

Revisión

Protección radiológica

Juan C. Font Gelabert (*)

Introducción

El uso de las radiaciones con fines diagnósticos y terapéuticos supone la mayor fuente artificial de radiación para el público en general. Según la UNSCEAR en un país de Nivel Sanitario 1, como es el caso de España, un miembro de la población recibe por término medio, 1 mSv por año a causa de las técnicas de diagnóstico con rayos X y 0,05 mSv a causa de las técnicas de Medicina Nuclear. De ahí la importancia de ejercer un control sobre las fuentes y equipos generadores de radiación.

Las dosis recibidas en las exploraciones realizadas con rayos X tienen un rango muy amplio: Desde 0,4 mGy en el caso de una proyección PA de tórax hasta 50 mGy en una tomografía computerizada de

cabeza. En la tabla 1 se recogen Niveles orientativos de dosis aplicables al Radiodiagnóstico publicados por la Organización Internacional de la Energía Atómica (O.I.E.A.).

De forma periódica aparecen estudios sobre los efectos de las radiaciones ionizantes que indican unos riesgos asociados a las radiaciones superiores a los previstos por los organismos competentes. Dichos informes son revisados por el Comité de Radiobiología de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (I.C.P.R.), por si su contenido pudiera resultar de interés. La I.C.R.P. es un organismo internacional que dicta recomendaciones que suelen adaptarse a las normativas nacionales por los organismos reguladores correspondientes.

En ocasiones se advierte en algunos pacientes cierta aprensión a las radiaciones ionizantes y el uso de las mismas en mamografía de pacientes asintomáticas, en pediatría, etc. Dicha aprensión puede desaparecer si se examinan los datos recogidos a lo largo de la relativamente breve, pero intensa, historia de las radiaciones ionizantes y sus aplicaciones clínicas.

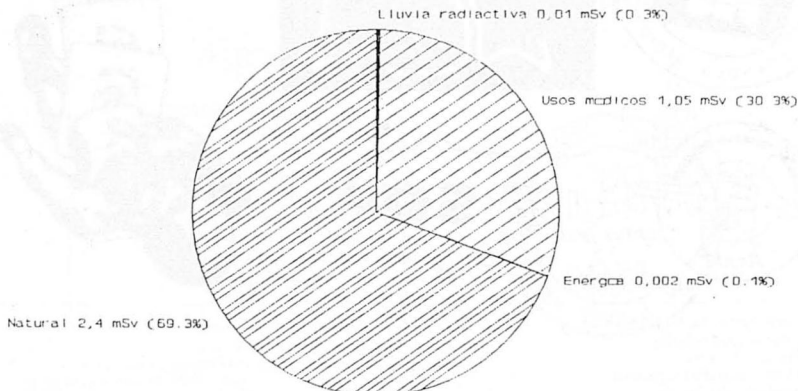


Figura 1: Dosis equivalente efectiva, por persona y año recibida por la población

(*) Físico Jefe de Servicio de Radioprotección y Medicina Física Hospital Son Dureta

Niveles orientativos de dosis aplicables en radiografía diagnóstica		
Examen	Magnitud	Dosis mGy
Columna vertebral lumbar	Dosis de entrada	AP 10
		LAT 30
		ASL 40
Tórax	Dosis de entrada	PA 0,4
		LAT 1,5
Dental	Dosis de entrada	Periapical 7
Mamografía	Dosis promedio	CC Sin Bucky 1
		CC Con Bucky 3
TAC Cabeza	Dosis promedio en múltiples cortes	50

Tabla 1: Niveles orientativos de dosis aplicables al Radiodiagnóstico. Normas Básicas Internacionales, Colección Seguridad nº 115-OIEA.

Servicios de Radioprotección o Radiofísica

El Insalud creó en Septiembre de 1990 los Servicios de Radiofísica en dieciseis hospitales, entre los cuales se encontraba el de Son Dureta. El Servicio de Protección Radiológica de Son Dureta fue creado en 1991 por la Gerencia del Hospital, siendo autorizado por el consejo de Seguridad Nuclear en Enero de 1994.

El primer físico que trabajó en Son Dureta fue D. Bartolomé Ballester Moll, quien estuvo adscrito en el Servicio de Radioterapia desde 1982 hasta la creación del Servicio de Radioprotección. En Junio de 1991 fue nombrado Jefe del Servicio de Radioprotección. En Junio de 1991 fue nombrado Jefe de Servicio. En Noviembre de 1992 abandonó Son Dureta para desempeñar un cargo análogo en el Hospital San Juan de Alicante.

