

## CAPITULO XVII

# RADIACIÓN Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

## TEMA 49

### INTRODUCCIÓN, CONCEPTO Y CONDICIONES DE LA SALA

AUTORES:

Vicenta Sayas Chuliá, Dolores Escribano Paños, Carmen Beleña López, Francisco Marín López  
Hospital Universitario de Valencia

#### 49.1 Introducción

Para hablar de protección radiológica, haremos un repaso por la historia de la radiología (Rayos X) y de la evolución de la protección radiológica.

En la Grecia antigua ya se intentaba explicar la atracción de los imanes, pero es en el siglo XVII, cuando nacieron las ciencias del magnetismo y la electricidad que sirvieron de base para llegar al descubrimiento de los rayos X.

En 1785 Guillermo Morgan, miembro de la Royal Society de Londres, presentó ante esta sociedad una comunicación en la cual describe los experimentos que había hecho sobre fenómenos producidos por una descarga eléctrica en el interior de un tubo de vidrio. Dice que cuando no hay aire, y el vacío es lo más perfecto posible, no puede pasar ninguna descarga eléctrica, pero al entrar una muy pequeña cantidad de aire, el vidrio brilla con un color verde, Morgan, sin saberlo había producido rayos X y su sencillo aparato representaba el primer tubo de rayos X.

Las manos de la Sra. Roëntgen no tenían nada en especial, y sin embargo se han convertido en las más famosas de la historia de la ciencia. Ya que en 1895 a su marido Wilhelm Conrad Roëntgen, se le ocurrió practicar en ellas un audaz experimento. Las expuso durante largo tiempo a la radiación de un tubo Derookes y colocó debajo una placa de fotografía. El resultado fue la primera radiografía de la historia.

Durante años se practicó la radiografía en forma desordenada, y sin medidas de seguridad. En el curso de los primeros años de experiencia, numerosos radiólogos perdieron sus manos por ello, lo que demostró los efectos perversos de la radiación. Unos meses después del descubrimiento de los rayos X se crearon los primeros tubos de rayos X con finalidad médica y más tarde en la guerra de Sudán de 1897, se utilizaron los primeros sistemas de visualización portátil.

Uno de los pioneros de la radiación médica fue Antonie Beclere, médico francés que en ésta época no paró de estudiar, practicar y publicar el resultado de sus investigaciones. En poco tiempo creó el servicio de enseñanza radiológica y sin embargo, durante décadas, la radiología, se utilizó como un mero complemento de diagnóstico con aplicaciones muy limitadas.<sup>1</sup>

Una forma de historiar la evolución de Protección Radiológica (PR) consiste en efectuar la cronología de las recomendaciones en materia de limitaciones a la exposición a radiaciones de carácter laboral:

En 1915 la Sociedad Británica Roëntger produce una declaración sobre la importancia de las medidas de seguridad en radiología.

En 1928 en el Segundo Congreso Internacional de radiología, celebrado en Paris se decide constituir el Comité Internacional de Protección contra Rayos X y Radio; así surge la actual Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, en inglés). Las primeras recomendaciones se referían a espesores de blindajes.

En 1934 se recomienda un valor de “dosis tolerable” de 0,2 rad por día.

En 1950 se recomienda la “dosis permisible” de 0,05 rad por día.

En 1958 se recomienda reducir la “dosis tolerable” a 0,1 rem por semana lo que equivale a 5 rem por año.

En 1977 se mantiene el valor de 5 rem o 50 mSv por año con la denominación “límite de dosis”. En 1990 se recomienda reducir el límite de dosis a 20 mSv por año.

Esta evolución refleja el progreso del conocimiento de los efectos de las radiaciones en los seres humanos.<sup>8</sup>

## 49.2 Concepto de radiaciones y protección radiológica

Actualmente se sabe que los rayos X pertenecen a un grupo de radiaciones electromagnéticas, llamadas así, debido a que constituyen una combinación de energía eléctrica y magnética. Estas radiaciones no poseen partículas o masa, sino que son energía pura.

Otras radiaciones electromagnéticas son: ondas de radio, rayos infrarrojos, luz ultravioleta, rayos gamma, rayos cósmicos y la luz visible. Cada radiación tiene una longitud de onda característica que determina su frecuencia. Los rayos que poseen longitud de onda corta tienen mayor frecuencia y poder de penetración que los de longitud de onda larga, que tienen menor frecuencia y menor poder de penetración.

