

# VIII

CONGRESO NACIONAL DE  
TECNOLOGÍA  
APLICADA A  
CIENCIAS DE  
LA SALUD

15-17  
JUNIO, 2017

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS  
DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León



## Optimización de dosis efectiva, al usar rayos X para radiodiagnóstico en pacientes de Latinoamérica

F.Tavera<sup>a</sup>, G. Zarián<sup>a</sup>, J.Granados<sup>a</sup>, R.T. Hernández<sup>a</sup>.

<sup>a</sup> División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco

[fer8707@gmail.com](mailto:fer8707@gmail.com), [gzari27@gmail.com](mailto:gzari27@gmail.com)

### I. RESUMEN

Con el fin de optimizar la dosis y reducir todos los riesgos que existen al sobrepasar los niveles de referencia, se hizo un análisis de los factores determinantes como: espesor del paciente, tiempo de exposición, número de imágenes requeridas, y tipo de equipo utilizado. Estos factores usados en la práctica médica en Latinoamérica, influyen en la dosis recibida por cada paciente, ya que sus características varían en gran medida, actualmente no se aplican límites de dosis, pero si los niveles de referencia, los cuales indican el uso adecuado de rayos X para radiodiagnóstico.

### II. INTRODUCCIÓN

El uso de rayos X se ha incrementado al paso de los años, debido al uso práctico y sencillo de la radiación ionizante, así como la rapidez del diagnóstico al poder visualizar una imagen de manera inmediata.

La utilización de las radiaciones en medicina supone con mucho la mayor fuente de exposición a las radiaciones de origen artificial. Este es un campo en continua evolución y según los últimos datos del UNSCEAR, en 2008 [1] el promedio anual de procedimientos médicos con radiaciones ionizantes supera los 3.600 millones, frente a los 2.400 millones que se constataban en el periodo 1991-1996. La mayoría son estudios diagnósticos con rayos X (de ellos, 3.143 millones corresponden a estudios de diagnóstico con rayos X, 480 millones a procedimientos de radiología dental), 32,7 millones en medicina nuclear, y unos 5,1 millones de tratamientos de radioterapia. Si bien el reparto por países es muy desigual debido a las diferencias socio-económicas, en promedio, por cada 1,000 personas, anualmente se realizan 488 exploraciones de diagnóstico y 74 exámenes dentales. De aquí la importancia de analizar factores que intervienen en la práctica médica.

### III. OBJETIVO GENERAL

Analizar los distintos factores usados en la práctica médica en la Latinoamérica con el fin de observar su influencia en la dosis recibida para cada paciente.

### IV. DOSIS Y SUS EFECTOS

Los parámetros utilizados para el cálculo de dosis son: corriente (mA), tiempo de exposición (ms), voltaje (KV), y filtración (mm de Al) los cuales definen la calidad y cantidad del haz de energía, proveniente del tubo de rayos X, estos rayos se distribuyen en el paciente, distribuyendo consigo la dosis dentro del organismo.

Para calcular la dosis efectiva se calcula la dosis en aire (KERMA), posteriormente el producto dosis-área (DAP), después la dosis de entrada, siguiendo con la dosis profunda y finalmente la dosis en órganos, expresada en mSv, siempre tomando en cuenta las diferentes distancias, como foco-piel, foco-receptor, etc.

La dosis absorbida es la energía almacenada por unidad de masa, se aplica a cualquier radiación y a cualquier material, tomando en cuenta la energía que la radiación imparte a un elemento de volumen dado y la que le llega a dicho elemento escapada de otros elementos vecinos. Los elementos vecinos a uno dado, sobre el que se está calculando la dosis dispersa parte de la radiación que les llega, eso hace que la dosis en el elemento crezca, cuanto mayor sea el número de elementos de material irradiado por el haz.

Si el material de volumen donde se está midiendo la dosis absorbida estuviera rodeado de muchos otros elementos de volumen similares, la energía que escapa de unos sería estadísticamente absorbida por otros. Esa es la situación en los tejidos biológicos en radiodiagnóstico a cierta profundidad bajo la piel, así que el KERMA y la dosis absorbida se igualan.

La dosis efectiva mide el efecto causado por la radiación en diferentes órganos y tejidos en el cuerpo dando lugar a diferentes probabilidades de daño y diferente gravedad (efectos estocásticos).

La radiación no causa el mismo daño a todas las partes del cuerpo, ya que los tejidos orgánicos no son idénticos, su sensibilidad varía. Al momento de irradiar el cuerpo se deben tener en cuenta estas diferencias, esto se hace al calcular la dosis efectiva que es un promedio ponderado de la dosis equivalente recibida por los órganos:

# VIII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León



$$E = \sum_T w_T * H_T$$

Donde  $w_T$  es un factor de ponderación que cuantifica la sensibilidad en un tejido orgánico específico a la radiación recibida y  $H_T$  es la dosis equivalente. Los factores de ponderación son una estimación y los publica la Comisión Internacional de Protección Radiológica, estos pueden variar al paso de los años como consecuencia de los avances en la tecnología e investigación.

Al usar radiación se producen dos efectos biológicos: determinísticos y estocásticos. Para las imágenes diagnósticas (tomografía computarizada, medicina nuclear, radiografía y fluoroscopia), prácticamente la dosis se encuentra en el nivel de los efectos estocásticos. Los efectos estocásticos son generalmente cambios determinantes que resultan en cáncer o anomalías heredables. Para los efectos estocásticos, el riesgo se incrementa con la dosis, pero la severidad de este efecto, no se incrementa, por ejemplo, el grado de severidad del cáncer, en estos casos no existe límite.

