

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico

XI Jornada de trabajo sobre Calidad en Salud
Calidad y seguridad en los servicios de radiodiagnóstico

M^a Ángeles Rivas Ballarín
 Radiofísico Hospitalario
 Servicio de Física y Protección Radiológica
 HCU "Lozano Blesa", Zaragoza

Radiaciones ionizantes ...

- 1895: Descubrimiento de los rayos X
- 1896: Descubrimiento de la radiactividad.





... En medicina

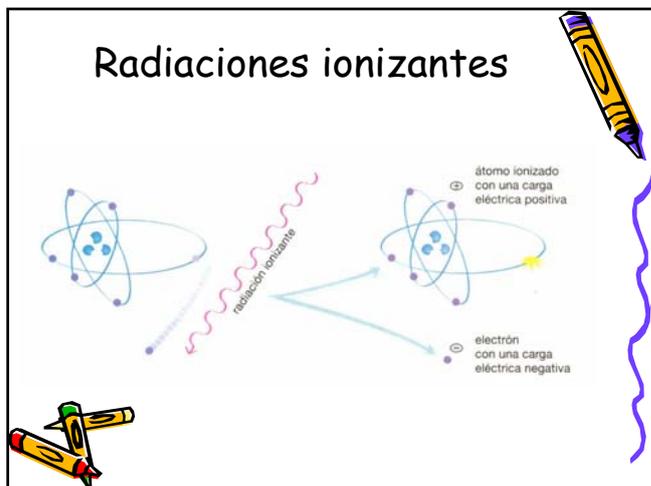
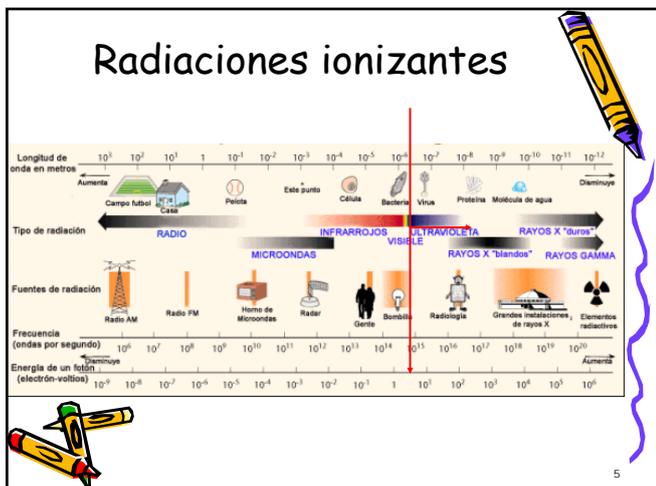
- 1896: Primeras radiografías
- 1899 : Se trata con éxito un cáncer cutáneo con rayos X
- 1905 : Se aplica radio a tumores uterinos




Aparición de efectos dañinos

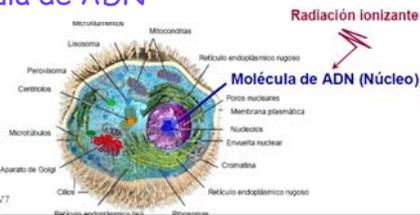
- Efectos cutáneos ("golpes de sol o insolaciones eléctricas")
- Electrocuciones



Interacción de la radiación con la célula

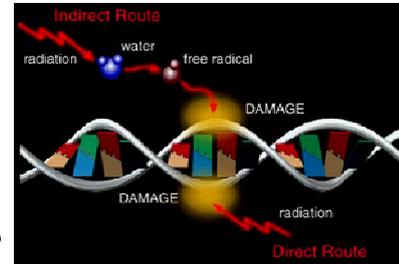
Los efectos biológicos de la radiación derivan del daño que ésta produce en la molécula de ADN



7

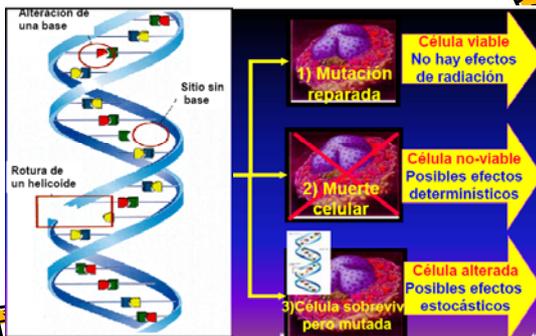
Mecanismos de interacción

- **Acción directa** sobre macromoléculas (ADN)
- **Acción indirecta** sobre el agua



8

Daño biológico de la radiación



9

Efectos de la radiación sobre los seres vivos

- **Según el tiempo de aparición**
 - **Precoces:** Aparecen en minutos u horas después de haberse expuesto a la radiación (**eritema cutáneo, náuseas**).
 - **Tardíos:** Aparecen meses o años después de la exposición (**cáncer radioinducido, cataratas**).