En Julio de 1991 se incorporó al Servicio de Radioprotección D. Juan C. Font Gelabert, que desde Julio de 1993 es el Jefe de Servicio. En Enero de 1993 se contrató a D. Pablo Jiménez Cencerrado y en Julio de 1994 a D. Jaime Quera Jordana, ambos en calidad de Físicos Adjuntos.

La Directiva del consejo 84/466/EURATOM (Diario Oficial de las comunidades Europeas L265/1, de 5 de Octubre) se incorporó en la legislación española a través del Real Decreto 1132/1990, en el cual se indicaba la necesidad de contar con expertos cualificados en radiofísica. Desde 1993 vienen convocándose las pruebas de acceso para físico interno residente, existiendo catorce unidades docentes acreditadas en la actualidad. En forma de borrador se encuentra el Decreto que debe definir la especialidad sanitaria de Radiofísica.

Entre las funciones asignadas por el Insalud a los Servicios de Radiofísica o Protección Radiológica destacan:

- Realizar el control de calidad de los equipos de rayos X en las instalaciones de radiodiagnóstico.

- Impartir cursos homologados para capacitación del personal de instalaciones radiactivas, con una frecuencia adaptada a las necesidades de formación del personal de operación de las mismas.

- Fijar las condiciones a imponer a los vertidos de efluentes radiactivos líquidos y autorizar los mismos, según el correspondiente procedimiento.

Garantía y control de Calidad.

Según la legislación española vigente en materia de rayos X, RD 1891/1991, el titular de una instalación de rayos X viene obligado a solicitar de un servicio de Protección Radiológica la realización de un control de calidad anual de sus equipos. La comprobación de parámetros técnicos sirve para comprobar un correcto ajuste y funcionamiento de los equipos generadores, sistemas de revelado y visualización de imagen.

Sin embargo la garantía de calidad engloba aspectos más amplios, como el análisis de la tasa de rechazo de imágenes y la calidad de las mismas. En la actualidad, y en forma de borrador, existe un proyecto de Real Decreto sobre la evaluación de dosis al paciente y calidad de imagen, en el cual tendrá un papel muy importante el radiólogo a la hora de evaluar la imagen a partir de criterios objetivos.

En las campañas anuales de control de calidad que se han realizado en las Baleares, se ha detectado una deficiencia común en un buen número de equipos: la falta de filtración en el haz, resultando una irradiación innecesaria del paciente. Según el documento nº 57 sobre protección al paciente en Radiodiagnóstico de la I.C.R.P. los equipos de rayos X deben contar con una filtración de 2,5 mm. de Aluminio como mínimo, de los cuales 1,5 mm. deben ser permanentes. En la tabla 2

se indican los valores recomendados de filtración para diferentes equipos de rayos X. La filtración para diferentes equipos de rayos X, La filtración existente en el tubo de rayos X se obtiene de forma indirecta a partir de la medida de la capa hemirreductora, indicadora de la calidad del haz.

Otra prueba incorporada en el control anual de los equipos es la comprobación de la coincidencia del campo luminoso y de radiación. Entre los métodos técnicos más importantes para limitar la irradiación del paciente está el uso de los menores campos de exploración compatibles con la misma. La reducción del tamaño de campo al mínimo practicable resulta siempre beneficioso para el paciente: tanto en la dosis que recibe, como en la radiación dispersada por el propio paciente que alcanza la película.

La comprobación de la definición del campo de radiación es de poca utilidad si no se colima adecuadamente. Por ejemplo, el ajuste correcto del tamaño del campo en los estudios urológicos puede reducir notablemente la dosis recibida por las gónadas de los varones. La protección gonadal debe usarse cuando no interfiere con la exploración diagnóstica. La reducción de radiación recibida en las gónadas puede ser relativamente poco importante para el individuo, pero adquiere sentido cuando se considera la población en su conjunto. Las gónadas de los pacientes deben protegerse cuando se encuentran en haz directo o a 5 cm. del borde del campo, siempre que la protección no in-

<i>Equipo</i>	<i>Filtración</i>
<i>Convencional</i>	<i>2,5 mm Al</i>
<i>Dental con voltaje inferior a 70 kV</i>	<i>1,5 mm Al</i>
<i>Mamógrafo</i>	<i>0,03 mm Mo</i>

Tabla 2: Diferentes equipos y las filtraciones recomendadas en el report nº 34 de la I.C.R.P.

terfiera con la imagen que se desee obtener. Si las gónadas se encuentran más allá de 5 cm. el beneficio obtenido es mínimo.

