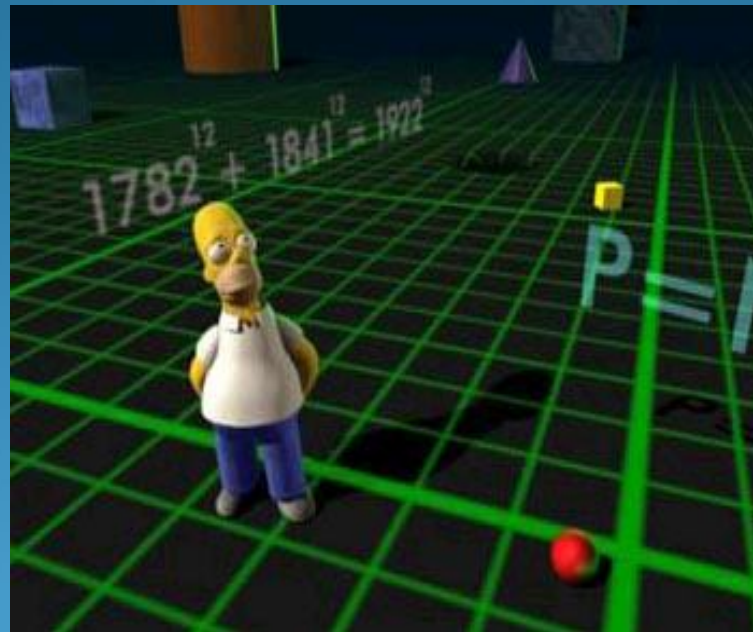


Magnitudes y Unidades



Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica

Magnitudes

Del emisor

Del haz

Del medio

De la Interacción

Radiobiológicas o de Protección Radiológica

Del Paciente

Magnitudes del Emisor

- ***Emisores de Radiación:***

- Electroinducidos. Equipos que producen radiación ionizante, utilizando el frenado de los electrones

- ***Intensidad de Corriente:***

- Corriente eléctrica.
- Carga del electrón, q
- Carga total, $Q=N \cdot q$
- Intensidad de Corriente, $I=Q/t$. Unidad: Amperio, $A=C/sg$.

Radiodiagnóstico:

- Electrones producidos por efecto termoiónico en el cátodo y se dirigen al ánodo.
- El número de fotones producidos es proporcional a la Intensidad.
- Las intensidades de un equipo de Rx son de mA .

Magnitudes del Emisor

- ***Voltaje:***
 - Diferencia de potencial entre cátodo y ánodo.
 - La energía de los fotones es proporcional al voltaje.
 - Unidad: voltio. Unidad típica en Rx, *KV* (kilovoltios)
 - Energía de los electrones, $E = q \cdot V$ (Julios)
- ***Espectro Energético:***
 - Número de partículas del haz frente a su energía.
 - La energía de los fotones que emergen de un tubo de Rx puede variar entre cero y la energía máxima de los e-, *espectro continuo*.
 - Además emergen fotones monoenergéticos, característicos, que dependen del material del ánodo, *espectro discreto*.
 - Ambos espectros son atenuados por el tubo y el filtro metálico.

Magnitudes del Haz de Radiación

- ***Haz de Radiación:***
 - Conjunto de partículas emitidas por una fuente de pequeños tamaño y limitado por un diafragma o colimador.
 - Rx, fuente: superficie del ánodo. Unos pocos *mm*.
 - La sección varia proporcionalmente al cuadrado de la distancia a la fuente.
- ***Intensidad del Haz:***
 - Flujo de partículas, n° de partículas transportadas por s.
 - Fluencia de partículas, n° de partículas transportadas por *m*.
 - Intensidad del haz, combinación de ambas:

$$\Psi = N/t \cdot S$$

Magnitudes de Interacción

- La interacción de las radiaciones ionizantes deposita energía en el medio, por lo que se altera la distribución original del mismo, produciendo fenómenos microscópicos y macroscópicos.
- ***Transferencia Lineal de Energía:***
 - Se define únicamente para partículas cargadas.
 - Densidad lineal de ionización, *DLI*: nº de pares de iones producidos en un medio por unidad de recorrido de las partículas.
 - Transferencia lineal de Energía, *LET*:

$$LET = DLI \cdot W$$

- Donde *W* es la energía media necesaria para formar un par de iones y producir una ionización (En aire y hasta energías de 50 MeV su valor es de 33.97 eV)
- Unidad *keV/μm*, o *MeV/μm*.