10

Efectos de la radiación sobre los seres vivos

- **Desde el punto de vista biológico**
 - **Efectos somáticos:** Sólo se manifiestan en el individuo que ha sido sometido a la exposición de radiaciones ionizantes (**eritema**).
 - **Efecto hereditario:** No se manifiestan en el individuo que ha sido expuesto a la radiación, sino en su descendencia, ya que lesionan las células germinales del individuo expuesto (**mutaciones genéticas**).

11

Efectos de la radiación sobre los seres vivos

- **Según la dependencia de la dosis**
 - **Efecto estocástico:** Aleatorio, probabilístico. No tiene una dosis umbral para producirse, pero la dosis aumenta la probabilidad de aparición de estos efectos, que suelen ser de tipo tardío (**cáncer radioinducido y mutaciones genéticas**).
 - **Efecto determinista:** Precisan una dosis umbral. Suelen ser efectos precoces (**eritema cutáneo**).

12

Legislación de Protección Radiológica

Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (R. D. 783/2001)

- Normas básicas de protección radiológica para el personal de las instalaciones nucleares y radiactivas y el público en general

Clasificación del Personal

- **Trabajador expuesto(TE):**
Sometido a riesgo de exposición a radiaciones ionizantes y puede recibir dosis superior a los límites fijados para el público.
- **Miembro del público:**
Individuo de la población, excluidos TE.
- **Población en su conjunto:**
Incluye TE y público.

Principios generales de P.R.

- **Justificación de las prácticas**
- **Optimización de la dosis**
- **Limitación de la dosis**
 - Impedir la aparición de efectos deterministas (límite inferior a umbrales)
 - Reducir la probabilidad de efectos estocásticos a valores aceptables

Límites no aplicables a pacientes ni familiares (restricción de dosis)

Límites de dosis

Trabajadores expuestos

- Dosis efectiva: 20 mSv / año
- Dosis cristalino: **150 mSv / año**
- Dosis piel y órganos: 500 mSv / año

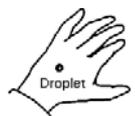
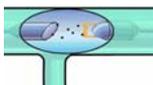
Trabajadora Embarazada:
Dosis al feto < 1mSv

Público

- Dosis efectiva: 1 mSv / año
- Dosis cristalino: 15 mSv / año
- Dosis piel y órganos: 50 mSv / año

Riesgos radiológicos

- **Generadores de radiación y fuentes encapsuladas :**
 - **Irradiación**
- **Fuentes no encapsuladas:**
 - **Irradiación**
 - **Contaminación**



Personal y zonas

	ZONA	PERSONAL	
20 mSv	C O N T R O L A D A	PROHIBIDA PERMANENCIA REGLAMENTADA PERMANENCIA LIMITADA	TRABAJADOR EXPUESTO CATEGORÍA A
6 mSv			
1 mSv	LIBRE ACCESO	PÚBLICO	

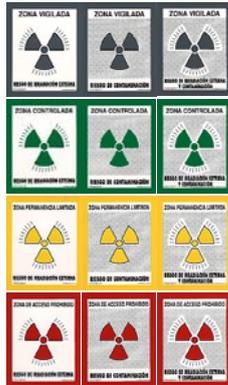
Señalización de zonas

Vigilada

Controlada

Permanencia Limitada

Prohibida



Vigilancia radiología y sanitaria de los trabajadores

• HISTORIAL DOSIMÉTRICO:

- Dosímetro obligatorio categoría A
- Dosimetría área categoría B



• CONTROL MÉDICO:

- Apto médico inicial categoría A
- Revisiones anuales categoría A

¿Qué pasa con el paciente?

Límites de dosis no aplicables



Dosis de radiación tan bajas como razonablemente sea posible, compatibles con una imagen de calidad suficiente.



Al reducir la dosis de radiación que recibe el paciente se reduce también la dosis que reciben los trabajadores expuestos

Protección Radiológica en una Instalación de Radiodiagnóstico

Reglamento rayos X

Real Decreto 1085/2009, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico.