Mamografía

La mamografía es una exploración para la cual se cuenta con equipos diseñados expresamente. La aplicación de esta técnica en la detección precoz del cancer de mama, screening, implica la exposición manual a las radiaciones de pacientes asintomáticas con edades superiores a 40 años.

Aunque en teoría las radiaciones son un agente cancerígeno incluso a bajas dosis, los riesgos individuales pueden ser mínimos resultando técnicas inocuas, siendo un ejemplo muy claro el de la mamografía. Los estudios realizados sobre los efectos negativos de la mamografía no han podido demostrar un incremento de casos de cáncer de mama, y sí una clara ventaja sobre otros métodos de detección precoz.

Dada la importancia de esta exploración, el Colegio Americano de Radiología lleva a cabo un programa de acreditación para estas unidades. En dicho programa se controla la calidad de imagen a partir de un objeto de prueba homologado que simula una mama y la dosis necesaria para obtener aquella imagen.

Objetivos de la protección Radiológica.

El programa de Protección radiológica tiene como objetivo evitar la aparición de efectos deterministas y limitar la de efectos estocásticos.

Filosofía de la protección Radiológica.

La forma de alcanzar el objetivo propuesto es a través de la justificación, optimización y limitación.

Los diferentes tipos de actividades (prácticas) que implican un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes deben estar previamente justificadas por las ventajas que proporcionen.

Todas las exposiciones se mantendrán de forma tal que la dosis sea lo mas baja posible teniendo en cuenta factores sociales y económicos (criterio ALARA).

La suma de las dosis recibidas y comprometidas no debe sobrepasar los límites de dosis establecidos.

Efectos deterministas.

Los efectos deterministas se caracterizan por que su manifestación clínica no aparece si no se supera un umbral de dosis. La muerte de una pequeña cantidad de células dentro de un tejido no tiene por qué afectar el funcionamiento de la mayoría de órganos, dado que pueden reemplazarse con la repoblación normal de los tejidos. Sin embargo, si la reducción de células provoca una alteración significativa en el ritmo de repoblación o en el funcionamiento del tejido u órgano se observarán efectos clínicos. Esta es una interpretación de por qué debe superarse una cierta dosis antes de que se manifieste un efecto determinista. A partir de esta dosis la severidad del efecto observado crecerá con la dosis.

Los datos de que se dispone para radiaciones X muestran un rango amplio de sensibilidades para diferentes tejidos. Sin embargo, puede concluirse que pocos tejidos muestran efectos clínicos detrimentales significativos tras una irradiación aguda de unos pocos Gray. Para dosis impartidas a lo largo de varios años, no es probable que se manifiesten efectos severos en la mayoría de tejidos si las dosis anuales son inferiores a 500 mGy. Sin embargo las gónadas, las lentes de los ojos y la médula ósea muestran una mayor sensibilidad.

Un ejemplo de efecto determinista lo constituyen las cataratas. El umbral sufi-

ciente para opacidades que causen impedimento de la visión, que ocurren algún retraso, parece estar en el rango de 2.000 a 10.000 mGy para una exposición aguda a radiación x. La tasa de dosis umbral para exposiciones crónicas es menos conocida, pero para exposiciones durante años se cree que puede encontrarse por encima de 150 mGy/año.

Efectos estocásticos.

La respuesta del organismo al desarrollo de un clon de células somáticas modificadas es complejo. El desarrollo inicial de tal clon puede ser inhibido a no ser que su desarrollo se vea promovido por algún otro agente adicional y cualquier clon superviviente puede ser eliminado o aislado muy probablemente por las defensas del organismo. Sin embargo, si no es así, puede resultar, tras un período prolongado y variable llamado período de latencia, en el desarrollo de una dolencia maligna en la cual se da la proliferación incontrolada de células modificadas. Tales condiciones se agrupan a menudo y se denominan cáncer. Los cánceres inducidos por radiaciones, con o sin la contribución de otros agentes, son indistinguibles de aquellos provocados por otras causas. Los sistemas de defensa probablemente no son completamente efectivos, incluso a pequeñas dosis, por tanto es poco probable que den lugar a un umbral de dosis en la relación dosis respuesta. La probabilidad de que un cáncer sea el resultado de la radiación será como mínimo dependiente parcialmente del número de clones de células modificadas creadas inicialmente, dado que este número influirá la probabilidad de aparición lo que se relaciona con la dosis, mientras que la gravedad de un cáncer en particular está influenciada únicamente por el tipo y ubicación de la dolencia.

