyecciones específicas (lordóticas, oblicuas, etc) sólo se practican si el radiólogo responsable del estudio lo considera necesario, después de examinar las proyecciones PA/AP y LA.

La proyección oblicua es poco frecuente. Se emplea para localizar lesiones y evitar la superposición de estructuras.

Siempre que es posible se realiza la exploración en POSICION ORTOSTATICA, porque muchos trastornos intratorácicos (derrame pleural, neumotórax, cardiopatías, etc) son difíciles de valorar cuando la radiografía inicial se hace en decúbito.

En los niños que por su edad no se mantienen en bipedestación, es preciso utilizar dispositivos adecuados de sustentación. Si no pueden prestar la colaboración necesaria, se admiten los exámenes practicados en decúbito supino.

La posición de los brazos no debe interferir con la imagen en ningún caso. En los niños se colocan extendidos a lo largo de la cabeza, utilizando elementos de inmovilización si es preciso. En los adultos, en la proyección PA, los hombros empujan contra el tablero, los brazos se sitúan en abducción con los codos flexionados en rotación externa y los antebrazos y las manos se apoyan lateralmente a la altura del sacro. Esta actitud permite que las escápulas se visualicen fuera del parénquima pulmonar. En la proyección LA, los brazos permanecen elevados y los antebrazos y las manos descansan sobre la cabeza. Así se evita la imagen del húmero superpuesta a la del pulmón.

Debería practicarse el estudio en INSPIRACION MAXIMA, conteniendo la respiración, debido a que una inspiración insuficiente puede dar una imagen que conduzca a un diagnóstico falso positivo.

En los niños, es imprescindible controlar el ritmo respiratorio, examinando los movimientos torácicos en el instante

de realizar el disparo. También, es de especial importancia realizar las radiografías en posición ortostática, para la evaluación del aparato cardiovascular, por la posibilidad de que estudios practicados en decúbito supino enmascaren la densidad radiológica normal del parénquima pulmonar y el tamaño del corazón.

La radiografía espiratoria, en posición PA o AP con el paciente en espiración completa, se hace cuando se sospecha un neumotórax o un cuerpo extraño inhalado (relativamente frecuente en los niños) que no se visualizan en las radiografías iniciales.

El tamaño de película más habitualmente utilizado en el adulto es 35 x 43 cm². Suele coincidir con el tamaño del tórax, por lo que no es posible la reducción del tamaño de campo mediante colimación. Además, la mayoría de los equipos radiográficos, específicos para esta exploración, poseen un único tamaño de película y la colimación es automática. Por el contrario, en las exploraciones pediátricas el equipo no está dedicado con exclusividad al examen del tórax, por lo que el tamaño de película puede variar entre 18 x 24 cm² y 35 x 43 cm². Hasta los 5 años de edad, el tamaño que se utiliza con más frecuencia es el de 24 x 30 cm², siendo aconsejable la reducción del campo de irradiación siempre que sea posible por medio de los diafragmas.

El control de exposición es automático en la mayoría de los equipos dedicados a exploraciones del adulto. Sin embargo, los equipos disponibles en el área pediátrica poseen selección manual.

La distancia foco-película más habitual en los estudios del adulto es de 180 cm. En el niño varía, en función de las condiciones en las que se practique el examen, siendo las más frecuentes 180 cm, 150 cm y excepcionalmente 120 cm.

Los órganos críticos regionales que deben ser considerados al valorar los procedimientos de protección radiológica son tiroides y gónadas. El tiroides puede ser parcialmente irradiado por estar situado en el límite superior del campo de irradiación. Su protección puede ser aconsejable, pero en los niños puede dificultar la práctica del estudio. Las gónadas en las exploraciones del adulto quedan a una distancia considerable del área irradiada, por lo que no se considera necesaria su protección; en el niño deben protegerse siempre que sea posible, especialmente en las niñas, resultando práctico tomar como norma colocar un guante plomado sobre la región pélvica.

En la tabla XXXIV se resumen y comparan los procedimientos de trabajo más destacables del adulto y del niño.

T A B L A X X X I V

Comparación de los procedimientos de trabajo más habituales en exploraciones de tórax en adultos y en niños

ADULTO	NIÑO
Posiciones / Proyecciones básicas	
<ul style="list-style-type: none"> - Bipedestación / PA, LA 	<ul style="list-style-type: none"> - Ortostática con dispositivo de sustentación¹ / AP o PA, LA - Decúbito supino / AP, LA - Bipedestación / AP o PA; LA
Elementos de inmovilización	
<ul style="list-style-type: none"> - No suelen ser necesarios 	<ul style="list-style-type: none"> - Es habitual su empleo: sacos de arena, velcros, etc - Puede ser preciso que una persona tranquilice e inmovilice al niño
Tamaño de película y grado de colimación	
<ul style="list-style-type: none"> - 35 x 43 cm². Es el más frecuente - La mayoría de los equipos poseen colimación automática 	<ul style="list-style-type: none"> - Varía entre 18 x 24 cm² y 35 x 43 cm² - La colimación manual es lo más frecuente
Fase del ciclo respiratorio en la que debe hacerse el disparo	
<ul style="list-style-type: none"> - Inspiración máxima y conteniendo la respiración 	<ul style="list-style-type: none"> - Es imprescindible visualizar y evaluar el ritmo respiratorio durante el estudio, para ejecutar el disparo al final de la inspiración
Colocación de protectores plomados en órganos críticos	
<ul style="list-style-type: none"> - Tiroides: es aconsejable - Gónadas: no es necesario 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiroides: es aconsejable, aunque puede dificultar de forma significativa la práctica del estudio - Especialmente en ovarios: debe utilizarse siempre que sea posible, basta con colocar un guante plomado sobre la región pélvica

¹ Dependen de la edad y de la colaboración del niño.

Todos estos aspectos deben tenerse en cuenta por el explorador que practica el estudio para obtener la máxima información diagnóstica, evitar la repetición de exploraciones e impartir la menor dosis de radiación posible al paciente.

Respecto a la TECNICA RADIOGRAFICA que debe utilizarse, el grupo de expertos de la CE ha elaborado unas recomendaciones para el estudio del aparato cardiopulmonar de pacientes adultos. Están incluidas en el "ejemplo de técnica radiográfica correcta" del documento "Criterios de calidad de las imágenes en radiodiagnóstico" (CEC, 1987; 1989; 1990). Se detallan en la tabla XXXV.

T A B L A X X X V

Distancia foco-película	180 (140-200) cm
Tensión radiográfica	100-150 kVp
Control automático de la exposición	En la proyección PA se controla seleccionando las cámaras laterales En la proyección LA, la cámara central
Tiempo de exposición	< 20 ms en PA < 40 ms en LA

5.3.3. CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE LAS EXPLORACIONES DE TORAX EN EL ADULTO

Los requisitos diagnósticos de las exploraciones de tórax en el adulto se detallan en las dos tablas siguientes.

T A B L A X X X V I

Resumen de los criterios de calidad de imagen en exploraciones de tórax establecidos por la CE (1990) y la calificación asignada a cada uno por los radiólogos consultados

Proyección PA	
Criterios de imagen CE	Calificación
- Realización en inspiración máxima y conteniendo la respiración	3 ó menos
- Reproducción simétrica del tórax	3
- El borde medial de las escápulas debe quedar fuera de los campos pulmonares	2
- Reproducción de toda la caja torácica por encima del diafragma	3
- Reproducción del sistema vascular especialmente a nivel periférico	3
- Reproducción nítida de	.
a) la tráquea y los bronquios proximales, los bordes del corazón y la aorta	3
b) el diafragma y los ángulos costofrénicos	3
- Visualización de la zona retrocardíaca del pulmón y del mediastino	3
Otros criterios de imagen sugeridos por los especialistas consultados	Calificación
- Visualización del esqueleto del tórax	2 ó menos
Proyección LA	
Criterios de imagen CE	Calificación
- Realización en inspiración máxima y conteniendo la respiración	3 ó menos
- Los brazos deben elevarse por encima del tórax	3
- Reproducción nítida del borde posterior del corazón la aorta, el mediastino, la tráquea, el diafragma, el esternón y la columna dorsal	3 ó menos
Otros criterios de imagen sugeridos por los especialistas consultados	Calificación
- Centraje correcto	2 ó más
- Proyección tomada sin movimiento del paciente	3
- Proyección tomada sin movimiento del corazón (tiempo de exposición corto)	3

T A B L A X X X V I I

Detalles de imagen en exploraciones de tórax establecidos por la CE (1990) y la calificación asignada a cada uno por los radiólogos consultados

Detalles de imagen en las dos proyecciones	Tamaño mínimo	Calificación
- Pequeños nódulos en todo el pulmón incluyendo la zona retrocardiaca	alto contraste: = 0,7 mm de diámetro	3 ó menos
	bajo contraste: = 2 mm de diámetro	
- Estructuras lineales y reticulares en la periferia pulmonar	alto contraste: = 0,3 mm de ancho	2 ó más
	bajo contraste: = 2 mm de ancho	

5.3.4. PROPUESTA DE CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE EXPLORACIONES DE TORAX EN EL NIÑO

Las pautas generales de estos requisitos diagnósticos pueden ser el modelo a seguir para establecer otros homólogos en RD Pediátrico. Para alcanzar este objetivo es imprescindible tener en cuenta las DIFERENCIAS ANATOMICAS que existen en los niños y relacionarlas con su expresión radiológica. Se detallan a continuación las diferencias anatómicas más significativas en los niños y sus manifestaciones radiográficas (OMS, 1985).

- 1) El tórax óseo es proporcionalmente más ancho y las costillas tienen una disposición más transversal.

Desde el punto de vista radiográfico se traduce en que el tórax presenta forma trapezoidal de base amplia, que destaca frente a la rectangular del adulto (con mayor altura que anchura).

periférico durante los primeros meses de vida. Como consecuencia y a diferencia del adulto, el parénquima sólo se visualiza nítidamente en el tercio interno del pulmón.

A partir de estas características anatómicas y radiográficas se proponen criterios de calidad de imagen en RD pediátrico, para facilitar la valoración uniforme de las exploraciones de tórax realizadas en diferentes salas y centros de trabajo. Se plantean los criterios siguientes:

Proyección AP/PA

1) Realizada sin movimiento del paciente.

Este criterio es elemental, pero tiene gran importancia en todos los estudios pediátricos por ser la causa fundamental de repetición de exámenes. En relación con este requisito, ya se ha mencionado la conveniencia de disponer de generadores capaces de suministrar la carga precisa para obtener una imagen en los tiempos suficientemente cortos.

El movimiento del niño en el momento de efectuar el disparo se manifiesta por borrosidad de las cúpulas diafragmáticas y márgenes vasculares.

2) Reproducción simétrica.

Este criterio permite la evaluación correcta de las estructuras anatómicas, evitando falsas imágenes por posición inadecuada del paciente.

Se obtiene mediante el correcto centraje del campo de irradiación, aproximadamente a nivel del cuerpo de la cuarta vertebra dorsal. Sobre la piel se corresponde con el punto medio entre las dos mamilas, en proyección AP, y en PA debe estar equidistante de las escápulas.

En la radiografía debe existir la misma distancia desde el centro de los cuerpos vertebrales hasta los laterales de la caja torácica.

3) Reproducción completa de la caja torácica.

El campo de irradiación debe incluir los vértices y las bases pulmonares en su totalidad.

4) Realizada en inspiración máxima.

Su obtención requiere observar el ritmo respiratorio en el instante de efectuar el disparo, especialmente en los niños pequeños y en los no colaboradores.

En la radiografía se verifica comprobando si el diafragma está a nivel del sexto arco costal anterior.

Como ya se ha mencionado, la exploración practicada en inspiración máxima contribuye a eludir las interpretaciones erróneas por falsos aumentos de densidad.

5) Visualización de las escápulas fuera de los campos pulmonares.

Es preciso que los brazos se situen en extensión por encima del tórax o en abducción dependiendo de la edad del paciente.

) Reproducción de los vasos pulmonares desde el hilio hasta la periferia.

) Reproducción nítida del parénquima pulmonar, especialmente en el tercio interno del pulmón durante los primeros meses de vida.

) Reproducción de los hilios pulmonares.

) Reproducción del parénquima y de los vasos pulmonares a través de la opacidad cardiaca.

Su observación expresa la selección del grado de penetración adecuado (kVp).

10) Reproducción del mediastino, fundamentalmente de

- a) Vías aéreas: tráquea, carina y bronquios principales.
- b) Timo.
- c) Corazón y grandes vasos.

11) Visualización de la pleura, el diafragma y los ángulos costodiafragmáticos.

12) Visualización de los tejidos blandos (piel, tejido celular subcutáneo y músculo).

13) Visualización del esqueleto. Permite descartar deformidades del esternón que pueden simular anomalías de la silueta cardiaca y sugerir cardiopatías.

Proyección LA

Se comentan únicamente los criterios básicos que aportan información complementaria a la proyección AP/PA y que justifican su realización.

1) Realizada sin movimiento del paciente.

Se insiste en este requisito por la especial dificultad que presenta.

2) Correcto centraje.

El centraje se debe situar inmediatamente por debajo del hueco axilar.

3) Realizada en inspiración máxima.

- 4) Correcta colocación de las extremidades superiores.
Se deben colocar los brazos elevados por encima del tórax, de forma que el húmero no interfiera la imagen del pulmón.
- 5) Reproducción de la silueta cardiaca y grandes vasos.
- 6) Reproducción del patrón vascular y del parénquima pulmonar.
- 7) Visualización del diafragma y ángulos costodiafragmáticos.
- 8) Identificación del timo.
- 9) Localización de cualquier anomalía observada en la AP/PA.

Este criterio es una de las principales indicaciones que justifican la realización de la proyección LA.

- 10) Visualización de los tejidos blandos.
- 11) Visualización del esqueleto.

A la vista de estos criterios se ha propuesto a un grupo de radiólogos pediátricos que evalúen el grado de importancia de cada uno de ellos, siguiendo el sistema de coeficientes de ponderación de 0 a 3 puntos (expuesto en el apartado 5.1.), para estimar en qué medida contribuyen al diagnóstico.

En las tablas XXXVIII y XXXIX se resumen los criterios propuestos de calidad de imagen en exploraciones pediátricas en proyección AP/PA y LA respectivamente. Se comparan con los criterios de calidad de imagen establecidos en exploraciones de adultos por la CE (1990). Para determinar la importancia de cada criterio se presenta la calificación promedio que les asignan radiólogos dedicados específicamente al diagnóstico de niños o de adultos.

T A B L A X X X V I I I

Resumen de los criterios de calidad de imagen propuestos en exploraciones pediátricas de tórax en proyección PA/AP, criterios homólogos establecidos por la CE en exploraciones de adulto y calificaciones asignadas a cada uno por radiólogos especializados en las áreas respectivas.

Criterios de calidad de imagen en el niño	Calificación	Criterios de calidad de imagen en el adulto	Calificación
- Sin movimiento del paciente	2	...	...
- Reproducción simétrica	3	- Idem	3
- Reproducción completa de la caja torácica, incluyendo los vértices y las bases pulmonares	3	- Idem	3
- Inspiración máxima	2	- Idem y conteniendo la respiración	3 ó menos
- Escápulas fuera de los campos pulmonares	1	- Idem	2
- Reproducción del sistema vascular hasta la periferia	2	- Idem	3
- Reproducción nítida del parénquima pulmonar, especialmente en el tercio interno durante los primeros meses de vida	3	...	...
- Reproducción de los hilos pulmonares	2	...	...
- Reproducción del parénquima y de los vasos a través de la opacidad cardíaca	2 ó más	- Idem	3
- Reproducción del mediastino: a) tráquea, carina y bronquios principales b) timo c) corazón y grandes vasos	2	- Idem	3
- Visualización de la pleura, el diafragma y los ángulos costofrénicos	2	- Idem	3
- Visualización de los tejidos blandos	1	...	...
- Visualización del esqueleto	1	...	...

T A B L A X X X I X

Resumen de los criterios de calidad de imagen propuestos en exploraciones pediátricas de tórax en proyección LA, criterios homólogos establecidos por la CE en exploraciones de adulto y calificaciones asignadas a cada uno por radiólogos especializados en las áreas respectivas.

Criterios de calidad de imagen en el niño	Calificación (*)	Criterios de calidad de imagen en el adulto	Calificación (*)
- Sin movimiento del paciente	3	...	...
- Correcto contraje	3	...	...
- Reproducción completa de la caja torácica, incluyendo los vértices y las bases pulmonares	3	...	...
- Inspiración máxima	2	- Idem y conteniendo la respiración	3 ó menos
- Correcta colocación de las extremidades superiores	2	- Idem	3
- Reproducción del mediastino, la silueta cardíaca y los grandes vasos	3	- Idem	3 ó menos
- Reproducción del sistema vascular y el parénquima pulmonar	3	...	...
- Visualización del diafragma y ángulos costofrénicos	3	- Idem	3 ó menos
- Identificación del timo	2	...	...
- Localización de anomalías observadas en la AP/PA	3	- Idem	3
- Visualización de los tejidos blandos	1	...	...
- Visualización del esternón y la columna dorsal	2	- Idem	3 ó menos

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

5.4. EXPLORACIONES DE ABDOMEN

La frecuencia de la radiografía simple de abdomen en los países desarrollados, incluidos en el nivel I de asistencia sanitaria, es del 7 % de todos los estudios radiológicos (UNSCEAR, 1988).

Esta exploración, en algunos casos, permite por sí sola establecer el diagnóstico y en otros orienta acerca de cuáles deben ser las siguientes exploraciones a realizar para obtenerlo.

Las alteraciones fundamentales que pueden observarse en la radiografía simple de abdomen son modificaciones en el patrón aéreo, masas y calcificaciones.

Entre las indicaciones más importantes en el adulto, se encuentran las siguientes:

- Obstrucción del intestino.
- Perforación gástrica.
- Perforación intestinal.
- Litiasis renal.
- Litiasis biliar.