La longitud de onda se define como la distancia entre la cresta de una onda y la cresta de la siguiente. Determina la energía y poder de penetración de la radiación.

La frecuencia se refiere al número de longitudes de onda que pasan en un punto.

Un rayo por más corta que tenga su longitud de onda es invisible, se encuentra mas allá del umbral visual y ninguno de los sentidos puede percibir los rayos X.

Los rayos X tienen capacidad para causar fluorescencia en ciertas sustancias.

Son capaces de atravesar el cuerpo humano fácilmente cuando tiene más alto voltaje. Poseen capacidad para formar una imagen latente en la emulsión de la película.

Pueden causar cambios biológicos en las células vivas. Y además los rayos X tienen efectos biológicos que se utilizan en radioterapia<sup>1</sup>.

El desarrollo científico y tecnológico, ha sido fuente de inestimables beneficios para la salud y bienestar de la sociedad, aunque alguno de ellos como los rayos X, han dado lugar a nuevos factores de riesgo para la salud de las personas. La necesidad de aprovechar los beneficios y al mismo tiempo, evitar o reducir los posibles perjuicios asociados, ha conducido al desarrollo de la protección del

medio ambiente y del medio laboral. La PR, se inscribe en ese conjunto como una disciplina orientada a promover la protección de las personas y sus descendientes, contra los riesgos derivados del empleo de fuentes de radiaciones ionizantes (RI). Sin impedir por ello aquellas actividades que utilizando RI, sean beneficiosas para la sociedad.

El sistema de PR universalmente aceptado por los países desarrollados, entre los que se encuentra España, evoluciona y mejora continuamente. Se puede afirmar que, en su estado actual, permite a los seres humanos convivir con la radiación de origen artificial dentro de excelentes márgenes de seguridad.

La PR, se debe incorporar en los tres puntos siguientes: Diseño de equipo, proyecto de instalación y fase de operación. Tratando siempre de alcanzar el equilibrio óptimo.

*El mayor ahorro de dosis es la exploración innecesaria que no se efectúa.<sup>2</sup>*

### 49.3 Condiciones de la sala

El componente físico de la sala, ya ha sido descrito en el Capítulo I, Tema 1: Descripción de la Sala.

No cabe duda de que una buena organización y un buen diseño de la sala va a contribuir, por un lado, proteger a las personas independientemente de su categoría y conseguir una correcta señalización de las distintas zonas.

Por otro lado un buen diseño de la sala, deberá ir orientado a conseguir una buena ubicación del equipo el cual pasamos a describir:

#### 3.1. MESA

La mesa sobre suelo con tablero de fibra de carbono consta de dos partes: columna (fija) y tablero (móvil).

#### 3.2. SOPORTE DE SUELO Y ARCO

El brazo giratorio puede mover el soporte en dos posiciones de trabajo y una posición de aparcamiento. La columna soporta el arco C en el que están montados el emisor de rayos X con el tubo y el intensificador de imagen con el dispositivo de elevación. Ambos provistos de pulsadores anticolisión.

#### 3.3. EL TUBO DE RAYOS X

Los rayos X se producen al hacer impactar los electrones contra un blanco de material suficientemente resistente. El “tubo de rayos X”, consta de cátodo y ánodo, colocados dentro de una envoltura de cristal en la que se ha hecho el vacío para facilitar el desplazamiento de los electrones. El cátodo consiste en un filamento de tungsteno que al calentarse emite electrones.

En el centro del ánodo se encuentra el blanco de wolframio sobre el que inciden los electrones. El haz útil de radiación sale atravesando una región del tubo, denominada ventana, en la que el espesor de vidrio es menor que en el resto.

Al chocar estos repentinamente contra el ánodo se emiten rayos X en todas direcciones, gran parte de los cuales se absorben en el propio blanco. La mayor parte de la energía de los electrones se convierte en calor que debe ser eliminado del ánodo.

Para enfriar la ampolla de vidrio, aislarla eléctricamente del exterior e impedir que la radiación salga en todas las direcciones y que se dirija sólo al campo de exploración, se encierra la ampolla, en una coraza con aceite que lo aísla eléctricamente y lo enfría. El conjunto se blindo con plomo por todas partes excepto por la ventana de salida del haz de radiación.