Magnitudes de Interacción

- **Exposición:**

- Antigua, medio: el aire, partículas: fotones.
- Valor absoluto, de la carga total de todos los iones, de un mismo signo, cuando todos los electrones liberados por los fotones en una masa de aire, m , son detenidos completamente dividido por dicha masa:

$$X=Q/m$$

- Unidad: C/Kg . Unidad especial: Roentgen, R
- Relación $1C/Kg=3876 R$
- Los efectos en tejidos serán proporcionales a los efectos en aire.
- Tasa de Exposición.

Magnitudes de Interacción

- **Kerma y Dosis Absorbida:**

- Sustituyen a la Exposición.
- Se definen para todas las radiaciones ionizantes, y para cualquier material.
- No toda la energía se absorbe, parte de ella se escapa (básicamente los fotones producidos).
- La energía transferida a un medio, será la suma de la absorbida por el mismo y la radiada:

$$E_{tr} = E_{ab} + E_{rad}$$

- Kerma, K : cociente entre la energía transferida al medio y la masa del mismo.

$$K = \frac{E_{tr}}{m}$$

- Dosis absorbida, D : cociente entre la energía absorbida por el medio y la masa del mismo.

$$D = \frac{E_{ab}}{m}$$

Magnitudes de Interacción

- Si en la interacción no se producen fotones secundarios, entonces, $E_{tr} = E_{ab}$ y $K=D$. En radiología diagnóstica, K y D tienen el mismo valor.
- Unidad: J/Kg , se denomina gray, Gy. Unidad especial el rad:
$$1 \text{ rad} = 1 \text{ cGy}$$
- Tasas de Kerma y Dosis Absorvida:
 - Gy/s.
 - Gy/min, en radioterapia.
- Equivalencia entre exposición y dosis, depende de la energía de los fotones y del medio irradiado:

$$D(\text{rad}) = f \cdot X(R)$$

- **Ejemplo:** Rx de 100 kV que producen una exposición de 1 R en un punto, dan lugar a una D en aire de 0.87 rad y una D en tejido de 0.95 rad. Es decir, si el medio es tejido blando (agua) y las energías fotónicas están entre 0.01 y 100 MeV la exposición en R es de valor aproximado a la dosis en rad.

Magnitudes de Protección Radiológica

Efectos de las radiaciones ionizantes sobre los tejidos vivos, o sobre grupos de personas. El daño biológico no solo depende de la dosis absorbida, sino también de otros factores:

- El tipo de radiación (y con ella su LET).
- El tejido irradiado.

- ***Dosis Equivalente:***

- El daño celular depende de la forma en que se reparte la energía a lo largo de la trayectoria de las partículas que atraviesan el medio.
- Dosis equivalente:

$$H_T = D_{T,R} \cdot W_R$$

$D_{T,R}$: la dosis absorbida promediada sobre el órgano o tejido T, procedente de la radiación R.

W_R : el factor de ponderación de la radiación.

Magnitudes de Protección Radiológica

- El factor W_R depende del tipo de partícula y de la LET.

<i>Partícula</i>	W_R
Fotones y electrones	1
Neutrones	5-20
Protones de E > 2 MeV	5
Partículas alfa, fragmentos de fisión y núcleos pesados	20

Magnitudes de Protección Radiológica

- En Rx diagnósticos, las partículas involucradas son fotones y electrones. Por tanto dosis y dosis equivalente tienen el mismo valor.
- Unidad: Sievert, Sv.
$$1\text{Sv} = 1\text{ J/Kg} = 100\text{ rem}$$
- Tasa de dosis equivalente:
 - Sv/s
 - mSv/h, para medidas ambientales.
 - mSv/año, para definición de los límites de dosis equivalente.