En el niño, las alteraciones que con más frecuencia justifican la realización de un estudio son:

- Dolor abdominal inespecífico.
- Ingestión de cuerpo extraño.
- Ausencia de evacuación de meconio en el recién nacido.
- Vómitos persistentes en el recién nacido.

5.4.1. PROTOCOLO DE ESTUDIO DE LAS EXPLORACIONES DE ABDOMEN

El protocolo que se analiza se emplea tanto en el adulto como en el niño. El recién nacido constituye una excepción, como ya se ha citado en el apartado 5.3. En este caso, es habitual que la primera exploración sea conjunta de tórax y abdomen.

Habitualmente se realiza una radiografía en decúbito supino y otra en bipedestación, ambas en proyección AP.

La primera se efectúa con el haz vertical y la segunda con el haz horizontal. Con los dos disparos se puede comprobar la existencia de anomalías que se modifiquen con el cambio postural, particularmente los niveles hidroaéreos. Ante la sospecha clínica de neumoperitoneo, expresión radiológica de la perforación intestinal, la segunda radiografía en bipedestación y proyección AP permite visualizar el gas situado entre la cúpula diafragmática y el hígado, y entre el diafragma y el fundus gástrico, que en decúbito supino podría pasar inadvertido. El neumoperitoneo es una urgencia quirúrgica.

En ocasiones, es necesario realizar una proyección LA en decúbito lateral izquierdo, con el haz de rayos X horizontal, en la que puede observarse el neumoperitoneo. El aire libre se sitúa entre el borde lateral del hígado y la pared abdominal. Con el paciente en decúbito supino el aire se dispone entre las asas intestinales y su demostración es más difícil.

Estas proyecciones también están indicadas para descartar la obstrucción intestinal. Es otra situación de alteración del patrón aéreo normal, en este caso intraluminal.

El neumoperitoneo y la obstrucción intestinal son las dos únicas situaciones clínicas en las que está indicado efectuar radiografías simples de abdomen con el haz de rayos X horizontal.

El campo de irradiación debe incluir 2 cm por encima de las cúpulas diafragmáticas, aproximadamente, y el borde inferior de la sínfisis del pubis.

El tamaño de película habitualmente utilizado en el adulto es de 35 x 43 cm². En el niño se emplean distintos tamaños en función de las dimensiones corporales, desde 18 x 24 cm² a 35 x 43 cm².

La colimación del campo de irradiación en el adulto no suele realizarse, ya que el tamaño del abdomen coincide con el tamaño de la película. En el niño, debe colimarse el campo de forma que el tamaño de imagen coincida con su tamaño corporal.

Respecto a la TECNICA RADIOGRAFICA que debe utilizarse, el grupo de expertos de la CE ha elaborado unas recomendaciones para las radiografías simples de abdomen previas a la inyección de contraste, en los estudios de tracto urinario en el adulto. Se detallan en la tabla XL.

T A B L A X L

Distancia foco-película	115 (100-150) cm
Tensión radiográfica	70-90 kVp
Control automático de la exposición	Se controla seleccionando la cámara central o las laterales
Tiempo de exposición	< 100 ms

Las medidas de protección radiológica que deben adoptarse según las recomendaciones de la CE son fundamentalmente la utilización de combinaciones hoja de refuerzo-película con clase de sensibilidad 400-800 y el uso de protectores gonadales. Se

deben emplear siempre protectores plomados en gónadas en pacientes varones. En el caso de las mujeres no siempre es posible, ya que pueden interferir la imagen diagnóstica, debiendo valorarse individualmente su aplicación.

Merece ser destacado un estudio que está afortunadamente en desuso, el "abdomen obstétrico". Antes del desarrollo de la ecografía abdominal, se utilizaron los estudios radiológicos para conocer la existencia de embarazos múltiples, la presentación fetal, anomalías de la posición fetal o de la placenta, la madurez fetal, anormalidades fetales, pelvimetrías de la madre, etc. Se ha demostrado el aumento del riesgo carcinogénico en los fetos que resultaron irradiados como consecuencia de estas exploraciones. Según algunos trabajos, los niños expuestos a la radiación antes del nacimiento pueden tener un riesgo cuatro veces superior a desarrollar cáncer que los niños no expuestos (Gilman, 1989; Morán, 1989).

En la tabla XLI se resumen los procedimientos de trabajo de las exploraciones de abdomen en el adulto y en el niño.

T A B L A X L I

Comparación de los procedimientos de trabajo en exploraciones de abdomen en adultos y en niños

ADULTO	NIÑO
Posiciones / Proyecciones básicas	
- Decúbito / AP y LA - Bipedestación / AP	- Decúbito / AP y LA - Bipedestación / AP
Elementos de inmovilización	
- No suelen ser necesarios	- Es habitual su empleo: sacos de arena, velcros, etc - Puede ser preciso que una persona tranquilice e inmovilice al niño
Tamaño de película y grado de colimación	
- 35 x 43 cm ² No suele ser frecuente la reducción del campo mediante colimación	- Desde 18 x 24 cm ² hasta 35 x 43 cm ² Debe colimarse el campo todo lo que sea posible
Colocación de protectores plomados en órganos críticos	
- Gónadas: siempre en los varones, a valorar en las mujeres	- Gónadas: siempre en los varones, a valorar en las mujeres

5.4.2. CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE EXPLORACIONES DE ABDOMEN EN EL ADULTO

Los criterios de calidad de imagen, propuestos por la Comisión de expertos de la CE para las exploraciones simples de abdomen, están referidos a la radiografía inicial de los estudios de aparato urinario. En ellos se hace referencia solamente a las estructuras dependientes del aparato urinario, por lo que se exponen en el capítulo dedicado a exploraciones "complejas".

5.4.3. PROPUESTA DE CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE EXPLORACIONES DE ABDOMEN EN EL NIÑO

En este trabajo se proponen criterios de calidad de imagen que tienen en cuenta las estructuras abdominales de interés diagnóstico. Debido a que no hay diferencias anatómicas importantes entre el abdomen del niño y el del adulto, pueden considerarse aplicables a ambos. Están calificadas expresamente para el niño por radiólogos pediátricos. En la tabla XLII se presentan frente a los criterios establecidos por la CE (1990) en exploraciones de adulto de tracto urinario antes de la administración del contraste. De estos últimos se citan sólo los similares.

T A B L A X L I I

Propuesta de criterios de calidad de imagen en exploraciones simples de abdomen en RD pediátrico, en proyección AP, criterios establecidos por la CE en exploraciones de adulto de tracto urinario antes de la administración del contraste y calificaciones asignadas a cada uno por radiólogos especializados en las áreas respectivas.

Criterios de calidad de imagen en el niño	Calificación (*)	Criterios de calidad de imagen en el adulto	Calificación (*)
- Sin movimiento del paciente	3	...	...
- Reproducción de la distribución del patrón aéreo intestinal	3	...	...
- Visualización de las líneas de los músculos psoas	2	- Idem	3 ó menos
- Visualización de la opacidad hepática	2	...	...
- Visualización del fundus gástrico	2	...	...
- Visualización de la opacidad del bazo	2	...	...
- Reproducción de las siluetas renales	1	- Idem	3 ó menos
- Reproducción de la vejiga urinaria	1	- Idem	3
- Reproducción del esqueleto, especialmente la columna lumbar y la pelvis	2	- Idem	2 ó más

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

5.5. EXPLORACIONES DE COLUMNA VERTEBRAL

El estudio radiológico de la columna vertebral se basa en la radiología convencional. Se debe a que otros métodos diagnósticos como la ecografía y la tomografía computarizada no pueden utilizarse en el examen de la patología ósea, la primera porque los ultrasonidos no penetran el hueso y la segunda porque tiene menor poder de resolución a nivel óseo que la radiología convencional.

La columna vertebral soporta el peso de la cabeza, tronco y extremidades superiores, al tiempo que facilita los amplios movimientos del tronco, protege a la médula espinal y sirve de soporte a la caja torácica.

El movimiento de la columna es máximo en la región lumbar, donde existen grupos musculares potentes para elevar el tronco desde la flexión.

En el adulto, la actitud típica que se adopta al levantar pesos somete a esta región a importantes tensiones musculares y ligamentosas. Provoca con frecuencia síntomas dolorosos, debidos a lesiones leves e inespecíficas, dando lugar en muchas ocasiones a la realización de exploraciones radiográficas de la columna.

La exploración se practica frecuentemente en individuos jóvenes, con exploración física dentro de la normalidad y en los que el estudio radiográfico, realizado durante el primer episodio de dolor lumbar tras un esfuerzo físico, no suele modificar la pauta terapéutica (Padley, 1990). Sin embargo son expuestos a dosis de radiación considerables (Maccia, 1988; Vañó, 1989).

Por otra parte, en el niño, la radiología convencional es el principal método de estudio de las deformidades de la columna vertebral: escoliosis, cifosis y lordosis. Facilita su diagnóstico etiológico y de localización y permite controlar la

respuesta a los procedimientos terapéuticos.

La escoliosis (desviación lateral de los cuerpos vertebrales en el plano frontal) es la deformidad más frecuente. Se acompaña de rotación y lordosis. Puede presentarse a cualquier edad, pero la más común se diagnostica alrededor de los 13 años. Es la denominada escoliosis del adolescente, predomina en el sexo femenino y suele ser de etiología desconocida.

Su evolución natural puede conducir a una deformidad progresiva. Los efectos tardíos de la escoliosis grave incluyen afección cardiopulmonar, disfunción neurológica, dolor de espalda y alteración estética, entre otros.

La corrección mecánica o quirúrgica exige la vigilancia periódica clínica y radiográfica de la columna completa. Los exámenes radiográficos permiten medir con precisión los ángulos de desviación de los cuerpos vertebrales.

Se analizan a continuación el protocolo de estudio de los exámenes de columna lumbar en el adulto y los de columna total en el niño (fundamentalmente a partir de los 8 años) por ser los que se practican con más frecuencia en estas épocas de la vida.

5.5.1. PROTOCOLO DE ESTUDIO DE LAS EXPLORACIONES DE COLUMNA LUMBAR EN EL ADULTO

La exploración radiológica de la columna lumbar en el paciente adulto representa el 3 % de todos los estudios radiológicos (UNSCEAR, 1988).

El protocolo más habitual de estudio incluye dos proyecciones, AP y LA.

En la proyección AP, el campo de irradiación debe incluir el cuerpo de la 12ª vértebra dorsal y la porción superior del

sacro. Los límites laterales permitirán visualizar las articulaciones sacroilíacas sin rebasarlas ampliamente. El paciente debe colocarse con las piernas extendidas y las puntas de los pies juntas.

En la proyección LA, se deben observar los cuerpos vertebrales completos. La situación de los límites laterales es más crítica en el momento de colimar el campo, porque hay que tener en cuenta la lordosis fisiológica de esta región. Por este motivo la luz de simulación debe rebasar la piel del paciente. Este se situará en decúbito lateral con las caderas y rodillas flexionadas.

Las proyecciones oblicuas se realizan con menos frecuencia y sólo deben practicarse si el radiólogo responsable del estudio lo considera oportuno. La indicación más típica es la localización exacta de lesiones que aparecen superpuestas a otras estructuras.

Es importante colimar el campo de irradiación a la zona anatómica de interés tanto como sea posible, por la proximidad que existe a las gónadas, especialmente a los ovarios. La exclusión ovárica del haz directo es el mejor procedimiento de protección, ya que la colocación de protectores plomados suele ser muy crítica por estar situados en los límites del área de interés diagnóstica. Su inclusión dentro del haz primario supone un aumento muy importante de la dosis gonadal.

El documento "Criterios de calidad de imagen en radiodiagnóstico" de la CE recomienda explícitamente: "deberán emplearse protectores gonadales en el caso de pacientes varones y, si es posible, en pacientes de sexo femenino."

El tamaño de película que se utiliza con más frecuencia es 35 x 43 cm², resultando un tamaño de imagen aproximado de 23 x 43 cm², como consecuencia de los procedimientos de actuación comentados.

El examen específico de la articulación lumbosacra se asocia con frecuencia a la exploración de la columna lumbar, cuando en las proyecciones iniciales no se visualiza adecuadamente. La proyección lateral de esta articulación es la que se realiza más habitualmente. El campo de irradiación debe ser muy reducido, incluyendo los cuerpos vertebrales completos de la quinta vértebra lumbar y la primera sacra. El tamaño de placa más empleado es 24 x 30 cm², siendo aconsejable la colimación del campo siempre que sea posible por las razones ya mencionadas.

Para el estudio de la unión lumbosacra se sitúa al paciente en la misma posición que se describió para la proyección LA de la exploración de columna lumbar. En la tabla XLIII se resumen estos procedimientos de trabajo.

T A B L A X L I I I

Procedimientos de trabajo de las exploraciones de columna lumbar y articulación lumbosacra del adulto

Posiciones / Proyecciones básicas
- Decúbito supino / AP
- Decúbito lateral / LA
Elementos de inmovilización
- No suelen ser necesarios
Tamaño de película y grado de colimación
- 35 x 43 cm ² Colimación manual: tamaño de imagen aproximado 23 x 43 cm ²
Colocación de protectores plomados en órganos críticos
- Gónadas: si es posible en las hembras siempre en los varones

La TECNICA RADIOGRAFICA recomendada por el grupo de expertos de la CE para el estudio de la columna lumbar de pacientes adultos se detalla en la siguiente tabla.

T A B L A X L I V

Distancia foco-película	115 (100-150) cm
Tensión radiográfica	70-90 kVp en proyección AP 90-110 kVp en proyección LA
Control automático de la exposición	Se controla seleccionando la cámara central
Tiempo de exposición	< 400 ms en PA < 1000 ms en LA

5.5.2. CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE LAS EXPLORACIONES DE COLUMNA LUMBAR Y UNION LUMBOSACRA EN EL ADULTO

Los requisitos diagnósticos recomendados por la CE en las exploraciones de columna lumbar en el adulto se resumen en las siguientes tablas.

T A B L A X L V

Resumen de los criterios de calidad de imagen en exploraciones de columna lumbar establecidos por la CE (1990) y la calificación asignada a cada uno por los radiólogos consultados

Proyección AP/PA	
Criterios de imagen CE	Calificación (*)
- Reproducción lineal de las superficies superior e inferior de los cuerpos vertebrales en el centro del campo y visualización de los espacios intervertebrales	3 ó menos
- Reproducción nítida de los pedículos	3 ó menos
- Visualización de las pequeñas articulaciones intervertebrales	2
- Reproducción de las apófisis espinosas y transversas	2
- Reproducción nítida de las estructuras trabeculares y corticales	3 ó menos
- Reproducción de los tejidos blandos adyacentes	3 ó menos
Proyección LA	
Criterios de imagen CE	Calificación
- Reproducción lineal de las superficies superior e inferior de los cuerpos vertebrales en el centro del campo y visualización de los espacios intervertebrales	3
- Superposición exacta de los extremos posteriores de las vértebras	3 ó menos
- Reproducción de los pedículos y de los agujeros de conjunción	3 ó menos
- Visualización de las pequeñas articulaciones intervertebrales	2
- Reproducción nítida de las estructuras trabeculares y corticales	3 ó menos
- Reproducción de los tejidos blandos adyacentes	2 ó menos
Proyección LA de la articulación lumbosacra	
- Reproducción por proyección tangencial de la cara inferior de L ₅ y de la cara superior de S ₁	3 ó menos
- Visualización del contorno anterior del sacro superior	3 ó menos
- Reproducción de las vértebras del sacro superior	2 ó menos
Otros criterios de imagen sugeridos por los especialistas consultados	Calificación
- Visualización del borde posterior del sacro	3

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

Los detalles de imagen en exploraciones de columna lumbar establecidos por la CE (1990) son la observación de estructuras de 0,5 mm en las dos proyecciones, y la calificación asignada por los radiólogos consultados es de 2 ó más.

5.5.3. PROTOCOLO DE ESTUDIO DE LAS EXPLORACIONES DE COLUMNA TOTAL EN EL NIÑO

El análisis de este protocolo -orientado al estudio de las escoliosis- es de particular trascendencia, ya que en estas exploraciones se exponen, en su totalidad, órganos especialmente sensibles a los rayos X, tales como tiroides, mamas, médula ósea y ovarios, en una etapa de alta actividad celular. Es importante aplicar métodos de trabajo que reduzcan la exposición a dichos órganos.

Algunos autores han destacado el aumento significativo de riesgo de cáncer de mama en mujeres con antecedentes de escoliosis sometidas a repetidos estudios radiológicos de columna total (Nash Jr, 1979; De Smet, 1981).

El protocolo de estudio incluye dos proyecciones, una AP y otra LA, en bipedestación.

El campo de irradiación debe incluir desde la base del cráneo hasta la sínfisis del pubis. No es habitual la colimación lateral del campo la primera vez que se practica el estudio, debido a que es importante la visualización de la pelvis completa. Su inclinación puede ser la manifestación de disimetría de los miembros inferiores, que secundariamente modifica la posición de la columna. Esta situación implicará una actitud terapéutica diferente. También, es esencial la valoración de las epifisis de las crestas ilíacas, debido a que su fusión es un signo temprano de maduración ósea, parámetro que contribuye a establecer el pronóstico de la progresión de la escoliosis (Laquía, 1987). Después de realizado el diagnóstico, las

radiografías de seguimiento debieran efectuarse colimando el campo de irradiación todo lo que sea posible.

El tamaño habitual de las películas es de 30 x 90 cm². Los chasis están equipados con filtros para compensar los distintos espesores corporales expuestos. Los estudios suelen practicarse directamente sobre el chasis, soportado por una mampara y sin sistema antidifusor.

Las dos proyecciones AP y LA permiten medir las desviaciones de la columna en sentido lateral y anteroposterior respectivamente. En los estudios de seguimiento puede ser suficiente con una sola proyección. La evaluación inicial del tratamiento ortopédico no quirúrgico suele asociarse a estudios radiográficos de cuatro disparos en bipedestación, AP y LA con y sin aparato corrector. La aplicación de este último proceder depende del criterio clínico.