La parte eléctrica externa del tubo, se denomina generador de alta tensión del equipo y contiene el conjunto transformador-rectificador. Este transformador es regulable de forma que se pueda seleccionar la tensión (kv) deseada.

La alimentación de la corriente del filamento también debe ser variable. Por tanto la corriente del filamento gobierna la corriente del tubo y, en consecuencia, la cantidad de rayos X de salida.

El haz de salida de un tubo de rayos X debe filtrarse para eliminar los fotones de baja energía o fotones blandos de menor energía y menor penetración, que no contribuyen a la formación de la imagen y que son absorbidos en las primeras capas del paciente, con lo que puede disminuir la dosis en la piel, en aproximadamente un 80%.

Existen dos tipos de filtración inherente y añadida.

La filtración inherente es la que no se puede eliminar del tubo, está formada por el vidrio de la ampolla, el aceite de la refrigeración y la “ventana” de salida de la radiación.

La filtración añadida se consigue con los filtros adicionales que son materiales que se sitúan a la salida del haz, antes de que incida sobre el paciente.

Se denomina filtración total del haz a la suma de la inherente y la añadida. Se suele expresar en mm equivalentes del aluminio. En la publicación ICPR-33, se recomienda la filtración total mínima necesaria para trabajar en radiodiagnóstico en función de la tensión utilizada.

Generalmente se recurre a filtros de aluminio.

- 1,5 mm de Al para tensiones entre 50 y 70 kv
- 2,5 mm de Al para tensiones superiores a 70 kv

Los equipos deben tener un dispositivo que limite el campo a un tamaño más pequeño que el que permite la “ventana” de salida del tubo. Estos limitadores pueden ser fijos (conos, cilindros, pirámides) o colimadores o diafragmas que permitan variar el campo al separar o alejar las láminas de plomo que lo componen.

Si el haz está más abierto de lo necesario, cubriendo un campo exploratorio mayor del que hace falta, se producen una serie de efectos perjudiciales:

Sobre el paciente: se producen mayor número de fotones dispersos, lo que supone mayor dosis al paciente dentro y fuera del campo exploratorio. Sobre el trabajador: al producirse más radiación dispersa en el ambiente, aumenta la dosis recibida por el personal de la instalación. Sobre la imagen: se produce radiación secundaria que se superpone al haz directo, haciendo perder contraste entre las zonas claras y oscuras.

Una posible repetición del disparo, debida a que la radiografía tenga poco contraste, supone también un aumento de la dosis recibida por el paciente, y el trabajador.

Para disminuir los anteriores efectos conviene que el tamaño del campo sea el adecuado para cada tipo de exploración radiológica.

### 3.4. INTENSIFICADOR DE IMAGEN. TERMINAL DE TELEVISIÓN

Las técnicas modernas de fluoroscopia resuelven los problemas de calidad de imagen asociados con las antiguas pantallas radioscópias. Para ello se utilizan los intensificadores de imagen.

En estos dispositivos la luz del centellador se amplifica antes de llegar al ojo. La imagen amplificada en intensidad resultante puede observarse directamente, lo que es cada vez más frecuente, ser transmitida a un sistema de TV. La transmisión se realiza de la pantalla de salida del tubo intensificador a una cámara, mediante un sistema de lentes que enfoca la imagen en el receptor del interior de la cámara, que convierte la luz en señales eléctricas.

La utilización de cámaras de TV tiene como ventaja principal la posibilidad de grabar las imágenes y, como inconveniente, la pérdida de resolución debida al acoplamiento óptico en comparación con la película radiológica<sup>2</sup>

Los requisitos técnicos que debemos exigirle a nuestra instalación en cuanto a diseño y construcción van a ir orientados a: Proteger a las personas, de modo que las dosis equivalentes de radiación que pudiera recibir el personal profesionalmente expuesto, los pacientes y los miembros del público sean tan pequeñas como sea razonablemente posible<sup>3</sup>. El primer paso para cumplir lo anterior es el blindaje, necesario para las barreras de protección en base a optimizar la dosis colectiva y los límites individuales de dosis.

Los cálculos de blindaje los realizaremos en base a la guía del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) 5.11 (aspectos técnicos de seguridad y protección radiológicas de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico), el segundo paso optimizar la calidad de las imágenes con el mínimo de radiación.<sup>9</sup>

Con objeto de conseguir estas consideraciones en el diseño y construcción de las instalaciones, se han de observar las siguientes medidas: Las puertas de acceso deberán permanecer cerradas durante la emisión de rayos X.