Cada año la radiación natural da lugar a millones de pares de iones en la masa total de material genético de un ser huma-

no. No más de una de cada cuatro muertes es atribuirle al cáncer y la radiación es responsable únicamente de una pequeña parte de estas muertes. Claramente, el proceso que lleva de la creación de un par de iones en el ADN a la manifestación de un cáncer es un proceso que se completa muy raramente.

Estudios epidemiológicos.

Los estudios realizados sobre poblaciones expuestas a radiaciones ionizantes para evaluar los efectos estocásticos producidos corresponden básicamente a tres grupos diferenciados:

1. Los supervivientes de las explosiones nucleares en Hiroshima y Nagasaki.
2. Pacientes sometidos a tratamientos médicos y al uso clínico de las radiaciones ionizantes.
3. Trabajadores que han sufrido exposiciones accidentales intensas o protraídas.

La población de Hirishima y Nagasaki la constituyen 82.000 personas. Entre 1950 y 1974 se produjeron en este grupo 190 muertes por encima de la media (2,3%) atribuirles a radiaciones. La dosis promedio recibida fue de 270 mGy.

El segundo estudio de mayor envergadura lo forman un grupo de 14.000 pacientes tratados de espondinitis anquilosante en Inglaterra mediante rayos X, en un rango de 2.000 a 20.000 mGy. Un subgrupo de 4.400 pacientes recibieron en una sola sesión 5.000 mGy en médula espinal, estos pacientes han sido objeto de un seguimiento durante 16 años. Dieciocho de estos pacientes padecieron leucemia (0,4%) y aproximadamente el cuádruple desarrollaron otros tipos de cáncer en las regiones irradiadas.

Otro estudio referente a poblaciones expuestas al uso clínico de las radiaciones ionizantes lo constituyen 571 mujeres irradiadas de mastitis durante el postparto

con una dosis promedio de 2.470 mGy; se detectaron 18 casos de cáncer de mama por encima de la media, lo que supone un 3,1%.

Los estudios realizados sobre personal profesionalmente expuesto a radiaciones que han concluido con resultados significativos conciernen a los que manipularon Radio-226 en la década de los años 20 y aquellos que inhalan radón y sus descendientes en la minería. Sin embargo es difícil cuantificar las cantidades de material radiactivo ingerido y la posible exposición a otros agentes cancerígenos. Los efectos sufridos por los pioneros de la radiología son difíciles de relacionar con los colectivos mencionados, ya que las radiaciones a las que estuvieron expuestos son diferentes (radiación alfa y x).

Conclusiones.

En conclusión, a partir de estos y otros estudios epidemiológicos resulta que, por debajo de 100 mGy no hay evidencias de que las radiaciones produzcan efectiva-

mente un aumento de la incidencia de cáncer, efecto estocástico, en la población. Desde el punto de vista de radioprotección, deberá considerarse a las radiaciones como agente potencialmente cancerígeno por debajo de 100mGy y consecuentemente reducir las dosis en la medida de lo posible.

Para la estimación de riesgos la I.C.R.P. da unos valores, para bajas dosis y tasas de dosis bajas, de incremento de incidencia de efectos estocásticos de un 4% por cada 1.000 mSv en el caso de trabajadores sanos y de un 5% por cada 1.000 mSv para la población en su conjunto, dado que esta incluye algunos grupos más sensibles.

Los usuarios de la utilización de las radiaciones con fines médicos debemos ser conscientes de que la evaluación constante del funcionamiento de la cadena de imagen, puede impedir la repetición de un buen número de imágenes con el consiguiente ahorro de dosis al paciente, así como aplicar los recursos técnicos a nuestro alcance para disminuir la dosis al colectivo de pacientes.

Bibliografía.

La Protección Radiológica en el Medio Sanitario, Consejo de Seguridad Nuclear, 1991.

Protección of the Patient in diagnostic Radiology, Annals of the ICRP, Volume 9 No 2/3 1982, Publication 34.

Standardization of image Quality and Radiation Dose in Mammography, R Edward Hendrick, PhD, Radiology, Volumen 174, Número 3, página 648, marzo 1990.

1990 Recommendations of the International Commission on Radiological protection, Volume 21 No 1/2/3/ 1990, Publication 60.

Niveles de dosis aplicables al Radio-diagnóstico, David Cancio, Radioprotección, No 9, Volumen 3, 1995.