Otras radiografías adicionales AP en decúbito supino, con máxima flexión lateral derecha e izquierda, pueden realizarse para estudiar el grado de estructuración de la deformidad y la flexibilidad de las curvas patológicas.

Es importante que la posición del paciente y las proyecciones sean fácilmente reproducibles, para efectuar con precisión las medidas de los ángulos de desviación y comparar las exploraciones a lo largo de la evolución.

No existen recomendaciones sobre la frecuencia con la que deben practicarse estos estudios. Algunos autores han propuesto dos estudios por año, pero siempre dependiendo de la situación clínica y de la edad del paciente (Aikenhead, 1989).

Desde el punto de vista de la protección radiológica, los métodos que pueden aplicarse para disminuir las dosis, obtener la adecuada calidad de imagen y mantener la capacidad diagnóstica son los siguientes:

- Preferencia de la proyección PA frente a la AP.
- Colimación del campo de irradiación.
- Rejilla antidifusora móvil.
- La mayor distancia posible foco-película.
- Empleo de protectores plomados en gónadas.
- Alto kilovoltaje.
- Empleo de chasis con filtros para compensar los distintos espesores corporales.
- Combinación rápida hoja de refuerzo-película.

La mayoría de los trabajos publicados coinciden en que el método más simple y eficaz que, por sí solo, permite disminuir las dosis en los órganos más radiosensibles, es la utilización de la proyección PA frente a la AP (Andersen, 1982; Fearon, 1988; Lescrève, 1989; Aikenhead, 1989). La proyección PA reduce la dosis en la piel de la mama en un 90-95 %. Presenta dos inconvenientes, que son debidos a que la dosis en médula ósea se incrementa (Gregg, 1977; De Smet, 1981) y a la distorsión geométrica que puede aparecer en la imagen. Sin embargo la relación riesgo/beneficio permanece a favor de la proyección PA, ya que la médula ósea es menos radiosensible que el tejido mamario, aproximadamente en un factor 1/6. Además, con esta proyección se consigue una reducción de dosis en tiroides y en ovarios, por encontrarse interpuestos la columna cervical y los huesos de la pelvis, respectivamente (Fearon, 1988).

En cuanto a la calidad de imagen, al estar los cuerpos vertebrales más alejados de la película en proyección PA, podrían magnificarse y presentar pérdida de calidad de imagen, dificultando las medidas de los ángulos de desviación. Sin embargo, De Smet realizó un estudio clínico en 1982 para evaluar las diferencias en las medidas de los ángulos en la proyección PA frente a la AP, concluyendo que la proyección PA no dificulta el diagnóstico ni la comparación de controles a lo largo del seguimiento, si se utiliza siempre idéntica sistemática de trabajo.

En general, la utilización de los protectores plomados en gónadas puede llegar a representar una disminución de la dosis en el varón de un 95 %, cuando se encuentran dentro del haz primario de radiación. En el sexo femenino la reducción es notablemente menor, aproximadamente del 50 %. El resto de la dosis en gónadas es debida a la dispersión interna de la radiación y no puede reducirse mediante los protectores (ICRP 34, 1982). Su empleo en esta exploración no interfiere la imagen diagnóstica, por lo que deben utilizarse siempre.

Debido a que el campo de irradiación es muy grande, en esta exploración existe una cantidad importante de radiación dispersa que contribuye negativamente a la formación de la imagen, disminuyendo su calidad y aumentando la dosis que se imparte al paciente. Los procedimientos que permiten reducir la radiación dispersa son la colimación del campo y el empleo de reja antidifusora.

La colimación debe efectuarse en todas las proyecciones tanto como sea posible. En la proyección LA, la colimación del campo en el plano anterior tiene especial repercusión sobre la dosis en mama, ya que ambas mamas quedarán fuera del campo. La exclusión mamaria es el mejor método de protección. Además, en esta proyección la dosis en tejido a la entrada puede llegar a ser el doble que en la proyección AP (De Smet, 1981).

La rejilla antidifusora, al situarse entre la película y el paciente, absorbe una parte de radiación primaria que obliga a aumentar la exposición. Es importante seleccionar la óptima relación de rejilla, que represente un compromiso entre la calidad de imagen y la exposición al paciente. Una alta relación de rejilla proporciona radiografías con mejores resolución y contraste, a costa de aumentar la dosis. En general, por debajo de 90 kVp la relación de rejilla más adecuada es 8:1 y para tensiones superiores a 90 kVp la mejor relación es 12:1 (Curry, 1984).

Se debe mantener la mayor distancia posible entre el foco y la película, idealmente de 3 m o incluso superior (Andersen Jr, 1982). En el estudio realizado por Aikenhead (1989) se afirma que el aumento de la distancia influye menos que los factores ya citados, desde el punto de vista de la protección radiológica.

La combinación rápida de hoja de refuerzo-película (clase de sensibilidad 400-800) proporciona adecuada información diagnóstica y suficiente detalle de imagen para la evaluación de la escoliosis, a la vez que permite disminuir la dosis de radiación en un 42 % (De Smet, 1981; Fearon, 1988; Lescrève, 1989). En los casos en que es necesario un mayor detalle de la estructura ósea pueden realizarse secundariamente radiografías localizadas.

Se deben utilizar chasis específicos a los que se incorporan filtros que compensan los distintos espesores corporales, mejorando la calidad de la imagen al facilitar la visualización de las regiones exploradas en toda su extensión.

En la tabla XLVI se resumen los procedimientos de trabajo examinados de las exploraciones de columna total en el niño.

T A B L A X L V I

Procedimientos de trabajo de las exploraciones de columna total en el niño

Posiciones / Proyecciones básicas
- Bipedestación / AP y LA con y sin aparato corrector
Elementos de inmovilización
- No suelen ser necesarios
Tamaño de película
- 30 x 90 cm ²
Colocación de protectores plomados en órganos críticos
- Gónadas: siempre, en hembras y en varones
Otros métodos de protección radiológica
- Preferible la proyección PA frente a la AP
- Colimación
- Rejilla antidifusora
- Chasis con filtros de compensación
- Combinación rápida hoja de refuerzo-película

5.5.4. PROPUESTA DE CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE EXPLORACIONES DE COLUMNA TOTAL EN EL NIÑO

En las tablas XLVII y XLVIII se proponen criterios de calidad de imagen en las dos proyecciones, dirigidos al estudio de las escoliosis, y se presenta la calificación que les otorgan los radiólogos pediátricos consultados

T A B L A X L V I I

Propuesta de criterios de calidad de imagen en exploraciones pediátricas de columna total en proyección AP/PA y calificación dada por los radiólogos pediátricos consultados.

Criterios de calidad de imagen en el niño	Calificación (*)
- Sin movimiento del paciente	3
- Reproducción de la columna y la pelvis, desde la base del cráneo hasta la sínfisis del pubis	3
- Reproducción nítida de los espacios intervertebrales	2
- Visualización de los arcos costales	1
- Visualización de la articulación coxofemoral	1
- Visualización de los tejidos blandos	1

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

T A B L A X L V I I I

Propuesta de criterios de calidad de imagen en exploraciones pediátricas de columna total en proyección LA y calificación otorgada por los radiólogos pediátricos consultados.

Criterios de calidad de imagen en el niño	Calificación (*)
- Sin movimiento del paciente	3
- Reproducción completa de la columna y la pelvis	2
- Reproducción nítida de los cuerpos vertebrales y las carillas articulares superior e inferior	2
- Reproducción nítida de las láminas y los agujeros de conjunción, especialmente a nivel lumbar	1
- Reproducción de los espacios intervertebrales	3
- Visualización de los tejidos blandos	1

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

5.6. EXPLORACIONES DE PELVIS

La pelvis es un anillo óseo formado por los coxales (ilíon, isquion y pubis) el sacro y el cóccix, interrumpido en las articulaciones sacroilíacas y la sínfisis del pubis. Estas articulaciones no poseen movimientos activos. Hacen del anillo pélvico una unidad elástica adecuada para soportar las presiones del tronco y las de las extremidades inferiores, con las que se articula.

Las exploraciones más comunes están dirigidas al diagnóstico de las alteraciones de las articulaciones sacroilíacas y coxofemorales. La patología más habitual en el adulto es de tipo inflamatorio (sacroileítis) y degenerativo (artrosis) y en el niño de carácter congénito (luxación congénita de cadera).

Es oportuno analizar los protocolos básicos de estudio por ser de las exploraciones "simples" que más contribuyen a aumentar la dosis genéticamente significativa, especialmente en el sexo femenino, ya que la protección de los ovarios no suele realizarse por interferir con las estructuras anatómicas de interés.

5.6.1. PROTOCOLO DE ESTUDIO DE LAS EXPLORACIONES DE PELVIS EN EL ADULTO

El protocolo inicial de estudio consta de una proyección AP, en posición neutra (15° de rotación interna de los pies).

El campo de irradiación debe incluir en su totalidad las crestas ilíacas y el isquion. El centrado se sitúa en línea media, equidistante entre la recta que une las espinas ilíacas anterosuperiores y el borde superior de la sínfisis del pubis.

Es importante la colocación simétrica del paciente, situando las espinas ilíacas anterosuperiores al mismo nivel.

La posición de los pies y el eje de la extremidad es un indicador de la relación entre la cabeza femoral y el acetábulo. Si los pies se sitúan en rotación externa, los cuellos femorales aparecen falsamente acortados.

Otras proyecciones específicas (laterales, oblicuas, etc.) son menos habituales. Se realizan si el radiólogo responsable lo considera necesario, para facilitar la localización de lesiones.

Desde el punto de vista de la protección radiológica, el documento de la CE recomienda la colocación de protectores gonadales en varones y, si es posible, en mujeres.

5.6.2. CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE EXPLORACIONES DE PELVIS EN EL ADULTO

Los requisitos diagnósticos recomendados por la CE en las exploraciones de pelvis en el adulto se indican en las siguientes tablas.

T A B L A X L I X

Resumen de los criterios de calidad de imagen en exploraciones de pelvis establecidos por la CE (1990) y la calificación asignada a cada uno por los radiólogos consultados

Proyección AP	
Criterios de imagen CE	Calificación (*)
- Reproducción simétrica de la pelvis	3
- Visualización del sacro y de sus agujeros intervertebrales	2
- Visualización de las ramas del pubis y del isquion	3
- Visualización de las articulaciones sacroilíacas	3
- Reproducción de los cuellos femorales, sin distorsión por falso acortamiento o rotación	3
- Reproducción de las zonas esponjosa y cortical y visualización de los trocánteres	3 ó menos
Otros criterios de imagen sugeridos por los especialistas consultados	Calificación
- Visualización de las articulaciones coxofemorales	3 ó menos

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

Los detalles de imagen en exploraciones de pelvis establecidos por la CE (1990) son la observación de estructuras de 0,5 mm. La calificación asignada por los radiólogos consultados es de 2.

Respecto a la TECNICA RADIOGRAFICA que debe utilizarse, el grupo de expertos de la CE ha elaborado unas recomendaciones para las exploraciones de pelvis en el adulto. Se detallan en la tabla L.

T A B L A L

Distancia foco-película	115 (100-150) cm
Tensión radiográfica	70-90 kVp
Control automático de la exposición	Se controla seleccionando la cámara central o las laterales
Tiempo de exposición	< 400 ms

5.6.3. PROTOCOLO DE ESTUDIO DE LA LUXACION CONGENITA DE CADERA EN EL NIÑO

La luxación congénita de cadera (LCC) es una de las alteraciones más frecuente en el neonato. El término de "luxación congénita" es muy discutido en la bibliografía, porque no refleja fielmente el carácter de la afectación. Se prefiere la palabra "displasia" aunque no sea una malformación congénita estricta, ya que puede aparecer "in utero" o un tiempo después del nacimiento. Se caracteriza por existir una disposición alterada de la cabeza femoral respecto al acetábulo. Su etiología no es bien conocida (Ganau, 1986).

Debe ser diagnosticada y tratada lo más precozmente posible para evitar el retraso del desarrollo de los centros de osificación. En la mayoría de los casos el tratamiento es sencillo y eficaz. Si permanece luxada crea un falso acetábulo y una cabeza femoral deformada, lo que puede dar lugar a una pseudoarticulación, una cadera malfunctionante y a artrosis secundarias tempranas en adultos jóvenes.

La LCC es de 5 a 8 veces más frecuente en las hembras que en los varones. Su incidencia en los partos de presentación de nalgas es 6 veces superior a los de presentación cefálica. Es

endémica en algunos países como Italia y Francia.

El examen de las caderas para descubrir la posible luxación debe formar parte de la evaluación clínica habitual inmediata al nacimiento. Si las maniobras diagnósticas son positivas, puede instaurarse el tratamiento sin efectuar exploraciones complementarias.

El estudio radiográfico del neonato no es seguro aunque clínicamente esté claro el diagnóstico, ya que es difícil valorar la articulación por estar formada por elementos cartilagosos, radiológicamente invisibles. Por ello se han establecido líneas y ángulos para estimar su posición relativa y decidir la actuación terapéutica adecuada.

Si es necesaria la confirmación diagnóstica, el primer método de estudio debe ser la ecografía. Permite la exploración funcional de la articulación, la medición de ángulos y, si es preciso, al no utilizar radiaciones ionizantes puede repetirse con mayor frecuencia. Es a partir del 3^a-4^a mes cuando las estructuras de la cadera están mejor osificadas y el diagnóstico radiológico comienza a tener fiabilidad.

El protocolo de estudio más común incluye una proyección AP, con 15° de rotación interna de los pies (posición neutra) y otra, también AP, con la cadera en abducción de 45°. En este caso la inmovilización del niño es crítica para valorar con exactitud la relación acetábulo-cabeza femoral.

El tamaño de película empleado en esta exploración es de 24 x 30 cm². Debe colimarse el campo de irradiación tanto como sea posible. Lo más habitual es que se realice manualmente.

Los protectores gonadales se utilizarán siempre en varones, ya que quedan a una distancia menor de 5 cm del límite inferior del campo (ICRF 34, 1982). En el sexo femenino, en el que la LCC tiene mayor incidencia, la colocación de los protectores plomados

es crítica, debido a que pequeñas variaciones en su posición pueden interferir con la zona a examinar, dando lugar a la repetición de la exploración. Personal experimentado puede conseguir la protección gonadal efectiva. Una sistemática de trabajo apropiada sería no utilizarlos la primera vez que se efectúa la exploración, empleándolos en controles posteriores.

T A B L A L I

Comparación de los procedimientos de trabajo más habituales en exploraciones de pelvis en adultos y en niños

ADULTO	NIÑO
Posiciones / Proyecciones básicas	
- AP, en posición neutra (15° de rotación interna de los pies)	- AP, con 15° de rotación interna de los pies (posición neutra) - AP, con la cadera en abducción de 45°
Elementos de inmovilización	
- No suelen ser necesarios	- Es habitual su empleo: sacos de arena, velcros, etc - Puede ser preciso que una persona tranquilice e inmovilice al niño
Tamaño de película y grado de colimación	
- 35 x 43 cm ² - La colimación no es habitual	- 24 x 30 cm ² - La colimación manual es lo más frecuente
Colocación de protectores plomados en órganos críticos	
- Gónadas: en varones y, si es posible, en mujeres	- Gónadas: en varones siempre, en hembras a partir de la segunda exploración

5.6.4. PROPUESTA DE CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE EXPLORACIONES DE PELVIS EN EL NIÑO

En la tabla LII se presentan unos criterios de calidad con su correspondiente calificación.

T A B L A L I I

Propuesta de criterios de calidad de imagen en exploraciones pediátricas de pelvis prescritas por luxación congénita de cadera y calificación otorgada por los radiólogos pediátricos consultados.

Crterios de calidad de imagen en el niño	Calificación (+)
- Sin movimiento del paciente	3
- Reproducción simétrica de la pelvis	3
- Reproducción nítida del acetábulo y de la cabeza femoral	3
- Reproducción del espacio articular	3
- Reproducción del agujero obturador	2 ó más
- Reproducción de la metafisis femoral	3
- Visualización del tercio proximal del fémur	2

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

6. Protocolos de estudio de las exploraciones complejas

6. PROTOCOLOS DE ESTUDIO DE LAS EXPLORACIONES COMPLEJAS

En este trabajo, planteado como un análisis comparativo de los protocolos de estudio y las dosis de radiación en radiodiagnóstico entre el adulto y el niño, tienen especial relieve las exploraciones "complejas", por ser las que presentan mayor variabilidad en cuanto al número total de disparos y número total de placas. Además, son las que aportan las dosis más elevadas a la población.

La comparación se ha centrado en los protocolos de estudio de las exploraciones de aparato urinario y aparato digestivo en el adulto y en el niño. Se analizan la urografía intravenosa, la cistouretrografía miccional y el tránsito esofagogastroduodenal. De esta forma se han seleccionado las exploraciones de frecuencia más elevada y riesgo importante.

Estas exploraciones proporcionan información anatómica y reflejan, en cierta medida, la función del órgano estudiado. Su realización exige adaptarse a la dinámica del aparato estudiado. Por esto es difícil establecer protocolos rígidos de trabajo.

La sistemática seguida en el análisis de los protocolos de estudio es similar a la empleada en las exploraciones "simples". Respecto a la técnica radiográfica y a los criterios de calidad de imagen para las exploraciones de aparato urinario del adulto, se toman como referencia las recomendaciones de la CE. En los documentos publicados hasta ahora por el grupo de expertos de la CE no se han incluido los estudios de aparato digestivo, a pesar de las importantes dosis de radiación que suponen las exploraciones del tracto gastrointestinal superior. La variabilidad de los procedimientos empleados en estos estudios dificulta sensiblemente la sistematización de la recogida de datos que permita comparar la calidad de imagen, la técnica radiográfica y la dosis de radiación. Abordar la sistematización de estas exploraciones es una de las prioridades del citado grupo de expertos.