- La utilización de equipos e instalaciones de rayos X, con fines de diagnóstico médico.
- El régimen de autorización previa EVAT.
- La acreditación del personal.
- La realización de servicios y certificación por parte de Servicios de Protección Radiológica (SPR).

Reglamento rayos X

Artículo 7. Requisitos de los equipos

- Solo equipos de rayos X de diagnóstico médico que cumplan el Real Decreto 414/1996, de 1 de marzo, sobre productos sanitarios.
- Dispondrán de certificado de conformidad como producto sanitario y ostentar el marcado CE.

Reglamento rayos X

Artículo 12. Declaración de instalaciones

Antes de su puesta en funcionamiento, las instalaciones deberán ser declaradas **por sus titulares** ante la Comunidad Autónoma.

- **Declaración del titular** sobre las previsiones de uso de la instalación y de sus condiciones de funcionamiento.
- **Certificación de la EVAT** suministradora de los equipos garantizando que cumplen los requisitos del artículo 7 del reglamento.
- **Certificación**, expedida por un (SPR) que asegure que los blindajes son adecuados.

Reglamento rayos X

Artículo 17. Clasificación de instalaciones de rayos X de diagnóstico médico

Tipo 1: Instalaciones con equipos de TC, radiología intervencionista, mamografía, equipos quirúrgicos y equipos móviles.

Tipo 2: Instalaciones con equipos de diagnóstico general, veterinario y dental no intraoral.

Tipo 3: Instalaciones con equipos de diagnóstico dental intraoral o podológico y de densitometría ósea.

Se clasificarán como de tipo 1 las instalaciones de los tipos 2 y 3 cuando dispongan de alguno de los equipos incluidos en la definición de instalaciones del tipo 1.

Reglamento rayos X

Artículo 19. Programa de Protección Radiológica

- En todas las instalaciones de rayos X de diagnóstico médico será obligatorio implantar un **Programa de Protección Radiológica**
- **Objetivo:** Garantizar que las dosis de trabajadores y público son tan bajas como sea posible y siempre inferiores a los límites de dosis.

Reglamento rayos X

Artículo 22. Capacitación del personal que opera las instalaciones de rayos X de diagnóstico médico

1. **Dirigido** por médicos con conocimientos adecuados sobre el diseño y uso de los equipos, sobre el riesgo radiológico y protección radiológica.

2. Cuando la **operación** de los equipos de rayos X no fuera a realizarse directamente por el titulado que dirija el funcionamiento de la instalación, sino por personal bajo su supervisión, éste deberá igualmente estar capacitado al efecto.

La persona acreditada para dirigir la instalación llevará a cabo la supervisión del cumplimiento del Programa de Protección Radiológica.

Reglamento rayos X

La **inmovilización** del paciente se realizará mediante **sujeciones mecánicas apropiadas**. Si no fuera posible, la inmovilización será realizada por una o varias personas que ayuden **voluntariamente**. En ningún caso **menores de dieciocho años ni mujeres gestantes**.

Diseño de la instalación

Diseño de los equipos emisores de rayos X:

- Radiación de fuga < 1 mGy/h a 1m
- Filtración > 2,5 mm Al
- Dispositivos de colimación del haz
- Diseño específico en intervencionismo



Diseño de la instalación

Diseño de la sala

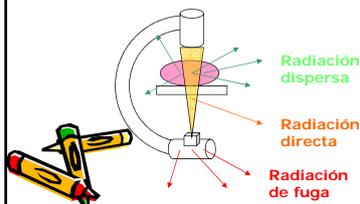
- Blindaje estructural alrededor de la sala
- Mamparas móviles y cortinillas plomadas
- Señalización luminosa emisión de rayos



Diseño de la instalación

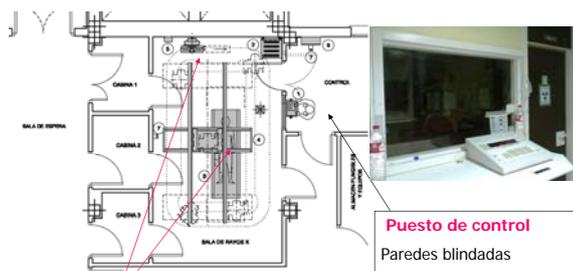
Diseño de la sala: Blindaje estructural (barrera)

- Tipo radiación (naturaleza y energía)
- Carga de trabajo W (mA.min/semana)
- Posición relativa al tubo de rayos X (factor de uso)
- Salas colindantes (ocupación)



Guía 5.11 del CSN
NCRP 147

Diseño de la instalación

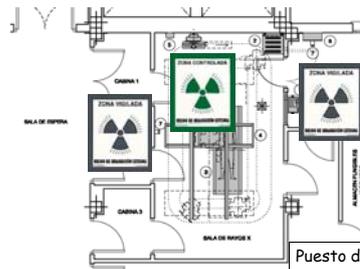


El haz directo no se dirigirá a puerta, ventanas, control.