Magnitudes de Protección Radiológica

- ***Dosis Efectiva:***

- Suma ponderada de las dosis equivalentes recibidas en cada órgano o tejido del cuerpo humano:

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T$$

- W_T factor de ponderación para cada órgano o tejido, dado que tienen distinta sensibilidad a la radiación. Porción del riesgo que se debe a un órgano dentro del riesgo total.
- H_T es la dosis equivalente que ha recibido dicho órgano o tejido.

Magnitudes de Protección Radiológica

- *Valores de los factores de ponderación del tejido:*

Tejido/ Órgano	W_T	Tejido/ Órgano	W_T
Gónadas	0,2	Estómago	0,12
Mama	0,05	Vejiga	0,05
Médula ósea	0,12	Hígado	0,05
Pulmón	0,12	Esófago	0,05
Tiroides	0,05	Piel	0,01
Superficie ósea	0,01	Resto de órganos	0,05
Colón	0,12		

En el resto de órganos se incluye: glándulas suprarrenales, cerebro, intestino grueso superior, intestino delgado, riñones, músculos, páncreas, bazo, timo y útero. Todos juntos proporcionan el valor de 0.05.

Magnitudes del Paciente Radiológico

- La legislación vigente en España, demanda el conocimiento de la dosis que ha recibido el paciente, limitándola y obligando a controlarla.
- **Factor de Retrodispersión:**
 - Cociente entre la dosis en un punto, alcanzado por un haz de Rx, con un determinado material tras él, D , y la dosis en el mismo punto pero eliminando el material, D_0

$$B = \frac{D}{D_0}$$

- Aumenta:
 - con el tamaño del campo
 - con la corriente del tubo
 - con la densidad del medio,
 - al aumentar el kilovoltaje (a las energías utilizadas en Rx).

Magnitudes del Paciente Radiológico

- Los valores usuales de B en Rx diagnósticos oscilan entre 1.2 y 1.45.
- **Dosis Entrada, D_o :**
 - Es la dosis en el punto de intersección del eje del haz con la superficie del paciente, pero en ausencia de éste.
 - No tenemos en cuenta la radiación difundida por el paciente.
 - Unidad, Gy.
 - Es la que se utiliza para dar los valores de referencia de las distintas exploraciones radiológicas.
 - Las dosis de referencia sirven para comparar las prácticas radiológicas entre distintos centros y equipos, para homogeneizar y disminuir al máximo las dosis recibidas por los pacientes.
 - Las dosis de referencia que se proponen en el Real Decreto 2071/1995, son:

Magnitudes del Paciente Radiológico

Exploración	$D_0(mGy)$	Exploración	$D_0(mGy)$
Abdomen AP	10	Cráneo PA	5
Columna lumbar AP/PA	10	Mamografía	7
Columna lumbar L	30	Pelvis AP	10
Columna lumbo-sacra L	40	Tórax L	1.5
Cráneo AP	5	Tórax PA	0.3
Cráneo L	3	Dental intraoral	7

Dosis entrada de referencia

- Aumenta al reducirse la distancia del foco de Rx a la superficie del paciente

Magnitudes del Paciente Radiológico

- **Dosis Superficie, D_s :**
 - Es la dosis en el punto de intersección del eje del haz con la superficie del paciente, sin ausencia de éste.
 - Unidad, Gy.
 - Debido al factor de retrodispersión, su valor será superior al de la dosis de entrada.
 - También aumenta al reducir la distancia fuente piel.
- **Rendimiento en profundidad:**
 - Es el cociente entre la dosis a una determinada profundidad D_t , y la dosis en superficie, D_s :
$$R = \frac{D_t}{D_s}$$
 - Aumenta con:
 - Tamaño del campo.
 - La energía de los fotones.
 - Es adimensional, y se expresa en tantos por cien.

Magnitudes del Paciente Radiológico

- **Producto dosis-área, *PDA*:**
 - Producto de la dosis absorbida en aire, promediada respecto a la sección del haz y multiplicada por el área de dicha sección.
 - Unidad $Gy \cdot cm^2$, es mas habitual $Gy \cdot m^2$
 - En su medida no debe influir la retrodispersión del paciente, por lo que se mide entre éste y el colimador, pero alejado del paciente.
 - Utilidad:
 - Obtenemos la energía impartida al paciente, dosis integral.
 - Obtenemos la dosis de entrada, de una forma sencilla y sin interferir en la realización de la exploración.