En este capítulo se analizan los procedimientos más habituales. En el capítulo 4, se comparan las dosis entre el adulto y el niño, y dentro del radiodiagnóstico pediátrico, se comparan las dosis asociadas a diferentes sistemas de imagen. La elaboración de criterios de calidad de imagen en exploraciones "complejas" no se aborda en este trabajo. Se requiere una información más exhaustiva y que incluya mayor número de centros, en lo referente a la técnica radiográfica, proyecciones, tamaño del campo de irradiación, número de disparos, número total de placas y empleo de escopia, entre otros datos.

6.1. EXPLORACIONES DE APARATO URINARIO

Las técnicas radiológicas clásicas para el estudio del aparato urinario son las siguientes:

- Radiografía simple de abdomen.
- Estudios con medio de contraste yodado:
 - Intravascular:
 - Arteriografía-flebografía.
 - Endovenoso:
 - Urografía descendente.
 - Inyección directa en el sistema excretor:
 - Pielografía retrógrada.
 - Cistografía.
 - Uretrografía.

Las indicaciones clínicas varían en función de la edad y determinan los protocolos de estudio.

6.1.1. PROTOCOLO DE ESTUDIO DE LA UROGRAFIA INTRAVENOSA EN EL ADULTO

La urografía intravenosa (UIV) es el primer método de elección para el estudio radiológico del adulto que presenta síntomas de alteraciones de vías urinarias (Bertolez, 1986).

La UIV es una de las exploraciones sobre la que más se ha discutido la diversidad de procedimientos de obtención de las imágenes. De forma habitual, el protocolo básico de estudio practicado en el adulto supone la realización de un número total de disparos de 8 a 10, mientras que en el niño, el protocolo del centro en que se ha investigado incluye de 3 a 5 disparos, siendo los dos prototipos de examen válidos para emitir un diagnóstico.

El número de radiografías y proyecciones necesarias para emitir un diagnóstico con un alto nivel de seguridad está condicionado por factores como el nivel asistencial del centro, el tipo de pacientes y la experiencia del examinador, entre otros. En cualquier caso, el médico que solicita el examen debería conocer el tipo de protocolo empleado para poder inferir la fiabilidad diagnóstica.

A continuación se analizan los protocolos de estudio más frecuentes. Se realiza una revisión de los trabajos publicados en los que se discuten los procedimientos de trabajo, comparando su capacidad diagnóstica, y se plantean posibles disminuciones del número total de disparos en el protocolo inicial de estudio, reduciendo como consecuencia las dosis a la que se exponen los pacientes.

El protocolo genérico de estudio incluye las siguientes radiografías:

- Simple de abdomen. Su finalidad es verificar la adecuada limpieza del intestino y excluir calcificaciones del parénquima renal, que después de la inyección de contraste pueden pasar desapercibidas. También, facilita depurar la técnica radiográfica (kVp y mAs). Permite determinar la posición, tamaño y forma de las siluetas renales, los músculos psoas y la presencia de alteraciones abdominales con repercusión renal (masas, calcificaciones, etc.).

- Inmediatamente después de la administración de contraste, suelen efectuarse uno o dos cortes tomográficos de ambos riñones para obtener la máxima visualización del parénquima.
- A los 5, 10 y 15 minutos se practican radiografías para observar la función renal.
- Para estudiar con detalle el sistema colector se realiza una radiografía, previa compresión abdominal.
- Posteriormente, se efectúa otra radiografía que permita visualizar la totalidad de los trayectos ureterales.
- La exploración suele completarse con radiografías de la vejiga antes y después de la micción.

Todas se realizan en proyección AP. El número total de radiografías, que suele coincidir con el número de disparos, es de 9. Se ha incluido un corte tomográfico y no se han tenido en cuenta radiografías en proyecciones oblicuas, en decúbito prono, etc., por considerarlas complementarias al estudio estándar.

Las radiografías oblicuas son útiles para conocer la situación exacta de estructuras (calcificaciones, etc.), que pueden aparecer superpuestas a las siluetas renales, uréteres o vejiga.

Las radiografías en decúbito prono están indicadas cuando un uréter no es completamente visible en las proyecciones AP. En esta posición, los riñones se encuentran más altos que la vejiga, favoreciéndose el llenado del sistema colector.

Las radiografías en bipedestación permiten valorar, fundamentalmente, la ptosis renal y las obstrucciones ureterales.

Por último, las radiografías tardías (efectuadas de hora en

hora, hasta las 24 horas) se realizan en los casos de retraso en la eliminación del contraste por mal funcionamiento renal, para obtener la completa visualización de los sistemas colectores, que es la finalidad de la exploración.

Un aspecto importante del protocolo de estudio es la valoración de las dimensiones de la zona irradiada en cada exposición. Algunos protocolos se practican incluyendo el abdomen en su totalidad, con tamaños de campo que se corresponden con los de las películas, habitualmente de 35 x 43 cm². En otros utilizan placas de 24 x 30 cm², localizadas en el área de interés en cada momento de la exploración, evitando así la irradiación de grandes volúmenes corporales.

Respecto a la TECNICA RADIOGRAFICA que debe utilizarse, el grupo de expertos de la CE ha elaborado unas recomendaciones válidas para las radiografías que se realizan antes y después de la administración del contraste. Se detallan en la tabla LIII.

T A B L A L I I I

Distancia foco-película	115 (100-150) cm
Tensión radiográfica	70-90 kVp
Control automático de la exposición	Se controla seleccionando la cámara central o las laterales
Tiempo de exposición	< 100 ms

Una vez descrito el protocolo genérico de estudio, merece la pena destacar las principales conclusiones de los trabajos publicados que plantean disminuir el número total de disparos, sin pérdida de la capacidad diagnóstica de la exploración.

Hillman (1979) ha planteado la posibilidad de reducir el número inicial de radiografías a tres (fase nefrográfica, con compresión abdominal y postcompresión), cualquiera que sea el problema clínico. Analiza la efectividad diagnóstica de los estudios realizados con 1, 3 y 6 radiografías.

Dedica especial atención a valorar la sensibilidad (tanto por ciento de diagnósticos verdaderos positivos), la especificidad (tanto por ciento de diagnósticos verdaderos negativos) y la exactitud diagnóstica (definida como el número total de diagnósticos correctos frente al número total de pacientes).

El grado de confianza en la decisión diagnóstica lo otorga según una escala de 1 a 3 (1 = definitivo, 2 = probable, 3 = posible).

En su estudio, los diagnósticos definitivos de enfermedad fueron correctos en el 75 % de los casos con una sola radiografía, el 87 % con tres radiografías y el 84 % con seis radiografías.

Estima una disminución de costes de un 40 %, asumiendo que un alto número de pacientes requerirían una sola radiografía. Con esta misma pauta la reducción de la dosis en gónadas sería del 24 % en hombres y del 46 % en mujeres.

Hurst (1980) ha señalado que podría efectuarse el estudio con tres placas en grupos escogidos de pacientes.

Butler (1981) en una revisión realizada de 20.000 UIVs, propone la realización sistemática de tres radiografías: 1) simple de abdomen, 2) tomografía en fase nefrográfica y 3) a los 10 minutos, inmediatamente después de retirar la compresión. Otras radiografías adicionales se efectuarían después de valorar el radiólogo este examen. Basándose en "la alta sensibilidad y especificidad" dadas por Hillman y en "la expectativa de mayor

exactitud de la tomografía", afirma que:

- a) sería razonable asumir que más del 85 % de los pacientes podrían ser estudiados de esta forma.
- b) los costes disminuirían en un 10 % .
- c) se produciría una significativa reducción de las dosis en gónadas.

Göthlin (1986) estudia UIVs de 565 pacientes y como conclusión propone el siguiente protocolo, con un alto nivel de confianza diagnóstica:

- tomografía que incluya los dos riñones en 24 x 30 cm².
- abdomen en proyección AP en 35 x 43 cm².
- inmediatamente después de la inyección de contraste, una radiografía AP de ambos riñones en 24 x 30 cm².
- radiografía AP con compresión abdominal o tomografía, en 24 x 30 cm².
- radiografía inmediata postcompresión, en 35 x 43 cm².
- radiografía postmiccional de vejiga, en 24 x 30 cm².

Si el examen está supervisado por un radiólogo, las tomografías no son imprescindibles (en este estudio fueron innecesarias en el 35 % de los casos).

Las tomografías (realizadas antes de la inyección de contraste, inmediatamente después de la inyección o durante la compresión) son esenciales para detectar neoplasias renales.

Concluye afirmando que la reducción de los protocolos no pone en peligro la "alta exactitud diagnóstica", "sensibilidad" o "especificidad" de los estudios. La disminución de los costes es considerable, mientras que la

reducción de las dosis es menos importante. La reducción más importante de dosis en gónadas puede alcanzarse con la utilización de sistemas de imagen de tierras raras, sobre todo en el sexo femenino.

Dalla Palma (1989) realiza un estudio sobre 283 UIVs, con la intención de optimizar el protocolo de estudio e impartir la menor dosis de radiación posible.

En su revisión considera que, en la mayoría de los casos y con independencia de la indicación clínica, se realizan la radiografía simple de abdomen, 2 cortes tomográficos, radiografía a los 5-10 minutos de la inyección de contraste y, por último, una localizada de los riñones con compresión abdominal.

El documento "Criterios de calidad de imagen" (CEC, 1990) no hace mención al número de disparos en esta exploración. Sin embargo, se hace la observación de que, en caso de mala visualización renal por interposición de imágenes (gases, etc), puede ser útil la tomografía.

A la vista de estos trabajos, parece que el protocolo inicial de estudio podría incluir menor número de disparos de los que se realizan en la práctica. Para conseguir esta reducción en el número de exposiciones es imprescindible la presencia del radiólogo mientras se efectúa la exploración. Esto le permite tener en cuenta la indicación clínica, evaluar sobre la marcha las imágenes obtenidas y decidir cómo debe continuar la exploración. Así puede evitarse la realización de estudios siguiendo protocolos rígidos, que pretenden abarcar patologías diferentes. Este proceder exige una estrecha comunicación entre el médico que solicita la exploración y el radiólogo responsable de la misma, lo que contribuye a que el clínico tenga un mejor conocimiento de los procedimientos radiológicos.

Respecto al tamaño de campo irradiado pueden hacerse idénticas consideraciones.

La aplicación de este método depende, en cierta medida, de problemas de gestión ajenos al propio servicio.

La principal medida de protección radiológica es la utilización de combinaciones rápidas hoja de refuerzo-película (sensibilidad 400-800) (Göthlin, 1986; CEC, 1990). También deben emplearse protectores gonadales, siempre en varones, mientras que en mujeres se valorará en cada disparo.

6.1.2. CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN DE LA UROGRAFIA INTRAVENOSA EN EL ADULTO

Los requisitos diagnósticos, recomendados por la Comisión de expertos de la CE, en pacientes adultos y la puntuación otorgada por los 20 radiólogos consultados son los siguientes:

T A B L A L I V

Resumen de los criterios de calidad de imagen en urografías intravenosas en el adulto establecidos por la CE y la calificación asignada por los radiólogos consultados

Proyección AP	
Criterios de imagen CE	Calificación (*)
Antes de la administración del medio de contraste	
- Representación de todo el sistema urinario, desde el polo renal superior hasta la base de la vejiga	3
- Reproducción del contorno renal	3 ó menos
- Visualización de los músculos psoas	3 ó menos
- Reproducción nítida de los huesos	2 ó más
Después de la administración del medio de contraste	Calificación
- Aumento de la densidad del parénquima (fase nefrográfica)	3
- Reproducción nítida de los cálices y pelvis renal (fase pielográfica)	3
- Reproducción de la unión pelviureteral	3 ó menos
- Visualización del área atravesada normalmente por el uréter	2 ó más
- Reproducción de la vejiga completa	3 ó menos
Otros criterios de imagen sugeridos por los especialistas consultados	Calificación
- Visualización de la uretra en las fases pre y postmiccional	2 ó más

(*) De acuerdo a los coeficientes que se exponen en la página 117

Los detalles de imagen en urografías intravenosas establecidos por la CE (1990) son la observación de estructuras de 1 mm. La calificación asignada por los radiólogos consultados es de 2.

6.1.3. PROTOCOLO DE ESTUDIO DE LA UROGRAFIA INTRAVENOSA EN EL NIÑO

El primer método de estudio del aparato urinario en el niño es la ecografía, debido a su fiabilidad, inocuidad y bajo coste (Göthlin, 1987; Geitung, 1988; Bretland, 1988). Sin embargo, la UIV continúa siendo una exploración útil para demostrar la anatomía del aparato urinario. En los últimos años su frecuencia ha descendido significativamente.

Los principales problemas clínicos que justifican un estudio radiológico son las infecciones urinarias y las masas abdominales.

El protocolo básico de estudio de la UIV en el niño suele ser más reducido que en el adulto, debido a que la patología del tracto urinario no es tan extensa y a que la primera prueba a realizar es la ecografía. El protocolo aplicado durante la etapa experimental de esta Memoria incluye las siguientes radiografías:

- simple de abdomen. Su realización se justifica por idénticas razones a las comentadas para el adulto.
- después de la administración de contraste se realiza una radiografía AP centrada en los riñones, previa compresión abdominal, para visualizar su contorno durante la fase nefrográfica.
- cuando el contraste ha alcanzado la vejiga, que puede controlarse mediante la utilización intermitente de escopia, se practica otra radiografía AP que visualice el trayecto ureteral completo.

Durante todo el examen se utilizan tamaños de película de acuerdo a las dimensiones corporales del niño, debiéndose colimar el campo de irradiación al tamaño de la película.

Si las radiografías son válidas para emitir un diagnóstico, la exploración queda concluida.

En función del problema clínico, pueden añadirse otras radiografías en proyección PA o tardías. Son poco habituales las proyecciones oblicuas y las tomografías. Suelen omitirse las radiografías minutadas de forma tan reglada como se realizan en pacientes adultos.

Por tanto, el número total de radiografías que constituyen el estudio inicial de la UIV en el niño son 3.

La protección radiológica en el niño se basa en las mismas consideraciones que en el adulto. Tiene especial relevancia la utilización de combinaciones rápidas hoja de refuerzo-película (Ruiz, 1989).

En la tabla IV se resumen, a efectos de comparación, los procedimientos de trabajo más habituales del adulto y del niño.

T A B L A L V

Procedimientos de trabajo más habituales en UIVs en adultos y en niños

ADULTO	NIÑO
Posiciones / Proyecciones básicas	
- Decúbito supino / AP	- Decúbito supino / AP
Número de radiografías	
<ul style="list-style-type: none"> - Simple de abdomen - Una o dos tomografías (fase nefrográfica) - Tres radiografías minutadas (5, 10, 15 minutos) - Una con compresión abdominal - Una postcompresión abdominal - Una preiccional de la vejiga - Una posticcional de la vejiga <p style="text-align: center;">TOTAL: 9 A 10 DISPAROS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Simple de abdomen - Una con compresión abdominal - Una postcompresión abdominal <p style="text-align: center;">TOTAL: 3 DISPAROS</p>
Tamaño de película	
<ul style="list-style-type: none"> - 35 x 43 cm² - Son frecuentes radiografías localizadas de riñón o vejiga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Depende del tamaño corporal del niño - No son frecuentes radiografías localizadas
Métodos de protección radiológica recomendables	
<ul style="list-style-type: none"> - Colocación de protectores plomados: en varones siempre en mujeres si es posible - Combinaciones rápidas hoja de refuerzo-película 	<ul style="list-style-type: none"> - Colocación de protectores plomados: en varones siempre en mujeres si es posible - Combinaciones rápidas hoja de refuerzo-película

6.1.4. PROTOCOLOS DE ESTUDIO DE LA CISTOURETEROGRAFIA MICCIONAL

La cistoureterografía miccional (CUM) es la exploración del aparato urinario que con más frecuencia se realiza en la infancia, debido a la alta incidencia de infecciones urinarias de vías bajas y a los reflujos vesicoureterales. Estas afecciones pueden provocar daños irreversibles en el parénquima renal, si no se tratan adecuadamente.

En el adulto no se realizan cistografías miccionales. El estudio de la vejiga urinaria se efectúa habitualmente en las últimas fases de la UIV.

Se han controlado CUMs en dos centros. En ellos, el protocolo básico de estudio es distinto. El investigado en el centro I consta de las siguientes radiografías:

- simple de abdomen, excepto en el caso de que se hubiera practicado recientemente otro estudio de abdomen.
- después de la introducción de contraste por vía uretral, mediante sondaje y un sistema de goteo intravenoso, se va controlando a través de fluoroscopia intermitente el llenado progresivo de la vejiga, realizándose un disparo al llegar a la máxima repleción en proyección AP.
- dos disparos durante la micción en proyecciones oblicuas, anterior derecha y anterior izquierda, que se incluyen en la misma película.
- un disparo postmiccional en proyección AP.

En total se practican 5 disparos sobre 4 placas.

El campo irradiado suele incluir el abdomen completo, desde las cúpulas diafragmáticas hasta por debajo de la sínfisis del

pubis, en toda su anchura y longitud.

En este centro se utilizan sistemáticamente protectores gonadales en varones. En las niñas no es posible hacerlo, ya que interfieren en la zona de interés diagnóstico.

En el centro II, el protocolo básico de estudio consta de las siguientes radiografías:

- después de la introducción de contraste por vía uretral, mediante sondaje y un sistema de goteo intravenoso, se va controlando a través de fluoroscopia el llenado progresivo de la vejiga, realizándose un disparo al comienzo de la repleción en proyección AP.
- un disparo en máxima repleción, también en proyección AP.
- dos disparos miccionales en proyección oblicua anterior derecha y anterior izquierda.
- un disparo postmiccional.

En total se practican 5 disparos sobre 2 placas, ya que llega a realizarse seriación de hasta 4 disparos en una sola película.