Las salas de radiodiagnóstico no serán lugares de paso para acceder a otras dependencias.

Los pupitres de control de los equipos de rayos X han de estar protegidos mediante mamparas blindadas, a ser posible fijas o estructurales.

Las mamparas blindadas que protegen la zona de los pupitres de control han de disponer de visores y ha de estar prevista la comunicación con el paciente.

Los soportes de rayos X no se colocaran en la inmediata proximidad de las puertas y de manera que el haz directo pueda dirigirse hacia las mismas.

El diseño se efectuará de forma que, en la medida de lo posible, no se dirija el haz directo de radiación hacia las mamparas que protegen el pupitre de control, puertas de acceso y ventanas<sup>3</sup>.

Finalmente, la planificación y diseño de las instalaciones ha de efectuarse teniéndose en cuenta consideraciones futuras (carga de trabajo, futuras aplicaciones, etc.). Asimismo han de tomarse en consideración no sólo los límites de dosis actuales, sino que es imprescindible introducir, en todos los casos, el criterio ALARA, (As low as reasonably achievable) (Tan bajo como razonablemente realizable).<sup>3</sup>

La puesta en funcionamiento o las modificaciones de cualquier instalación o equipo de radiodiagnóstico con fines médicos necesita ser declarado y tener autorización administrativa, para que conste en el oportuno registro del Ministerio de Industria y Energía o de la Consejería correspondiente si las competencias han sido transferidas a la Comunidad Autónoma. La solicitud deben ser

presentadas por el titular (gerente) de la instalación. La documentación aportada será: descripción de la instalación, declaración sobre las previsiones de uso, certificados Comunidad Europea (CE) de los componentes del equipamiento, certificado de conformidad del proyecto con las especificaciones técnicas aplicables y que verifique que la construcción y montaje se han realizado de acuerdo con dicho proyecto.<sup>5</sup>

Desde su puesta en funcionamiento será obligado implantar, en todas las unidades asistenciales de radiodiagnóstico, un programa de garantía de calidad.<sup>6</sup>

Se establecen los criterios mínimos de control de calidad de las instalaciones de radiodiagnóstico a los que serán sometidos anualmente.<sup>7</sup>

Para una correcta utilización de las instalaciones, se tendrán en cuenta algunas especificaciones técnicas:

Se establecerán normas de actuación para la utilización de la instalación. Estas normas deberán estar escritas, ser conocidas y cumplidas por todo el personal.

Deberá llevarse un Diario de Operaciones donde se anotará cualquier tipo de incidencia registrada en la instalación.

Un resumen de todo ello figurará en el informe anual, que el titular deberá remitir al CSN dentro del primer trimestre del año natural.

Para dirigir el funcionamiento de la instalación y operar los equipos de rayos X, deberá existir personal acreditado por el CSN.

Las salas donde estén ubicados los equipos de rayos X, deben tener un acceso controlado de modo que no permanecerá ninguna persona ajena a las salas cuando los equipos de rayos X estén en funcionamiento.

Así mismo, dichos equipos, cuando estén fuera de funcionamiento, deberán permanecer en condiciones de seguridad, de modo que no pueden ser puestos en marcha ni manipulados por personal ajeno de la instalación.<sup>2</sup>

## Bibliografía

1. Historia de los rayos X (<http://virtual.cucs.udg.mx/ro/>).
2. Curso de radiodiagnóstico general, capacitación para operar en instalaciones de rayos X con fines diagnósticos. CIEMAT. Junio 1993. Depto. de Radiología. Facultad de Medicina (UCM). (varios autores).
3. Acreditación para dirigir /operar instalaciones de radiodiagnóstico (IVESP). (varios autores) 2000 Tema 13 capítulo 3.
4. Siemens. Manual instalación hemodinámica. C.H.G.U.V Instrucciones del equipo Coroskop (para cardioangiografía e intervención). Capítulo 3, página 3.
5. Real Decreto 1891/1991 BOE 3/1/92.
6. Real Decreto 1976/1999.
7. Real Decreto 2071/1995.
8. Fundamentos de protección radiológica. Capítulo 7 Pág. 93.
9. Calidad radiológica (<http://www.calidadradiologica.com>).