Resumiendo

- En RI todas las magnitudes: Exposición, Kerma, Dosis, Dosis Equivalente, Dosis Efectiva están relacionadas y midiendo cualquiera de ellas se puede estimar el riesgo.
- Para valorar los riesgos deterministas se usa la Dosis Equivalente.
- Para valorar los riesgos estocásticos (cáncer, malformaciones en el feto, etc.) en los trabajadores y pacientes, se usa la Dosis Efectiva.
- En ausencia de maniquíes sólo se puede medir a la entrada y salida del haz.
- Tras atravesar el paciente, la radiación se habrá reducido en intensidad entre 500 y 1000 veces, alcanzando la entrada del intensificador. Puesto que a la salida debe haber una cierta intensidad, podríamos aumentar la dosis a la entrada, pero cuanto más alta es la dosis de entrada mayor es el riesgo del paciente.

Resumiendo

- Algunos valores de referencia publicados en la literatura, para procedimientos de radiología intervencionista:

Procedimiento	PDA (Gy.cm ²)
TIPS	353.7
Embolización hepática	81.68
Drenaje biliar	68.87
Manometría hepática	25.3
Arteriografía cerebral	68.16
Valvuloplastia	96.42
Angioplastia transluminal percutánea coronaria	87.5
Arteriografía renal	92.92
Arteriografía de miembros inferiores	66.63
Fistulografía de miembros superiores	8.71
Flebografía de miembros inferiores	2.94
Coronariografía	66.51
Arteriografía aórtica	24.7

Resumiendo

- Algunos valores de referencia publicados en la literatura, para procedimientos de radiología intervencionista:

Procedimiento	Dosis efectiva media (mSv)
Angiografía cerebral	7.4
Angiografía carótida	4.9
Angiografía de miembros superiores	0.3
Angiografía fistula AV	0.2
Angiografía torácica	11.9
Nefrostografía	2.4
Angiografía renal	6.4
Colangiografía transhepática percutánea	12.8
Portografía arterial con tomografía computerizada*	12.9
Angiografía hepática	21.7
Biopsia hepática transyugular	5.5
Angiografía abdominal	18.9
Angiografía femoral	7.5
Angiografía de extremidades inferiores	0.8
Embolización cerebral	10.5
Angioplastia de fistula AV	0.3
Procedimientos terapéuticos torácicos	16.3
Inserción/retirada de stent biliar	6.9
TIPS	83.9
Nefrostomía	6.9
Angioplastia renal	13.6
Otros procedimientos terapéuticos abdominales (excluyendo renales y hepáticos)	26.9

* solo incluye procedimientos angiográficos previos a la tomografía computerizada

Resumiendo

- Tasa de dosis en fluoroscopia:
 - Depende de los ajustes realizados por el servicio técnico.
 - Seis modos de operación, tres modos de fluoroscopia: dosis baja, media y alta. Y para cada uno de ellos, dos modos de contraste: alto o normal.
 - Tasa de dosis a la entrada:
 - Para un paciente de tamaño estándar
 - En modo de baja dosis: 15 mGy/min .
 - En modo de alta dosis: 100 mGy/min .
- **Ejemplo:** en procedimientos cardiacos y trabajando con un formato del intensificador de imagen de 22-18 centímetros, y para un tamaño normal de paciente en proyección AP, la referencia podría ser 30 mGy/min . Con esta tasa de dosis, puede obtenerse una calidad de imagen apreciable.

Resumiendo

- Dosis por imagen:
 - Depende de los ajustes realizados por el servicio técnico.
 - Dosis de entrada:
 - Para un paciente normal.
 - Formato de intensificador de imagen de 22 centímetros.
 - Oscila desde 50 $\mu\text{Gy}/\text{imagen}$ a 500 $\mu\text{Gy}/\text{imagen}$ para cardiología
 - Oscila desde 1 mGy/imagen a 10 mGy/imagen para las técnicas de sustracción digital.

Fin del Tema

Gracias.