El tamaño del campo irradiado es menor que en el centro I. Los límites superior e inferior coinciden con los del abdomen simple, los límites laterales, en cambio, coinciden prácticamente con los de la vejiga y los uréteres. Como consecuencia, el tamaño habitual de campo es de 10 cm de ancho. Además, no suele hacerse la radiografía de abdomen previa a la administración del contraste.

Pese a la apariencia conservadora del centro II, respecto del centro I, al comparar los respectivos protocolos, debe enfatizarse que las dosis en el centro II pueden resultar incluso

muy superiores, debido tanto al uso más intensivo de la escopía para controlar el llenado de la vejiga, como a la no protección de la región gonadal, en el caso de los varones.

La tabla LVI muestra los dos protocolos de estudio.

T A B L A L V I

Procedimientos de trabajo de cistouretrografías miccionales en los centros I y II

CENTRO I	CENTRO I I
Posiciones / Proyecciones básicas	
- Decúbito supino / AP	- Decúbito supino / AP
Número de radiografías	
- Simple de abdomen - Una en máxima repleción - Dos durante la micción - Una postmiccional TOTAL: 5 DISPAROS 4 PELICULAS	- Una durante el llenado - Una en máxima repleción - Dos durante la micción - Una postmiccional TOTAL: 5 DISPAROS 2 PELICULAS
Tamaño de campo irradiado	
- Abdomen completo	- Restringido a la anchura de la vejiga
Métodos de protección radiológica	
- Colocación de protectores plomados: en varones siempre en niñas no es posible	- Colocación de protectores plomados: no es habitual

6.2. EXPLORACIONES DE APARATO DIGESTIVO

Las exploraciones radiológicas de aparato digestivo representan, en los países incluidos en el nivel I de atención sanitaria, un 9 % del total (UNSCEAR, 1988). Las que se efectúan con más frecuencia son las que incluyen la parte superior del mismo, es decir esófago, estómago y duodeno.

Estos estudios se practican previa ingesta de papilla de sulfato de bario y se extienden desde la orofaringe hasta el ligamento de Treitz (brida fibromuscular que se extiende desde el diafragma al punto de unión del duodeno con el yeyuno).

Existe una cierta confusión terminológica en cuanto a la denominación de estas exploraciones. Las que se utilizan habitualmente son:

- tránsito esofagogastroduodenal (EGD).
- tránsito gastroduodenal (GDD).
- tránsito gastrointestinal superior (GIS).

Los tres términos se consideran válidos. El primero, EGD, es el que mejor expresa la extensión del examen, por ello es el que se emplea en este trabajo.

Las indicaciones clínicas que con más frecuencia justifican la práctica de este examen son, en el niño, vómitos y dolor abdominal persistentes; en el adulto, pirosis y dolor abdominal supraumbilical que no ceden con tratamiento sencillo. Los síntomas que motivan su prescripción son inespecíficos. Es muy importante realizar una historia clínica y exploración física meticolosas para justificar y orientar el procedimiento diagnóstico, permitiendo obtener de él la máxima información. En ocasiones, la clínica puede ser la manifestación de alteraciones de otros aparatos.

Esta exploración no es sencilla, ya que presenta una gran variabilidad, el examen debe adaptarse a las condiciones clínicas de cada paciente y requiere considerable experiencia por parte del explorador.

Se realiza bajo control fluoroscópico. Es un estudio dinámico en el que es preciso distinguir imágenes de anomalías permanentes, como las estenosis, de otras similares, fisiológicas y transitorias, como las producidas por las ondas peristálticas. Además de visualizar en el monitor la presencia o no de patología, es necesario obtener, si es posible, una imagen permanente mediante los disparos en grafía.

6.2.1. PROTOCOLOS DE ESTUDIO EN EL ADULTO DE LAS EXPLORACIONES ESOFAGOGASTRODUODENALES

La realización de un estudio EGD supone la evaluación de la anatomía y fisiología esofágica, gástrica y duodenal.

El ESOFAGO es una estructura tubular. Su origen se encuentra por delante de la sexta vértebra cervical y termina en el cardias a la altura de la undécima vértebra dorsal. El examen radiológico es difícil, porque su peristaltismo es muy rápido.

El ESTOMAGO es una estructura musculomembranosa, que puede presentar formas muy variables según su grado de contracción. Anatómicamente se divide en cuatro partes: el fundus, el cuerpo, el antro y la región pilórica. Se visualiza entre la undécima vértebra dorsal y la cuarta lumbar.

El DUODENO, primera porción del intestino delgado, está anatómicamente dividido en tres partes: el bulbo (situado a la altura de la segunda vértebra lumbar), la región descendente (que llega a nivel del borde superior de

la cuarta vértebra lumbar) y la región horizontal (que asciende por la izquierda de la columna hasta la primera vértebra lumbar) donde se forma la flexura duodenoyeyunal sustentada por el ligamento de Treitz.

El protocolo más extendido es el denominado "estudio convencional", dirigido al diagnóstico de lesiones "que" se observan mejor con las paredes en máxima repleción, particularmente alteraciones de la motilidad, compresiones extrínsecas y obstrucciones.

El estudio ha de realizarse rápidamente, a medida que la papilla de bario progresa, dando instrucciones al paciente para que modifique de forma progresiva su posición sobre la mesa (decúbito supino, oblicua, decúbito prono) al tiempo que se van visualizando las imágenes mediante fluoroscopia y grafando las más demostrativas del examen. Consta de las siguientes imágenes:

- de modo habitual se practican 3 disparos seriados, en proyecciones oblicua anterior y oblicua posterior, centrados en los tercios proximal, medio y distal del esófago. Deben valorarse la deglución, el peristaltismo, los contornos y la posición del esófago. El tamaño de imagen en cada disparo incluye el esófago en toda su extensión. Se suelen realizar sobre una película de 30 x 40 cm².

- dos o tres disparos, en idénticas proyecciones que en esófago, para valorar la unión esofagogástrica, la presencia o ausencia de reflujo gastroesofágico y el fundus gástrico. Suelen realizarse sobre una película de 24 x 30 cm².

- dos disparos para visualizar los pliegues gástricos. Son también proyecciones oblicuas sobre una película de 24 x 30 cm².

- seis disparos sobre antro, región pilórica y bulbo duodenal, tres de ellos para visualizar los pliegues de la mucosa (técnica de Hampton), el resto para valorar la morfología del píloro y bulbo duodenal. Se practican sobre dos placas de 24 x 30 cm². La obtención de las imágenes va dirigida a visualizar lesiones que suelen afectar de forma selectiva estas áreas.

- de dos a cuatro disparos para visualizar en conjunto la unión esofagogástrica, el estómago y el tercio proximal del duodeno. Se denominan "conjuntos" e incluyen una zona anatómica más amplia, obteniendo imágenes globales para evitar que alteraciones extensas pudieran pasar desapercibidas. Las proyecciones pueden ser AP, PA o LA. Cada "conjunto" se realiza sobre una película que puede ser de 24 x 30 cm² o de 30 x 40 cm².

Por tanto, se practican entre 15 y 18 disparos sobre un número de placas entre 7 y 9.

En un EGD completo se debe examinar cada segmento en distensión parcial para visualizar la mucosa, y en distensión completa para evaluar el contorno de la pared y los defectos de repleción.

Otro protocolo que por su importancia merece citarse es la técnica de "doble contraste". Permite observar cada segmento en máxima repleción valorando su motilidad y distensión, y con mayor detalle las lesiones superficiales que afectan a la mucosa, fundamentalmente esofagitis, gastritis, pequeñas úlceras, carcinomas en las primeras etapas de crecimiento invasivo, etc. Este estudio minucioso de las mucosas supone la realización de un mayor número de exposiciones.

Esta técnica fue desarrollada en Japón, con el fin de alcanzar diagnósticos tempranos del cáncer gástrico, debido a la alta incidencia del mismo en este país. Según algunos autores hay

una buena correlación entre los diagnósticos efectuados con endoscopia y los realizados con esta técnica (Gelfand, 1981).

Se realiza con tabletas productoras de gas y con papilla de bario de especial adherencia a la mucosa. Algunas de las diferencias que presenta respecto a la técnica del estudio "convencional" son las siguientes:

- se realizan tres disparos más sobre esófago.
- se realizan dos disparos más sobre antro, píloro y bulbo duodenal.

Esto supone un total de 20 a 23 disparos sobre 9 a 11 películas.

Como ya se ha indicado, la sintomatología que justifica la realización de estos dos extensos protocolos es muy inespecífica. Por consiguiente, la principal medida de protección radiológica debe ser, más que en cualquier otro estudio, la correcta prescripción de la exploración, siempre basada en una completa anamnesis previa.

Es fundamental una buena comunicación entre el clínico que solicita la exploración y el radiólogo que la efectúa. Al conocer éste la sospecha diagnóstica y a la vista de cómo progresa el estudio, podrá tomar las decisiones oportunas para obtener el máximo rendimiento diagnóstico con la menor exposición posible.

Medidas específicas de protección radiológica son la utilización de combinaciones rápidas hojas de refuerzo-película y el uso intermitente de la escopia.

El empleo de protectores gonadales es menos crítico que en otros estudios, por estar el haz primario de radiación alejado de las gónadas (distancia superior a 5 cm) (ICRP 34, 1982).

6.2.2. PROTOCOLOS DE EXPLORACIONES ESOFAGOGASTRODUODENALES EN EL NIÑO

Seguidamente se analizan los protocolos de estudio de los dos centros en los que se han controlado las exploraciones.

Centro I

- es frecuente que la exploración se inicie con una radiografía simple de abdomen, en decúbito supino y proyección AP, antes de administrar el contraste.
- se administra la papilla de sulfato de bario, estando el niño en la mesa de exploración.
- suelen efectuarse 2 disparos seriados para visualizar el esófago, uno en proyección AP y otro en LA. El tamaño de campo se ajusta a las dimensiones esofágicas.
- se practica un disparo en proyección oblicua posterior izquierda (OPI) y otro en AP para evaluar el estómago y el bulbo duodenal, realizados en la misma película.
- un disparo en proyección AP, incluyendo en el campo de irradiación el estómago, la unión esofagogástrica y las primeras asas duodenales. Es importante la exacta localización de la unión duodenoyeyunal para descartar una posible malrotación.
- mediante fluoroscopia, se examina la unión esofagogástrica, comprobando la existencia o no de reflujo gastroesofágico. Es la primera alteración causante de vómitos en niños menores de 5 años.

En total, como protocolo básico, se realizan 6 disparos sobre 4 placas. Otros disparos adicionales (2 ó 3) pueden



realizarse en función de los resultados que se van obteniendo, y sólo si el radiólogo responsable lo considera indicado. Se utiliza la escopia de manera intermitente, evaluando con detalle cada estructura. Como protector gonadal, sistemáticamente se coloca un guante plomado sobre la región pélvica en las niñas y sobre los testículos en los niños.

Centro II

Se lleva a cabo la siguiente pauta:

- la administración de la papilla comienza aproximadamente entre 10 y 15 minutos antes de entrar a la sala de exploración.

- dos disparos en proyección AP o en oblicua anterior cuando el contraste atraviesa el esófago.

- dos disparos sobre unión esofagogástrica y cuerpo gástrico, en proyecciones oblicua anterior derecha y oblicua anterior izquierda.

- un disparo para cuerpo gástrico y tercio proximal de duodeno, en proyección oblicua posterior izquierda.

- comprobación mediante fluoroscopia de la existencia o no de reflujo gastroesofágico.

En este centro se realizan en total 5 disparos seriados sobre 2 películas. El campo de irradiación suele incluir en todos los disparos el tórax y el abdomen simultáneamente. El protocolo va muy dirigido por la información previa.

Por simple inspección de la tabla XIX se observa que los valores del producto dosis x área son sistemáticamente superiores en el centro II que en el centro I, debido a la utilización de la fluoroscopia con corrientes elevadas (aunque durante

intervalos de tiempo cortos, comparativamente) en los estudios controlados. No obstante, dada la más estricta colimación de campos practicada, las dosis integrales promedio podrían ser menores en el citado centro II.

En la tabla LVII se muestran los dos protocolos de estudio.

T A B L A L V I I

Procedimientos de trabajo en exploraciones
esofagoduodenales en los centros I y II

CENTRO I	CENTRO II
Posiciones / Proyecciones básicas	
- Decúbito supino / AP, DAD, OAI - Decúbito lateral / LA, OPD, OPI	- Decúbito supino / AP, DAD, OAI - Decúbito lateral / LA, OPD, OPI
Número de radiografías	
- Simple de abdomen - Dos disparos para visualizar esófago - Dos disparos para estómago y bulbo duodenal - Un conjunto TOTAL: 6 DISPAROS 4 PELICULAS	- Dos disparos para esófago - Dos para unión esofagogástrica y cuerpo gástrico - Un disparo para cuerpo gástrico y tercio proximal de duodeno TOTAL: 5 DISPAROS 2 PELICULAS
Tamaño de campo irradiado	
- Restringido a la estructura de interés	- Tórax y abdomen en todos los disparos
Métodos de protección radiológica /	
- Colocación de protectores plomados: siempre	- Colocación de protectores plomados: no es habitual

En la tabla LVIII se resumen, a efectos de comparación, los procedimientos de trabajo más usuales del adulto y del niño.

T A B L A L V I I I

Procedimientos de trabajo más habituales en exploraciones esofagogastroduodenales en adultos y en niños

ADULTO	NIÑO
Posiciones / Proyecciones básicas	
<ul style="list-style-type: none"> - Decúbito supino / AP, OAI, OAD - Decúbito lateral / LA - Decúbito prono / PA, OPI, OPD 	<ul style="list-style-type: none"> - Decúbito supino / AP, OAI, OAD - Decúbito lateral / LA
Número de radiografías	
<ul style="list-style-type: none"> - Tres disparos en esófago - Dos o tres disparos para unión esofagagástrica y fundus gástrico - Dos disparos en cuerpo gástrico - Seis disparos sobre antro-píloro-bulbo - Dos a cuatro conjuntos <p style="text-align: center;">TOTAL: 15 A 18 DISPAROS 7 A 9 PELICULAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Simple de abdomen - Dos para esófago - Dos o tres disparos para unión esofagagástrica, cuerpo gástrico y bulbo <p style="text-align: center;">TOTAL: 5 A 6 DISPAROS 2 A 4 PELICULAS</p>
Tamaño de campo irradiado	
<ul style="list-style-type: none"> - Restringido a la estructura de interés 	<ul style="list-style-type: none"> - Depende del centro
Métodos de protección radiológica recomendables	
<ul style="list-style-type: none"> - Colocación de protectores plomados: no es necesaria 	<ul style="list-style-type: none"> - Colocación de protectores plomados: debe hacerse siempre

7. Repercusión de los programas de garantía y control de calidad en radiodiagnóstico

7. REPERCUSION DE LOS PROGRAMAS DE GARANTIA Y CONTROL DE CALIDAD EN RADIOLOGIA

El protocolo de control de calidad seguido es el puesto en práctica por la Cátedra de Física Médica de la U.C.M. desde el año 1987 (Guibalalde, 1989). En él se incluyen todos los elementos de la cadena de formación de la imagen, almacén de películas, cuarto oscuro, procesadora, conjunto generador-tubo, chasis, hoja de refuerzo, películas y negatoscopios. En este capítulo se indican los protocolos de control del conjunto generador-tubo, de la procesadora y del cuarto oscuro (Ortiz, 1989; Llorca, 1989; Llorca, 1991). Se detallan los resultados correspondientes a las salas de radiodiagnóstico pediátrico de los centros I y II.

En algunos casos, en función de los resultados de los controles, se han propuesto modificaciones en los equipos, reevaluándose posteriormente la dosimetría a pacientes en esas salas.

7.1. PROTOCOLO Y RESULTADOS DE CONTROL DE CALIDAD

- GENERADORES Y TUBOS

La imagen en radiología debe tener la calidad apropiada para permitir el diagnóstico, con la menor exposición posible al paciente. Para ello es preciso que el haz de radiación tenga la calidad y cantidad adecuada de fotones y que, a igualdad de técnica radiográfica seleccionada (kVp y mAs), los haces sean similares.

Para el control de calidad de los conjuntos generador-tubo se ha empleado un equipo DIGI-X de Scanflex-Medical. El equipo va conectado a un ordenador portátil con el programa "RTIQA" específicamente diseñado. Con este equipo las medidas que se realizan son de tipo no invasivo. Los parámetros verificados son:

- precisión en la selección de kVp: se miden las discrepancias entre el kilovoltaje pico seleccionado y el medido.
- linealidad de la dosis en función del miliamperaje.
- precisión de tiempos de exposición: se mide la mayor o menor discrepancia del tiempo seleccionado con el obtenido.
- reproducibilidad: se evalúan las posibles fluctuaciones de kVp, tiempo y dosis, realizando varias exposiciones con la misma técnica.
- capa hemirreductora: se obtiene interponiendo espesores crecientes de aluminio.
- forma de onda: se obtiene información cualitativa y cuantitativa sobre el procedimiento de rectificación y filtrado para obtener la alta tensión.
- filtración total: se estima a partir del valor obtenido de la capa hemirreductora y de la forma de onda.

Las tolerancias permitidas en estos parámetros se fijan en el Real Decreto 1252/1985 del 19 de Junio, en el que se establece la sujeción a especificaciones técnicas de los generadores de rayos X para radiografía médica. Las tolerancias admitidas son:

- intensidad media de corriente (mA)	15 %
- tiempo de exposición (ms)	10 %
- tensión de pico (kVp)	10 %
- producto corriente-tiempo (mAs)	20 %

Por otra parte la IEC (International Electrotechnical Commission) en su norma IEC-601.2.7 de 1987, prevé las mismas tolerancias que en el citado Real Decreto, proponiendo además los siguientes márgenes de desviación:

- coeficiente de variación	≤ 0,1
- linealidad	≤ 0,2

En términos de optimización, es preciso reducir esas diferencias en la medida de lo posible con un esfuerzo y un coste razonables, aproximándose a las siguientes:

Desviación entre valor seleccionado y medido:

- kVp	≤ ± 5 %
- linealidad (mA, mAs)	≤ ± 10 %
- tiempo de exposición	≤ ± 5 %
- reproducibilidad	≤ ± 5 %

En cuanto a la filtración total, si la tensión de trabajo no supera los 100 kVp, no debe ser inferior a 2,5 mm de aluminio; en caso de tensiones superiores (120-125 kVp), la filtración estará entre 2,8 y 3,5 mm de aluminio.