- Puesto de control**
- Paredes blindadas
 - Ventana
 - Intercomunicador
 - Entrada independiente

Diseño de la instalación

Clasificación de zonas



- | | |
|-------------------|-----------------|
| Puesto de control | Zona Vigilada |
| Interior sala | Zona Controlada |
| Pasillos | Libre acceso |

P.R. en Radiología General

Protección al paciente:

- Sistema imagen alta sensibilidad
- Distancia foco- paciente 45 cm mínimo



Recomendaciones

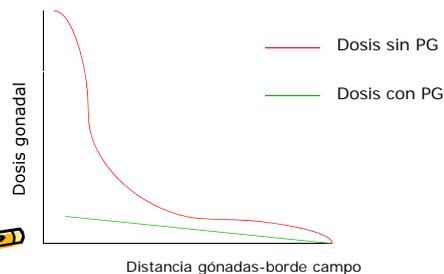
- Generadores con tiempos muy cortos
- Protectores gonadales (niño)
- Colimación manual (bebés)
- No usar rejilla antidifusora con pequeños
- Dispositivos de inmovilización.



P.R. en Radiología General

Radiología pediátrica

Efecto del protector gonadal



P.R. en Radiología General

Protección del personal:

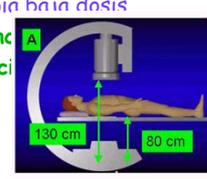
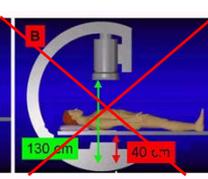
- Tras el puesto de control blindado
- Si se está en el interior:




P.R. en Radiología Intervencionista

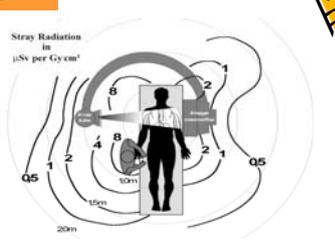
Protección del paciente

- Reducir Tiempo de escopia
- Reducir N° de imágenes
- Cambiar la orientación del haz
- Colimación
- Escopia pulsada
- Modo de escopia baja dosis
- Máxima distancia
- Mínima distancia

P.R. en Radiología Intervencionista

Protección del personal:

P.R. en Radiología Portátiles



Problemas:

- Uso sin blindaje estructural en presencia de 3^{as} personas
- Cable de disparo de 2 metros, mínimo
- Usar delantales, personal y pacientes próximos

P.R. con Radioquirúrgicos

- Escopia pulsada
- DFPaciente máxima posible

Protección del personal



P.R. en Mamografía



Recomendaciones P.R.

- Compresión de la mama (igual espesor, reduce borrosidad cinética y radiación dispersa)
- Sistemas digitales: Combinaciones ánodo-filtro para reducir dosis de radiación

No está justificada la exploración preventiva a mujeres menores de 50 años, por la probabilidad de efectos tardíos

P.R. en Tomografía computarizada (TC)



Protección al personal:

- Tras el puesto de control blindado → Dosis baja

Dosis al paciente:

- La dosis efectiva en un TC de tórax es del orden de **8 mSv** (unas 400 veces superior a una placa de tórax) y TC pelvis unos **20 mSv**.
- La dosis absorbida en tejidos se halla en los niveles que aumentan la probabilidad de cáncer.

P.R. en Tomografía computarizada (TC)

Dosis Efectiva TC / exploraciones radiográficas

Examen TC	Dosis Efectiva (mSv)	Examen radiográfico	Dosis Efectiva (mSv)
Cráneo	2	Cráneo	0.07
Tórax	8	Tórax PA	0.02
Abdomen	10-20	Abdomen	1.0
Pelvis	10-20	Pelvis	0.7
		Papilla Ba	1.5
		Enema Ba	7

P.R. en Tomografía computarizada (TC)



Protección al paciente:

- Limitar el volumen barrido
- Reducir los mAs
- Usar control automático de exposición, (reduce un 10-50% en dosis)
- Proteger con blindajes los órganos superficiales (tiroides, mama, cristalino y gónadas). Reduce en un 30-60% la dosis en el órgano.