En la tabla LIX se presenta un resumen de los resultados, referente al control de calidad de salas. En cuanto a precisión de kilovoltaje y tiempo, se indican los valores de máxima desviación. En todos los casos, la filtración total se ha estimado a partir de la capa hemirreductora.

T A B L A L I X

CONTROL DE CALIDAD DE GENERADORES Y TUBOS			
CENTRO I			
	Sala P01	Sala P02	Sala P05
Precisión de kilovoltaje	- 16 % a 60 kVp	+ 7 % a 50 kVp	- 13 % a 60 kVp
Linealidad de la dosis en función del miliamperaje	< 10 %	< 4 %	11 %
Precisión de tiempos	+ 14 % a 20 ms	Buena	- 7 % a 20 ms
Reproducibilidad			
kVp	Buena	Buena	Buena
tiempo	Buena	Buena	Buena
dosis	Buena	Buena	Buena
Capa hemirreductora	4 mm Al	3 mm Al	4,6 mm Al
Forma de onda	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Filtración total	2,5 mm Al	2,7 mm Al	4,3-4,5 mm Al
CENTRO II			
	Sala 1	Sala 3	Sala 4
Precisión de kilovoltaje	+ 5 % a 90 kVp	- 9 % a 60 kVp	- 9 % a 60 kVp
Linealidad de la dosis en función del miliamperaje	12 %	Buena	Buena
Precisión de tiempos	- 27 % a 20 ms	Buena	- 8 % a 80 ms, + 7 % a 40 ms
Reproducibilidad			
kVp	Buena	Buena	Buena
tiempo	Buena	Buena	Buena
dosis	Buena	Buena	Buena
Capa hemirreductora	2,6 mm Al	3,7 mm Al	3,5 mm Al
Forma de onda	Monofásico	Trifásico	Trifásico
Filtración total	2,5 mm Al	4,2 mm Al	4 mm Al

Nota: la respuesta del equipo se considera "buena" si las desviaciones quedan un orden de magnitud por debajo de las tolerancias admitidas en el Real Decreto 1252/1985, o por debajo del umbral de sensibilidad de los dispositivos de medida.

- CUARTO OSCURO

El cuarto oscuro es, por definición, una habitación en la que la iluminación es escasa y por añadidura atraviesa filtros especiales, y por función, un laboratorio en el que las películas radiográficas pueden alterarse por radiación, luz, calor, presión, humedad, vapores, electricidad estática o manipulación inadecuada.

El control de calidad de los cuartos oscuros se ha realizado con las siguientes pruebas:

- niveles de radiación: Dosimetría de área. Únicamente si alguna pared del cuarto es común a una sala de rayos X.

- humedad ambiental. La humedad relativa en el cuarto oscuro se ha medido con un higrómetro. Debe mantenerse en todo momento entre el 40 y el 60 %.

- temperatura. La temperatura ambiental debe controlarse diariamente en el cuarto oscuro y mantenerse en torno a los 20°C.

- condiciones de iluminación. La cámara oscura, en condiciones de trabajo, debe ser totalmente hermética a la luz blanca. Los controles efectuados son:

a) estanqueidad a la luz blanca: se ha realizado una simple prueba de percepción visual para detectar entradas de luz, prestando especial atención, tras un periodo de acomodación a la oscuridad, a entradas de luz por cercos de puertas, pasachasis, sistemas de ventilación o la propia procesadora.

b) luces de seguridad: un test de control se ha realizado manteniendo una película durante unos 5 segundos en contacto con el filtro de cada luz de

seguridad. En la película posteriormente procesada no deben aparecer ennegrecimientos apreciables a la vista si la luz de seguridad es correcta.

En la tabla LX se presenta un resumen comparativo de los resultados.

T A B L A L X

CONTROL DE CALIDAD DE CUARTOS OSCUROS	
CENTRO I	
Radiación	Fondo
Humedad	Inadecuada
Temperatura	Inadecuada
Ventilación	Inadecuada
Luz de seguridad	Filtros de seguridad en mal estado
Estanqueidad a la luz	Entrada de luz por puerta y procesadora
CENTRO II	
Radiación	Fondo
Humedad	Inadecuada
Temperatura	Inadecuada
Ventilación	No hay
Luz de seguridad	Inapropiada para película convencional
Estanqueidad a la luz	Entrada de luz por puerta y ventana
Otros	No hay cajón de carga, procesadora situada dentro

- PROCESADORA

El procesado de películas radiográficas es un componente fundamental en la cadena de formación de la imagen radiológica. El control de las procesadoras se ha realizado según el siguiente protocolo:

- impresión de una película con una serie de exposiciones

conocidas, generando una escala de grises. Se ha utilizado un sensitómetro marca Victoreen, modelo 07.417, con emisión de luz azul de 455 nm y cuña óptica de 21 escalones, calibrada de forma que entre dos escalones consecutivos la exposición aumenta de forma conocida (un factor $\sqrt{2}$).

- procesada la película, se ha controlado la temperatura de los líquidos de procesado, especialmente la del revelador. Se ha utilizado un termómetro digital Victoreen 07-402.

- posteriormente, se ha medido la densidad óptica asociada a cada escalón en la película procesada, determinando velo (densidad óptica de la película sin exposición), velocidad (inversa de la exposición necesaria para obtener una densidad óptica de 1) e índice de contraste (relacionado con la pendiente de la curva característica en su tramo lineal), y las variaciones que estos parámetros han experimentado a lo largo del control. La lectura se ha realizado con un densitómetro digital marca Victoreen, modelo 07-424.

- el control se ha efectuado diariamente coincidiendo con los periodos de tiempo en que se llevó a cabo la dosimetría a pacientes.

En la tabla LXI se presenta un resumen comparativo de los resultados. Se indican los valores de máxima variación obtenidos durante el control.

T A B L A L X I

CONTROL DE CALIDAD DE PROCESADORAS		
CENTRO I		
	Procesadora 1 (1 ^{er} control)	Procesadora 1 (2 ^o control)
Variación de temperatura (*)	2,9°C	5,4°C
Variación de velo (**)	0,01	0,01
Variación de velocidad (***)	0,07	0,12
Variación de contraste (***)	0,08	0,11
CENTRO II		
	Procesadora 1	Procesadora 2
Variación de temperatura (*)	2,9°C	2,9°C
Variación de velo (**)	0,02	0,03
Variación de velocidad (***)	0,16	0,31
Variación de contraste (***)	0,11	0,12

(*) Variación máxima permitida = 2°C

(**) Variación máxima permitida = \pm 0,05

(***) Variación máxima permitida = \pm 0,15

- CONTROL DE CALIDAD DE LA IMAGEN EN GRAFIA

Una vez realizados los controles de los equipos, se ha evaluado la calidad de la imagen mediante un objeto de prueba. Se ha empleado el test TOR(CDR) desarrollado por la Universidad de Leeds. Está constituido por varias series de objetos, de las que se han utilizado las siguientes:

- una serie de 17 objetos de pequeño tamaño con contrastes variables, que permiten valorar la sensibilidad al alto contraste.
- un juego de 17 objetos de mayor tamaño que dan lugar a imágenes con densidades ópticas variables, para valorar la sensibilidad a bajo contraste.
- una rejilla central para estimar la resolución espacial.

Para las pruebas de sensibilidad a bajo y alto contraste, se realiza una única exposición con las siguientes condiciones: 70 kVp, un miliamperaje variable en función del equipo (generalmente 6-12 mAs), a una distancia foco-película de 1 m (situando el objeto de prueba sobre el chasis y éste sobre la mesa de exploración, nunca en el "Bucky") y con una filtración añadida de 1 mm de cobre situada a la salida del haz.

Para la prueba de resolución espacial es necesario un disparo a 50 kVp, un miliamperaje entre 1,5 y 3 mAs, distancia foco-película de 1 m (chasis sobre la mesa) y sin filtración añadida.

Todas estas condiciones se ajustan a las instrucciones de uso del test. En la tabla LXII se presenta un resumen comparativo de los resultados.

T A B L A L X I I

CONTROL DE CALIDAD DE LA IMAGEN EN GRAFIA			
CENTRO I			
	Sala PD1	Sala PD2	Sala PD5
Bajo contraste (número de objetos)	15	10	13
Alto contraste (número de objetos)	13	12	10
Resolución espacial (pl/mm)	6,3	5	8
CENTRO II			
	Sala 1	Sala 3	Sala 4
Bajo contraste (número de objetos)	10	11	10
Alto contraste (número de objetos)	12	12	12
Resolución espacial (pl/mm)	7,1	7,1	7,1

Los criterios adoptados para calificar la calidad de la imagen en cada sala son (Guibelalde, 1991):

a) resolución sobre 6 pl/mm y número de discos visibles sobre 10 - Buena calidad de imagen.

b) resolución entre 5-6 pl/mm o número de discos visibles entre 8-10 (se incluyen los valores límite) - Aceptable calidad de imagen.

c) resolución por debajo de 5 pl/mm o número de discos visibles por debajo de 8 - Mala calidad de imagen.

En función de estos criterios, en las salas PDI y 3 la imagen obtenida alcanza la calificación de "buena" y de "aceptable" en el resto.

7.2. INFLUENCIA EN LAS DOSIS A PACIENTES

Como consecuencia de las actuaciones de control de calidad llevadas a cabo se han conseguido disminuciones significativas de las dosis en tejido a la entrada. Las más importantes son:

1.- Disminución de hasta un 35 % en exploraciones simples de abdomen, pelvis y columna lumbar en la sala H2 del centro I. Esta mejora se ha alcanzado aumentando en 1 mm de aluminio la filtración añadida. En la tabla LXIII se detallan los valores de dosis antes y después del control de calidad y se presentan junto a los valores de referencia recomendados por la CE, para su comparación.

T A B L A L X I I I

EXPLORACION	DOSIS ANTES DEL CONTROL DE CALIDAD (mGy)	DOSIS DESPUES DEL CONTROL DE CALIDAD (mGy)	DOSIS CE (mGy)
Abdomen AP	22,30	14,50	10
Columna lumbar AP	31,40	20,41	10
Columna lumbar LA	60,64	39,40	30
Pelvis AP	21,35	13,88	10

2.- Disminución de más de un 30 % en exploraciones simples de abdomen, pelvis y columna lumbar en la sala H1 del centro I. La mejora se alcanzó del mismo modo que en el caso anterior, añadiendo 1 mm de aluminio. En la tabla LXIV se detallan los valores de dosis.

T A B L A L X I V

EXPLORACION	DOSIS ANTES DEL CONTROL DE CALIDAD (mGy)	DOSIS DESPUES DEL CONTROL DE CALIDAD (mGy)	DOSIS CE (mGy)
Abdomen AP	27,10	18,16	10
Columna lumbar AP	20,00	13,40	10
Columna lumbar LA	50,40	33,77	30
Pelvis AP	19,90	13,33	10

3.- Disminuciones superiores a un 60 y un 80 % en exploraciones de tórax LA y PA respectivamente, como consecuencia de la detección y reparación de una avería del generador en la sala T6 del centro IV. La anomalía consistía en una alteración del rectificador, de manera que la forma de onda correspondía a la de un generador monofásico, siendo el generador trifásico. Los resultados se detallan en la tabla LXV.

T A B L A L X V

EXPLORACION	DOSIS ANTES DEL CONTROL DE CALIDAD (mGy)	DOSIS DESPUES DEL CONTROL DE CALIDAD (mGy)	DOSIS CE (mGy)
Tórax PA	1,24	0,21	0,30
Tórax LA	1,99	0,70	1,50

8. Conclusiones

8. CONCLUSIONES

El análisis de las dosis de radiación y los protocolos de estudio en radiodiagnóstico pediátrico y no pediátrico, objeto del presente trabajo, ha llevado a actuaciones en las siguientes áreas:

1) dosimetría en exploraciones simples y complejas. En radiodiagnóstico de adultos se han controlado 719 exámenes (634 estudios simples y 85 complejos) y en radiodiagnóstico pediátrico se ha efectuado el seguimiento sobre 610 exploraciones (492 estudios simples y 118 complejos). La elaboración de datos en radiología pediátrica se ha efectuado clasificando los resultados experimentales en cuatro grupos de edad. Se ha considerado aparte la radiología del neonato, en atención a su especificidad.

2) delimitación de zona anatómica irradiada, tanto de cara al posible cálculo de dosis en órganos profundos, como para mejorar la protección del paciente, basada en el conocimiento de los órganos y tejidos interceptados por el haz directo, en función de las dimensiones transversales del campo e incidencia del haz de radiación.

3) control de calidad de equipos, al objeto de justificar los resultados experimentales.

4) estudio, comparación y discusión de protocolos de trabajo para obtención de las imágenes diagnósticas, a fin de estimar posibles reducciones de dosis sin menoscabo del contenido de información.

5) evaluación de los criterios de calidad de imagen establecidos por un grupo de expertos de la CCE en el radiodiagnóstico de adultos y elaboración de una propuesta específica, homóloga a la anterior, en el radiodiagnóstico pediátrico, con la correspondiente calificación otorgada por radiólogos pediátricos, sobre el interés diagnóstico de los citados criterios en función

de las indicaciones clínicas.

6) ensayo de diversos dispositivos de soporte de imagen, valorando las modificaciones en calidad de imagen y dosis.

En síntesis, se establecen las siguientes conclusiones:

1) respecto a la *dosimetría de exploraciones simples* se encuentra, en términos de valores medios ponderados con los números de exploraciones controlados en las distintas salas en que se llevó a cabo el seguimiento, que

a) en las exploraciones de abdomen en proyección AP, los valores de dosis en tejido a la entrada medidos han sido 1,33 mGy en niños de 0,1 a 1 año; 1,84 mGy desde 1 a 5 años; 2,45 mGy desde 5 a 10 años; 2,81 mGy desde 10 a 14 años, y 12,51 mGy en adultos frente al valor de 10 mGy que recomienda la CE en estos últimos pacientes. El valor de referencia equivalente para España se sitúa en 16 mGy.

b) en las exploraciones de cráneo en proyección AP/PA, los valores de dosis obtenidos han sido 2,13 mGy en niños de 0,1 a 1 año; 2,90 mGy desde 1 a 5 años; 3,78 mGy desde 5 a 10 años; 3,71 mGy desde 10 a 14 años, y 5,40 mGy en adultos. En proyección LA, las dosis obtenidas han sido 1,79 mGy; 2,12 mGy; 2,71 mGy, y 2,91 mGy en los respectivos grupos de edad, y de 3,22 mGy en estudios similares a adultos. En este caso, los respectivos valores provisionales de referencia de la CE en adultos resultan ser 5 mGy y 3 mGy, y de 5,7 y 6,4 mGy los valores homólogos en nuestro país.

c) en las exploraciones de pelvis en proyección AP, los resultados de los valores de dosis han sido 1,07 mGy en niños de 0,1 a 1 año; 1,20 mGy desde 1 a 5 años; 2,43 mGy desde 5 a 10 años; 3,80 mGy desde 10 a 14 años, y 16,53 mGy

en adultos frente al valor de 10 mGy que recomienda la CE. El valor de referencia por debajo del que quedarían el 75 % de las dosis en España resulta ser 23,8 mGy.

d) en las exploraciones de tórax en proyección PA/AP, los valores de dosis obtenidos han sido 0,23 mGy en niños de 0,1 a 1 año; 0,24 mGy desde 1 a 5 años; 0,28 mGy desde 5 a 10 años; 0,38 mGy desde 10 a 14 años, y 0,70 mGy en adultos frente a 0,3 mGy recomendado por la CE. En proyección LA, las dosis obtenidas han sido 0,45 mGy; 0,52 mGy; 0,57 mGy, y 0,75 mGy para cada grupo de edad; correspondiendo 1,98 mGy a los estudios de adultos, siendo el valor de referencia de la CE 1,5 mGy. Las dosis de referencia en España son 0,6 mGy en proyección PA y 2,3 mGy en la LA.

e) en las exploraciones de columna total en proyección AP, incluidas en radiodiagnóstico pediátrico, los valores de dosis obtenidos se refieren a niños desde 5 a 10 años y desde 10 a 14 años, correspondiendo a 1,60 mGy y 1,76 mGy respectivamente. En proyección LA, las dosis investigadas pertenecen al grupo de 10 a 14 años, siendo el valor medido 3,07 mGy.

Las dosis medidas en las exploraciones de columna lumbar de pacientes adultos han resultado de 16,88 mGy en proyección AP y 34,57 mGy en proyección LA, mientras que los valores de referencia de la CE son 10 mGy y 30 mGy para las respectivas proyecciones. Los correspondientes valores de referencia para España se sitúan en 21,7 y 52,8 mGy.

La comparación global de los valores de dosis obtenidos en los grupos de edad en radiodiagnóstico pediátrico y en adultos muestra que, en las exploraciones simples de las que se poseen datos en los dos tipos de pacientes, se produce entre el último grupo de edad y el adulto un incremento de dosis en un factor promedio de 4.

Si se comparan los resultados de cada tipo de exploración en el adulto con los valores de referencia, se aprecia que las referencias de la CE quedan rebasadas incluso en más de un 100 %, mientras que los valores de referencia a nivel de nuestro país son sistemáticamente más elevados, excepto en estudios de tórax.

2) respecto a la *dosimetría de exploraciones complejas*, y también en relación con valores promedio ponderados con números de estudios controlados en las distintas salas, se encuentra que

a) en las exploraciones esofagogastroduodenales, el valor del producto total dosis x área (escopia y grafía) en niños de 0,1 a 1 año ha sido de 219 cGy x cm²; desde 1 a 5 años de 504 cGy x cm²; desde 5 a 10 años de 943 cGy x cm², y desde 10 a 14 años de 1254 cGy x cm². En el adulto se ha obtenido un valor de 2693 cGy x cm², siendo el valor del estudio del Reino Unido, tomado como referencia, de 2404 cGy x cm², y 3983 cGy x cm² el valor de referencia español.

b) en las urografías intravenosas, el valor del producto total dosis x área (escopia y grafía) en niños de 0,1 a 1 año ha sido de 94 cGy x cm²; desde 1 a 5 años de 313 cGy x cm²; desde 5 a 10 años de 1082 cGy x cm², y desde 10 a 14 años de 1542 cGy x cm². En el adulto, el valor del citado producto ha resultado de 4828 cGy x cm², y el valor del estudio del Reino Unido, tomado como referencia, de 3670 cGy x cm². Por su parte, el valor español de referencia para adultos se sitúa en 3814 cGy x cm².

c) en las cistouretrografías miccionales, practicadas exclusivamente en radiodiagnóstico pediátrico, el valor del producto total dosis x área (escopia y grafía) en niños de 0,1 a 1 año ha sido de 255 cGy x cm²; desde 1 a 5 años de 532 cGy x cm²; desde 5 a 10 años de 1079 cGy x cm², y desde 10 a 14 años de 1745 cGy x cm². No existen valores de referencia publicados.

De forma general, en las exploraciones complejas se observa que el paso de un grupo de edad a otro representa un incremento en las dosis en un factor medio entre 2 y 3.

Al comparar los valores de los productos dosis x área determinados con los de referencia, se observa una desviación en más respecto de los valores del Reino Unido, en tanto que, considerados los valores españoles, se supera el valor de referencia en las exploraciones urográficas en un 25 % aproximadamente, mientras que en las esofagogastroduodenales queda por debajo en cerca del 30 %.

3) con relación al *control de calidad de equipos* y la repercusión en las dosis medidas después de actuaciones correctoras, cabe destacar los siguientes extremos:

a) disminución de las dosis hasta en un 35 % en exploraciones simples de abdomen, pelvis y columna lumbar en el adulto, al aumentar en 1 mm de aluminio la filtración añadida.

b) disminuciones de las dosis en más de un 60 y un 80 % en exploraciones de tórax LA y PA respectivamente, como consecuencia de la detección y reparación del funcionamiento anómalo del generador. Esta mejora no queda suficientemente reflejada en los resultados de dosis de la exploración, puesto que dicho valor promedia datos anteriores y posteriores a la actuación de control de calidad.

De la observación de todos los valores de dosis obtenidos en el control de exploraciones de adultos cabe inferir que, dado que todos ellos quedan por encima de los valores comunitarios, es probable que las dosis en pediatría exhiban la misma desviación en más. Esta afirmación puede corroborarse por tres hechos:

- las cadenas de imagen de las salas de radiología pediátrica no difieren en su infraestructura de las dedicadas a adultos.

- los ensayos practicados mejorando elementos de la cadena de imagen han repercutido en disminuciones sustantivas de las dosis.

- los valores de mediana presentados en el informe del Lake Starnberg Group, relativos al primer muestreo europeo, quedan en torno al 25 % de los valores de dosis aquí reflejados. Pese a no poder extraer conclusiones, al no tratarse de valores de referencia y proceder de una muestra con evidentes sesgos, sí que es clara la posibilidad de optimizar el radiodiagnóstico pediátrico, mediante programas específicos de garantía de calidad dirigidos a equipos, protocolos de operación y personal de los servicios.

4) en lo que concierne a *protocolos de estudio*, es de destacar que

a) en las exploraciones simples, no se han observado diferencias significativas en exámenes de adultos y niños.

b) en las exploraciones complejas, existe una gran diferencia en el número total de disparos entre el adulto y el niño. En los exámenes del tracto esofagogastroduodenal del adulto, el número total de disparos varía de 15 a 18, mientras que los estudios homólogos que se han controlado en el niño suponen de 5 a 6 disparos. Pese a que, de modo indiscutible, la diferencia hallada en los protocolos de estudio no es desligable de la patología predominante en cada tipo de paciente, adulto y niño, se ha observado la aplicación de distinta sistemática de trabajo en pacientes adultos con similar indicación clínica.

En las urografías intravenosas se mantiene la misma tendencia, esto es, entre 9 y 10 disparos como número total en el adulto frente a 3 disparos en el niño. En relación con la posible reducción del número de imágenes en el adulto, y por tanto de las dosis, diversos autores abogan por este proceder dentro del protocolo básico de estudio, a la vez que sostienen que no se perdería capacidad diagnóstica. Con relación a la dosimetría en diferentes salas de adultos, se han evidenciado diferencias de dosis en un factor 2,5 aproximadamente, en un mismo centro, atribuibles a diferencias tanto en el protocolo como en la cadena de imagen.

5) en lo referente a *criterios de calidad de imagen*, se ha generado un documento aplicable al radiodiagnóstico pediátrico, valorando la necesidad y utilidad de cada criterio mediante su calificación por expertos en esta especialidad. Debe destacarse su carácter inespecífico, al objeto de abarcar con suficiente generalidad las entidades patológicas más frecuentes. Esta misma filosofía queda reflejada en el documento comunitario dedicado al radiodiagnóstico del adulto, a tenor de la opinión de los radiólogos consultados. Comparativamente, el documento provisional de la CCE sobre criterios de calidad de imagen en radiodiagnóstico pediátrico y el elaborado como parte de este trabajo son esencialmente compatibles.

6) con relación al ensayo de diversos dispositivos de imagen, la selección y el empleo de un conjunto *chasis-hoja de refuerzo-película*, con una sensibilidad de 800 en exploraciones complejas en radiodiagnóstico pediátrico, ha permitido reducir las dosis en un factor 2-4, manteniendo la necesaria calidad de imagen para emitir el diagnóstico. Se evidencia, de esta manera, la posibilidad de generar importantes reducciones en la dosis colectiva y, consiguientemente, en el detrimento radiológico, mediante actuaciones de muy baja repercusión económica.

Finalmente, la utilización del "Documento Radiológico", reflejando los estudios que se practican al paciente, continúa siendo un motivo de discusión entre los especialistas. El razonamiento de que las dosis por estudio pueden mostrar una variabilidad en dos órdenes de magnitud, entre unas y otras salas, no es un argumento ajeno a esta situación de controversia, que parece haber decidido a algunas autoridades sanitarias francesas a prescindir de la generalización momentánea de su uso, tras una implantación con carácter piloto. La observación cualitativa a lo largo de este trabajo aboga en sentido contrario. En efecto, del documento radiológico difícilmente puede deducirse el incremento de riesgo, pero sirve para reflejar el número de estudios y su periodicidad, por lo que puede contribuir en muchos casos a evitar la realización reiterada e innecesaria de exploraciones. Obviamente, esto supone reducir la dosis colectiva a la población y las dosis individuales a los pacientes que, de modo particular, se benefician de una actuación conservadora por parte del radiólogo.

Referencias bibliográficas

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AIKENHEAD D.C., TRIANO J. AND BAKER J., 1989.

Relative efficacy for radiation reducing methods in scoliotic patients. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, Vol. 12, No. 4, (259-264).

ANDERSEN JR P.E., ANDERSEN P.E. AND VAN DER KOOY, 1982.

Dose reduction in radiography of the spine in scoliosis. *Acta Radiologica Diagnosis*, 23, Fasc. 3 A, (251-253).

ARMSTRONG P. AND WASTIE M.L., 1987.

Diagnostic Imaging. Second edition. Blackwell Scientific Publications. Oxford. UK.

BEIR, 1980.

Committee on Biological Effects of Ionising Radiation. The effects on population of exposure to low levels of ionizing radiation. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington D.C., USA.

BERTELEZ M. Y ALVAREZ-PEDROSA C.S., 1986.

Aparato urinario: anatomía y técnicas de examen. Diagnóstico por Imagen, Tratado de Radiología Clínica. 1ª ed. Editorial Interamericana. Madrid, España.

BRETLAND P.M., 1988.

Costing imaging procedures. *British Journal of Radiology*, 61, (54-61).

BRH, 1973.

Bureau of Radiologic Health, Department of Health Education and Welfare, Public Health Service. Population exposure to X-rays, U.S. 1970. Rockville, Md. U.S.

BRH, 1976.

Bureau of Radiologic Health, Department of Health Education and Welfare, Public Health Service. Gonad doses and genetically significant dose from diagnostic radiology, U.S. 1964 and 1970. Rockville, Md. U.S.

BURTON E.M., KIRKS D.R., STRIFE J.L., HENRY G.C. AND KERIYAKES J.G., 1988.

Evaluation of a low-dose neonatal chest radiographic system. *American Journal of Radiology*, 151, (999-1002).

BUTLER G.J. AND JONES G.R.M., 1981.

Towards efficient urography. Journal of the Canadian Association of Radiol. Vol., 32, (91-92).

CAMERON J.R., ZIMMERMAN D.W. AND BLAND R., 1965.

Proc. Intern. Conf. on Luminescence Dosimetry. Stanford. Ed. F.H. Attix. Springfield, USA.

CAMERON J.R. AND SKOFRONICK J.G., 1978.

Radiation Protection Instrumentation, in Medical Physics. Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons, New York.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (CEC), 1987.

Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. Working Document XII/252/87 (CEC, Brussels). Radiation Protection Programme.

--- CEC, 1989.

Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. Working Document XII/108/89 (CEC, Brussels).

--- CEC, 1990.

Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. Working Document XII/173/90, 2nd edition (CEC, Brussels).

CONTENTO G., MALISAN M.R., PADOVANI R., MACCIA C., WALL B.F. AND SHRIMPTON C., 1988.

A comparison of diagnostic radiology practice and patient exposure in Britain, France and Italy. British Journal of Radiology, 61, (143-152)

CONSEIL DES COMMUNAUTES EUROPEENNES (CCE), 1984.

Directive du Conseil 84/466/Euratom. Journal officiel des Communautés européennes. No. L. 265.

CURRY III T.S., DOWDEY J.E. AND MURRY R.C., 1984.

Christensen's Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology. 3rd ed. Lea & Febiger. Philadelphia, USA.

DALLA PALMA L., STACUL F., POZZI-MUCELLI F., CONTENTO G. AND PADOVANI R., 1989.

Urography: optimization of the technique to lower patient exposure. British Institute of Radiology, Report 20, (255-258). London, UK.

DE SMET A.A., STEPHEN L.F. AND ASHER M.A., 1981.

A Method for Minimizing the Radiation Exposure from Scoliosis Radiographs. *J. Bone Joint Surg. [Am]*, 63, (156-158).

EUR 12952, 1990.

"CEC Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images and Patient Exposure Trial". Document XII/268/90, Radiation Protection Programme.

FEARON T., VUCICH J., BUTLER P., McSWEENEY W.J., TAYLOR G.A., MARKLE B.M. AND HOE J., 1988.

Scoliosis Examinations: Organ dose and Image Quality with Rare-Earth Screen-Film Systems. *Amer. J. Radiol.*, 150, (359-362).

FENDEL H., SCHNEIDER K., KOHN M.M. AND BAKOWSKI C., 1989.

Specific principles for optimization of image quality and patient exposure in paediatric diagnostic imaging. *British Institute of Radiology, Report 20*, (91-101). London, UK.

FERNANDEZ J.M., GUIBELALDE E. Y VAÑO E., 1989.

Diseño de un sistema experto para control de calidad de procesadoras de películas radiográficas. Libro de trabajos del VII Congreso Nacional de Física Médica.

FLETCHER E.W.L., BAUM J.D. AND DRAPER G., 1986.

The risk of diagnostic radiation of the newborn. *British Journal of Radiology*, 59, (165-170).

GANAU A. Y ALVAREZ-PEDROSA C.S., 1986.

La pelvis. Diagnóstico por Imagen, Tratado de Radiología Clínica. 1ª ed. Editorial Interamericana. Madrid, España.

GEITUNG J.T., GÖTHLIN J.H., UHDE A. AND ASLAKSEN A., 1988.

Calculation of Internal Cost in a Department of Diagnostic Radiology. *Europ. J. Radiol.* 8, (180-182).

GELFAND D.W. AND OTT D.J., 1981.

Gastric ulcers scars. *Radiology*, 140, (37-43).

GILMAN E.A., STEWART A.M., KNOX E.G. AND KNEALE G.W., 1989.

Trends in obstetric radiography, 1939-81. *J. Radiol. Prot.*, Vol. 9, No. 2, (93-101).

GONZALEZ L. Y VAÑO E., 1988.

Proyecto sobre evaluación de riesgos y control de calidad en instalaciones de radiodiagnóstico. I Planteamiento del proyecto. Radiología 30, 5, (273-278).

GONZALEZ L., VAÑO E., RUIZ M.J., MORAN P., MARCOS J. Y ALVAREZ-PEDROSA C.S., 1989.

Criterios de calidad de imágenes en radiodiagnóstico. Radiología 31, 6, (481-490).

GONZALEZ L., RUIZ M.J., VAÑO E., IRIBAR M., VILARRASA A., FERNANDEZ P. Y MANZANAS M.J., 1989.

Evaluación de dosis y calidad de imagen en mamografía en estudios con y sin rejilla antiodifusora fija. Libro de comunicaciones del III Congreso Nacional de Protección Radiológica, (765-778).

GÖTHLIN J.H., ALFONSO J.M. AND HOIEM L., 1986.

Simplifying radiological examinations. Can it really be done in urography?. Europ. J. Radiol., 6, (85-88).

GÖTHLIN J.H., 1987.

Cost/Benefit of high technology in Diagnostic Radiology. Europ. J. Radiol., 7, (157-159).

GUIBELALDE E. Y LLORCA, A.L., 1989.

Protocolo de un programa de control de calidad de los soportes de la imagen en Radiodiagnóstico. Libro de trabajos VII Congreso Nacional de Física Médica.

GUIBELALDE E., VAÑO E., LLORCA A.L. Y FERNANDEZ J.M., 1991.

Analysis of results for the use of simple test for QC in conventional diagnostic radiology. Sometido a BJR.

HARRISON M., CLAYTON C.B., DAY M.J., OWEN M.B. AND YORK M.F., 1983.

A survey of radiation doses to patients in five common diagnostic examinations. British Journal of Radiology, 56, (383-395).

HERMAN M.W., MAK H.K. AND LACHMAN R.S., 1987.

Radiation exposure reduction by use of kevlar cassettes in the neonatal nursery. American Journal of Radiology, 148, (969-972).

HILLMAN B. AND COLS, 1979.

Simplifying radiological examinations. The urogram as a model. The Lancet, may 19, (1068-1071).

HURST G., DALE C. AND COLS, 1980.

Is there a good standard short intravenous urogram?. The Lancet, june 14, (1312).

ICRP Publication 26, 1977.

Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP, Vol. 1, No. 3.

ICRP Publication 34, 1982.

Protection of the patient in Diagnostic Radiology. Annals of the International Commission on Radiological Protection, Vol. 9, No. 2/3.

ICRP Publication 60, 1991.

1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP, Vol. 21, No. 1-3.

JONES D.J. AND WALL B.J., 1985.

Organ dose from medical X-ray examinations calculated using Monte Carlo techniques. National Radiological Protection Board (NRPB). Report NRPB-R186. HMSO, London.

KIRKS D.K., 1984.

Practical Pediatrics Imaging. Diagnostic Radiology of Infants and Children. Little Brown & Company, Boston, EE.UU.

LACEY G., McCABE M., CONSTANT O., WELCH T., SPINKS C. AND McNALLY, 1990.

Testing a policy for skull radiography (and admission) following mild head injury. British Journal of Radiology, 63, (14-18).

LAGUIA M., MARTIN J.A. Y GASCO J., 1987.

Deformidades raquídeas del niño. Tratado de Medicina Interna. Medicine. No. 83, (3522-3539).

LESCREVE J.P., VAN TIGGELEN R.P. AND LAMOUREUX J., 1989.

Reducing the radiation dosage in patients with a scoliosis. International Orthopaedics, 13, (47-50).

LINDSKOUG B.A., 1991.

The reference man in diagnostic radiology dosimetry. Seminar on Dosimetry in Diagnostic Radiology. Commission of the European Communities, Luxembourg.

LLORCA A.L., GUIBELALDE E., VAÑO E., 1989.

Resultados del programa piloto de control de calidad en radiodiagnóstico: procesadoras de películas. Libro de comunicaciones del III Congreso Nacional de Protección Radiológica, (893-910).

LLORCA A.L., GUIBELALDE E., VAÑO E., 1991.

Control de calidad en radiodiagnóstico: resultados de un programa piloto en almacenes de películas y cuartos oscuros. Aceptado para su publicación en Radiología. Nº de trabajo: 2462.

LSG, 1990.

Quality criteria for diagnostic radiographic images in Paediatrics. Results from the first dosimetry trial of the Lake Starnberg Group from the European Society of Paediatric Radiology. Private communication sent to the participants in the trial.

MACCIA C., BENEDITINI M., LEFAURE C. AND FAGNANI F., 1988.

Doses to patients from diagnostic radiology in France. Health Physics, Vol. 54, No. 4, (397-408).

MARCO M.L., GONZALEZ L., DELGADO V., VAÑO E. Y MORAN P., 1985.

Calibración y determinación experimental de la respuesta relativa de dosímetros de LiF: Mg, Ti (TLD-100) para Cobalto 60 y rayos X de 60 kVp. Informe JEN 577.

MASTER S.J. AND COLS., 1987.

Skull X-ray examinations after head trauma. New England Journal of Medicine, Vol. 316, No. 2, (84-91).

MORAN P., VAÑO E., GONZALEZ L., CALZADO A. Y DELGADO V., 1989.

Estudio de las dosis en útero en exploraciones radiológicas abdominales. Estimación de riesgos durante el embarazo. Radiología, 31, 7, (527-537).

NASH JR C.L., GREGG E.C., BROWN R.H. AND PILLAI K., 1979.