Consideraciones respecto a pacientes.

Justificación de la exposición

- El médico prescriptor y el responsable de la realización deben tener formación adecuada en P.R. (inicial y continuada).
- Valorar la eficacia/eficiencia y beneficios/riesgos frente a técnicas alternativas sin radiaciones ionizantes.
- Los criterios de justificación figurarán en los Programas de Garantía de Calidad de las unidades asistenciales.

Consideraciones respecto a pacientes.

Optimización de la dosis de radiación: imagen de calidad adecuada a la menor dosis posible.

- Procedimientos diagnósticos y terapéuticos a partir de protocolos establecidos.
- Adecuación de haz al espesor del paciente (kV, filtro).
- Colimación para disminuir dispersa, evitar órganos de riesgo próximos.
- Sistema de imagen adecuado (dosis↓)
- Advertir a mujeres en edad de procrear.
- Aprovechar estudios previos

Consideraciones respecto a pacientes.

Niveles de dosis de referencia

Valores de referencia en grafía para adultos (RD 1976/1999)

Exploración	Dosis superficie a la entrada (DSE) en mGy
Abdomen AP	10.0
Columna lumbar AP/PA	10.0
Columna lumbar L	30.0
Columna lumbo-sacra L	40.0
Cráneo AP	5.0
Cráneo L	3.0
Cráneo PA	5.0
Mamografía	10.0
Pelvis AP	10.0
Tórax L	1.5
Tórax PA	0.3
Dental	7.0

Dosis típicas al feto en fluoroscopia o tomografía computarizada (TC)

Exploración	Dosis Media (mGy)	Dosis Máxima (mGy)
Papilla de bario	1.1	5.8
Enema de bario	6.8	24
TC de cráneo	<0.005	<0.005
TC de tórax	0.06	1.0
TC de abdomen	8.0	49
TC de pelvis	25	80

Datos del Reino Unido, 1998

¿Y cómo se protege al público

La protección del público garantizada por el blindaje de la sala.

Caso práctico 1

Junto a una sala de rayos X de tórax hay un despacho con una secretaria a 0,5 metros de la pared donde se halla el bucky mural. La tasa de dosis medida en ese punto es de 10 µSv/h. La secretaria teme que pueda superar el límite de dosis de 1 mSv/año (20 µSv/sem). ¿Está en lo cierto?

Datos:

- 40 horas /semana de trabajo.
- 40 pacientes por turno de 8 horas a 2 proyecciones por paciente.
- Cada disparo dura 0,1 segundos.

(Pista: Tiempo total de irradiación en una semana)

Caso práctico 2

Una paciente embarazada llega al servicio de urgencias de un hospital, tras sufrir un accidente. El facultativo considera necesario hacer un TC de cerebro. La dosis de radiación recibida por el feto durante la exploración ¿pondrá en riesgo su integridad física?

¿Y si la paciente presentase lesiones en la región lumbosacra? ¿Podría hacerse un TC de pelvis? ¿Y una RMN?

Caso práctico 3:

Una trabajadora expuesta se ha quedado embarazada. A la vista del historial dosimétrico del último año ¿ puede continuar en su puesto de trabajo o debe ser trasladada a otro con menor riesgo?

CND
CENTRO NACIONAL DE DOSIMETRÍA

HISTORIA DOSIMÉTRICA PERSONAL

FECHA:
DNI:
Sexo: Mujer

Relación de dosis en mSv (Continuación)

Historia	Tipo de dosimetría	Asignación dosis	Uso desde	Dosis Profunda		Dosis Superficial		Observ.
				Asignada	Anual (Quilquesenal)	Asignada	Anual	
Cuerpo Total								
		04/12	03/12	0.3	0.3	0.3	0.3	L-1
		05/12	04/12	0.3	0.6	0.6	0.3	L-1
		06/12	05/12	0.1	0.7	0.7	0.1	L-1
		07/12	06/12	0.2	0.9	0.9	0.2	L-1
		08/12	07/12	0.2	1.1	1.1	0.2	L-1
		09/12	08/12	0.2	1.3	1.3	0.2	L-1
		10/12	09/12	0.3	1.6	1.6	0.3	L-1
		11/12	10/12	0.2	1.8	1.8	0.2	L-1