Risks of exposure to X-rays in patients undergoing long-term treatment for scoliosis. J. Bone Joint Surg. [Am], 61-A, (371-374).

NCRP, 1968.

Medical X-ray and Gamma-ray protection for energies up to 1 Mev. National Council on Radiation Protection and Measurements. Report No. 33. Washington D.C., USA.

NCRP, 1977.

Medical radiation exposure of pregnant and potentially pregnant women. National Council on Radiation Protection and Measurements. Report No. 45. Washington D.C., USA.

NCRP, 1981.

Radiation Protection in Pediatric Radiology. National Council on Radiation Protection and Measurements. Report No. 68. Washington D.C., USA.

NEXT, 1982.

Nationwide evaluation of X-ray trends. Medical X-ray data. United States Department of Health and Human Services. HHS (FDA) 82-8056.

OMS, 1983.

Criterios aplicables a las exploraciones de radiodiagnóstico. Organización Mundial de la Salud. Serie de Informes Técnicos. Publicación nº 689.

OMS, 1985.

Empleo racional del diagnóstico por imagen en pediatría. Organización Mundial de la Salud. Serie de Informes Técnicos. Publicación nº 757.

ORTIZ P., DELGADO V., CALZADO A., GONZALEZ L., MORAN P. Y VAÑO E., 1989.

Resultados del control de calidad de generadores y tubos de rayos X de cuatro grandes hospitales de Madrid. Libro de comunicaciones del III Congreso Nacional de Protección Radiológica, (927-940).

ORTS LLORCA F., 1972.

Anatomía humana. Tomo III, 4ª Ed. Editorial Científico Médica. Barcelona, España.

PADLEY S., GLEESON F., CHISHOLM R. AND BALDWIN J., 1990.

Assessment of a single lumbar spine radiograph in low back pain. British Journal of Radiology, 63, (535-536).

PALMER P.E.S., COCKSHOT W.P., HEGEDŰS V. AND SAMUEL E., 1985.

Manual de interpretación radiográfica para el médico general. Organización Mundial de la Salud.

POZNANSKI A.K., KANELLITSAS C., ROLOFF D.W. AND BORER R.Č., 1974.

Radiation exposure to personnel in a neonatal nursery. Pediatrics, Vol. 54, No. 2, (139-141).

RADIATION PROTECTION RESEARCH PROGRAMME (RPRP), 1980-1984. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES.

BARBINA V. AND COLS. Radiation exposure in medical diagnostic procedures in Friuli Venezia Giulia region. Contract No. BIO-F-516-82-I.

DONATO L. AND COLS. Reduction of dose to young subjects in medical investigation. Contract No. BIO-F373-81-I.

FAGNANI F. AND COLS. Analysis of public exposure due to medical diagnostic examinations. Contract No. BIO-F-540-83-F.

----- Contribution to the study of medical irradiation: Systematic diagnostic radiology in France. Contract No. BIO-F-423-81-F.

RADIATION PROTECTION RESEARCH PROGRAMME (RPRP), 1985-1989. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES.

JACOBI W., DREXLER G. AND COLS. Quantification of radiation risks, optimization procedures and analysis of occupational exposure. Contract No. BI6-F-111-D.

----- Analysis of exposure in radiology. Contract No. BI6-F-133-D.

McKINLAY A.F. AND COLS. Evaluation of the radiation doses and risks associated with diagnostic X-ray examinations in Britain. Contract No. BI6-F-135-UK.

PADOVANI R. AND COLS. Refinement of methods for the assessment of organ doses and possible reduction of patient exposure. Contract No. BI6-F-136-I.

VAÑO E. AND COLS. Optimization of Protection in Medical Diagnostic Radiology. Contract No. BI6-F-214-E.

ROYAL COLLEGE OF RADIOLOGIST (RCR), 1980.

A study of the utilisation of skull radiography in 9 accident-and-emergency units in the U.K. *Lancet*, 6, (1234-1237).

-----, 1981.

Costs and benefits of skull radiography for head injury. *Lancet*, 10, (791-795).

-----, 1983.

Patient selection for skull radiography in uncomplicated head injury. *Lancet*, 15, (115-118).

RUIZ M.J., GONZALEZ L., VAÑO E., IRIBAR M. Y VILARRASA A., 1991.

Mamografía: Medidas de dosis y calidad de imagen. Influencia del grado de compresión mamaria y del empleo de rejilla antidifusora fija. Aceptado para su publicación en *Radiología*. Nº de trabajo asignado: 2335.

RUIZ M.J., GONZALEZ L., VAÑO E., GUIBELALDE E., LLORCA A.L. Y MARTINEZ A., 1989.

Medida de dosis en exploraciones frecuentes de radiodiagnóstico pediátrico. Variaciones con la edad y sistemas de imagen. *Radiología* 31, 6, (491-498).

RUIZ M.J., GONZALEZ L., VAÑO E. Y MARTINEZ A., 1991.

Measurements of radiation doses in the most frequent simple examinations in paediatric radiology and its dependence on patient age. Aceptado para su publicación en *The British Journal of Radiology* (No. de trabajo 1090 W), Octubre 1990.

RUSSELL J.G.B., 1985.

Cost and Effectiveness of Methods of Radiation Protection in X-ray Diagnosis. *Clinical Radiology*, 36, (37-40).

SABAU M.N., RADKOWSKI M.A. AND VYBORNY C.J., 1985.

Radiation exposure due to scatter in neonatal radiographic procedures. *American Journal of Radiology*, 144, (811-814).

SHRIMPTON P.C. AND WALL B.F., 1982.

An evaluation of the Diamantor transmission ionisation chamber in indicating exposure-area product during diagnostic radiological examinations. *Phys. Med. Biol.*, Vol. 27, No. 6, (871-878).

SHRIMPTON P.C., WALL B.F., JONES D.G., FISHER E.S., HILLIER M.C., KENDALL G.M. AND HARRISON R.M., 1986.

Doses to patients from routine diagnostic X-ray examinations in England. British Journal of Radiology, 59, (749-758).

SHRIMPTON P.C., WALL B.F., JONES D.G., FISHER E.S., HILLIER M.C., KENDALL G.M. AND HARRISON R.M., 1986.

A National Survey of Doses to Patients Undergoing a Selection of Routine X-ray Examinations in English Hospitals. National Radiological Protection Board. NRPB-R200.

STIEVE F.E., 1988.

[Radiation protection of children. International recommendations for radiation exposure of children and young adults]. Radiol. diagn. 29, H.1, (143-155). (In German).

TAUTZ M. AND BRANDT G.A., 1988.

[Estimates of organ doses in standardized x-ray investigations in children]. Radiol. diagn. 29, H.1, (169-179). (In German).

TOBARRA B., 1989.

Medidas de dosis en radiografías de recién nacidos. Libro de Comunicaciones del III Congreso Nacional de Protección Radiológica, (695-706).

UNSCEAR, 1988.

Sources, effects and risks of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report to the General Assembly, with annexes. United Nations, New York, USA.

VALUE Programme, 1991.

Promotion of the exploitation of Community Research. Commission of the European Communities. Directorate-General XIII of the Telecommunications, Information Industries and Innovation. Proposal PA-012/90-E.

VAÑO E., GONZALEZ L., CALZADO A., MORAN P. Y DELGADO V., 1989.

Some indicative parameters on diagnostic radiology in Spain: first dose estimations. British Journal of Radiology 62, (20-26).

-----, 1989b.

Some results of a patient dose survey in the area of Madrid. British Institute of Radiology, Report 20, (180-185). London, UK.

VAÑO E., GONZALEZ L., MORAN P., CALZADO A., DELGADO V., FERNANDEZ J.M. Y RUIZ M.J., 1991.

Valores de referencia de dosis al paciente en exploraciones de radiodiagnóstico. Aceptado para su publicación en Radiología.

WALL B.F., 1987.

Radiation quantities used in patient dosimetry. Advanced Seminar on Diagnostic Radiology Dosimetry. Commission of the European Communities. Joint Research Centre. Ispra, Italy.

WAMBERSIE A., 1991.

Assurance et contrôle de qualité en radiodiagnostic; qualité d'image et réduction de la dose. Contrôle de qualité en radiopédiatrie (Communication personnel). Paris, France.

ZANKL M., VEIT R., WILLIAMS G., SCHNEIDER K., FENDEL H., PETOUSSI N. AND DREXLER G., 1988.

The construction of computer tomographic phantoms and their application in radiology and radiation protection. Radiation and Environmental Biophysics, 27, (153-164).

ZANKL M., PETOUSSI N., VEIT R., DREXLER G. AND FENDEL H., 1989.

Organ doses for a child in diagnostic radiology: comparison of a realistic and a MIRD-type phantom. British Institute of Radiology. BIR Report 20, (196-198).

Apéndice

APENDICE

La Comisión de Comunidades Europeas ha divulgado de manera restringida, en 1991, una versión provisional del documento de trabajo "Criterios de calidad de imagen en radiodiagnóstico pediátrico", coincidiendo con la última etapa de redacción de este trabajo¹. El planteamiento de este documento, paralelamente al del adulto, es relacionar la calidad de imagen, la técnica radiográfica y la dosis para optimizar la práctica de la radiología pediátrica.

Esta versión ha sido preparada por miembros de la Sociedad Europea de Radiología Pediátrica en colaboración con el grupo de estudio de criterios de calidad de imagen del adulto. Incluye criterios de imagen y ejemplos de técnica radiográfica correcta, si bien no presenta valores de dosis de referencia. Toma en consideración las siguientes exploraciones:

- Cráneo en proyección PA/AP y LA.
- Tórax en proyección AP/PA y LA.
- Tórax en proyección AP en recién nacidos.
- Pelvis en proyección AP, en recién nacidos y niños menores de 6 meses de edad.
- Columna parcial en proyección AP y LA.
- Columna total en proyección frontal.
- Abdomen en proyección frontal con el haz de radiación vertical.
- Tracto urinario, antes y después de la administración de contraste.
- Cistoureterografía miccional.

El documento fue preparado sobre la base de controles en servicios de radiodiagnóstico pediátrico (cuyo número exacto se desconoce, al no haber contribuido todos los centros con la

¹Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics. Working document, CEC Radiation Protection Programme, European Society of Paediatric Radiology (Lake Staraberg Group) 1990.

totalidad de los estudios demandados. Se sabe, no obstante, que la cifra era alrededor de 90). A cada centro y de cada exploración le fue solicitado un control, colocando el correspondiente dosímetro TL, para la medida de dosis, pidiéndole asimismo que aportara la radiografía, para su evaluación.

A continuación se citan los aspectos más destacables de esta primera versión de documento.

Los criterios de calidad de imagen divulgados por la CE no presentan diferencias significativas respecto a los elaborados y calificados por radiólogos pediátricos para las exploraciones de cráneo, tórax, simple de abdomen, columna total y pelvis que se presentan en este trabajo.

El documento no contiene detalles de imagen, a diferencia del dedicado al adulto. Se considera que las dimensiones mínimas de los detalles de imagen dependen esencialmente de la indicación clínica. Según esto, el cumplimiento de los criterios de imagen y de la correcta técnica radiográfica debe asegurar que no serán omitidos detalles importantes de imagen.

Respecto a la recomendación de valores de dosis en tejido a la entrada, que en el documento del adulto se refieren a un paciente de constitución física estándar, no es posible por el momento proporcionarlos, por la dificultad que supone determinar el paciente estándar.

A continuación se exponen los aspectos más destacables referentes a los criterios de imagen, los parámetros más significativos del ejemplo de técnica radiográfica correcta para cada tipo de exploración y las medidas de protección radiológica recomendadas.

1. CRITERIOS DE CALIDAD DE IMAGEN

Se mantienen los términos empleados en el documento dedicado

al adulto: "visualización", "reproducción" y "reproducción nítida", para precisar en qué medida deben observarse dichos criterios.

El tamaño de campo y, por tanto, el grado de colimación son los principales factores que condicionan la calidad de imagen. Se afirma que el defecto más importante de los procedimientos de trabajo, en radiología pediátrica, es el inadecuado tamaño de campo. Como es sabido, es necesario asegurar que el campo de radiación incluye en su totalidad las zonas anatómicas de interés. Esto no debe justificar la utilización de tamaños de campo excesivos.

La correcta colimación requiere, por parte de la persona que practica el estudio, el conocimiento adecuado de la anatomía del niño así como sus variaciones en relación con la edad. También debe conocer la indicación clínica que motiva la exploración. En el documento se exponen unas tolerancias respecto del tamaño de campo.

2. EJEMPLO DE TECNICA RADIOGRAFICA CORRECTA

Los parámetros más destacables a los que se hace referencia son los siguientes:

- Localización del sistema de imagen:

Se hace la distinción entre la realización del estudio con y sin "bucky". La utilización del "bucky mesa" suele representar mayor agilidad en la realización de la exploración, pero supone incrementar la dosis al paciente. Se recomienda el uso de "bucky" en los siguientes casos:

- en las exploraciones de tórax, sólo en situaciones especiales y en adolescentes.
- en las exploraciones de cráneo, pelvis, columna, abdomen

y tracto urinario en niños mayores de 6 meses.

- Rejilla antidifusora:

De forma reiterada, se considera que en niños pequeños el uso de rejillas antidifusoras es innecesario. Cuando es necesaria su utilización, las especificaciones que deben cumplir son:

- relación 8:1.

- 40 líneas/cm.

- materiales de las interlíneas con baja atenuación a los rayos X (por ejemplo, fibra de carbono).

- el "equipo radiográfico ideal" para pacientes pediátricos debería tener la posibilidad de prescindir rápida y fácilmente de la rejilla.

- Combinaciones hoja de refuerzo-película:

Entre los parámetros radiográficos considerados, la selección de combinaciones hojas de refuerzo-película de sensibilidad 400-800 es el que tiene mayor repercusión en la reducción de las dosis. Además, permite tiempos de exposición más cortos y reduce la borrosidad cinética.

La pérdida de resolución utilizando hojas de refuerzo más rápidas es insignificante para la mayoría de las indicaciones clínicas. En la observación de detalles óseos puede ser necesaria una sensibilidad 200.

Se propone la disponibilidad de distintos sistemas de imagen, uno -para indicaciones especiales- con hojas de refuerzo de menor velocidad y mayor resolución, y otro de uso general.

- Filtración añadida:

La filtración añadida permite la selección de kilovoltajes más altos y la reducción de los tiempos de exposición, que en líneas generales son los criterios que deben seguirse en pediatría.

Todos los tubos de rayos X empleados en radiodiagnóstico pediátrico deberían tener la posibilidad de colocar filtración adicional de forma sencilla. Habitualmente, la filtración añadida más adecuada es 1 mm de aluminio más 0,1-0,2 mm de cobre.

- Materiales de baja atenuación:

Los chasis, las interlíneas de las rejillas y los tableros de las mesas de fibra de carbono permiten una significativa reducción de las dosis, que puede llegar a alcanzar el 40 %.

- Distancia foco-película:

La distancia foco-película recomendada es de 115 cm si se emplea "bucky" y de 100 cm si no se utiliza este dispositivo. Si el chasis se dispone verticalmente la distancia debe ser de 150 cm. Por razones especiales, pueden utilizarse distancias mayores.

En exploraciones bajo control de escopia, las distancias paciente-película y paciente-intensificador de imagen deberían ser lo más cortas posible para reducir las dosis. Este detalle tiene particular importancia en equipos que disponen de control automático de brillo.

- Generador:

Dadas las características de técnica radiográfica que deben emplearse, los generadores adecuados son los de 12 pulsos o multipulsos. Los generadores de 1, 2 ó 6 pulsos no pueden

garantizar tiempos de exposición suficientemente cortos. En equipos portátiles también son preferibles los generadores multipulsos. Generadores de 1 ó 2 pulsos no deberían utilizarse.

Se aconseja el control de calidad de los equipos con un rango de tolerancia de $\pm 10\%$. Si tras una verificación no se cumple este requisito, el documento considera que el equipo debería ser sustituido.

- Control automático de la exposición:

Este dispositivo deber ser especialmente diseñado para la práctica pediátrica. Debe permitir seleccionar la posición de la cámara en función de la región anatómica a explorar. Este detalle tiene interés especial por las variaciones de las proporciones corporales infantiles.

- Tiempo de exposición:

Los tiempos de exposición deben ser cortos. No obstante, considerando las características de los generadores, no deberían ser inferiores a 4 ms, por el problema del régimen transitorio inicial (o final) en el disparo, que puede suponer excesos de radiación a lo largo de tiempos de hasta 2 ms.

- Protección radiológica:

En el documento se aconseja proteger la zona corporal inmediatamente próxima al campo de irradiación. Para exposiciones entre 60 y 80 kVp y a una distancia de 4 a 6 cm del límite del campo, la reducción de dosis es de un 30-40 % con una protección equivalente a 0,25 mm de plomo. La protección resulta ineficaz si se coloca a una distancia superior a los 6 cm.

Las gónadas (cuando están incluidas en el campo de irradiación o situadas a menos de 5 cm) deberían protegerse siempre que los protectores no interfieran con la región a

estudiar. En los varones se puede reducir la dosis hasta en un 95 %. En las hembras, la protección más eficaz se consigue con una adecuada colimación. Si los ovarios están incluidos en el campo de radiación y es viable la protección, puede conseguirse una disminución de la dosis de alrededor de un 50 %.

Los ojos deberían ser protegidos en las exploraciones que implican riesgo de altas dosis. En los exámenes de cráneo, la realización de la proyección PA frente a la AP puede reducir la dosis absorbida en los ojos en un 95 %. Por tanto, cuando la colaboración del paciente permita la posición en decúbito prono, la exploración debe realizarse en proyección PA.

Las mamas son glándulas especialmente sensibles a la radiación. La protección más efectiva es la realización de los estudios en la proyección PA, como suele practicarse en las exploraciones de tórax. Por el mismo motivo, en las exploraciones de columna debe sustituirse la proyección AP por la PA.

Por último, el tiroides debería protegerse en exploraciones faciales y dentales.