Cuando una persona se expone a la radiación como parte del diagnóstico o tratamiento, de acuerdo con la CIPR y las BSS, debe actuarse según dos principios básicos de protección radiológica: justificación y optimización.

De acuerdo con la IAEA existen tres niveles de justificación:

- Nivel general: se acepta que el uso de radiación en medicina genera más beneficios que daño.
- Nivel genérico: procedimiento específico con un objetivo específico: radiografía de tórax para pacientes con sintomatología.
- Tercer nivel: aplicación del procedimiento a un paciente individual.

La optimización se aplica habitualmente en dos niveles: diseño y construcción de equipos e instalaciones y práctica radiológica día a día. Las dosis deben ser "tan bajas como sea razonablemente alcanzable, tomando en consideración factores económicos y sociales".

## V. TÉCNICAS Y PROTOCOLOS

De manera cotidiana se utilizan técnicas y protocolos de la literatura europea, debido a que son los más avanzados y recomendados de acuerdo a la investigación hecha por especialistas y a las diversas investigaciones en donde se utiliza radiación ionizante en donde se sugieren valores llamados niveles de referencia, como una orientación médica para saber si se ha sobreexposto tanto el personal médico como los pacientes, estos niveles son los valores medios de una muestra significativa de pacientes con características similares.

En el Protocolo español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, se abarca gran cantidad de equipos, desde equipos de radiografía, equipos de fluoroscopia, resonancia magnética, ecografía, mamografía, tomografía computarizada, etc. Con pruebas para cada equipo, explicadas de manera clara y precisa, indica las tolerancias para cada estudio, así como la periodicidad y descripción correspondiente.

Así como los protocolos pueden variar de país en país, también las técnicas para cada estudio, y más aún para cada hospital, ya que la formación de cada médico, técnico, y en general del personal ocupacionalmente expuesto ha sido distinta, cambian las técnicas y en consecuencia los resultados que se obtienen al estimar y/o calcular la dosis.

Antes de realizar un estudio al paciente se debe conocer el historial médico de éste, patologías si existen, su evaluación socio-económica, estudios previos a realizados, así como la justificación del porque se solicita. Ya que se ha observado que muchas veces se hacen más estudios de los necesarios a pacientes que tienen mayor tiempo internados en el hospital, lo cual implica un incremento de dosis suministrada durante su diagnóstico y tratamiento.

Otro punto clave para conocer la dosis de cada paciente es entender el funcionamiento total del aparato que suministra la radiación, es decir del equipo utilizado, su caracterización, los parámetros que arroja y el significado de estos, ya que muchas veces tienen un indicativo de dosis, por ejemplo un índice de exposición, o valor del KERMA, DAP, etc.

Contar con programas de Garantía y control de Calidad es de vital importancia dentro del radiodiagnóstico, al existir estos se garantiza el uso correcto de los equipos al estar dentro de un las especificaciones de normas vigentes se garantiza el empleo óptimo de la radiación.

## VI. RELEVANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PACIENTES

Al comparar un paciente de Europa con uno de Latinoamérica se observa que la anatomía a simple vista es diferente, al aplicar las técnicas y protocolos los resultados son distintos, por ejemplo, el espesor de un paciente mexicano varía en gran medida, debido a que la obesidad es un factor determinante porque de acuerdo al espesor se aumenta o

# VIII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León



disminuyen parámetros como los kV, mA y tiempo de exposición, modificando la dosis en el organismo. Si a lo anterior se suma que el procedimiento realizado, tal como una toma de radiografía simple, se realiza repetidas veces durante la estancia y tratamiento de paciente en el hospital, la dosis aumenta, aumentando los riesgos latentes que derivan de un exceso de radiación ionizante, en este caso.

En la siguiente lista se resumen los factores determinantes de la cantidad de dosis suministrada, hasta ahora observados:

- Uso adecuado de técnicas y protocolos vigentes.
- Conocimiento previo del historial médico del paciente, así como sus características anatómicas.
- Uso y conocimiento de los equipos utilizados en radiodiagnóstico.
- Contar con programas de Garantía y control de calidad vigentes.

## VII. DISCUSIONES Y OBSERVACIONES

Debido al gran avance de cambiar radiología computarizada (CR) a radiología directa (DR) se ha incrementado el número de imágenes en cada estudio, una mejor imagen implica una mayor dosis, los equipos digitales dan la opción de poder eliminar la imagen y poder tomar otra en tiempo real, en la práctica se realizan más exposiciones de las necesarias a los pacientes. La calidad de las imágenes, el poder visualizar lo requerido es de los puntos más importantes dentro del radiodiagnóstico, ello implica muchas veces que las imágenes radiográficas sean "excesivas" durante el diagnóstico y tratamiento del paciente, de aquí el énfasis que debe tener la justificación de cada proceso, el cual involucre uso de radiaciones ionizantes.

El saber interpretar los indicadores de dosis de cada equipo con el que se trabaja es sumamente importante, ya que si se conocen los rangos de los parámetros cuantificables se pueden optimizar las técnicas, proporcionar un estudio adecuado al paciente, siguiendo en todo momento el principio ALARA.

Al hacer una comparación entre las medias anatómicas de un paciente europeo contra un latinoamericano es evidente la diferencia entre estos, la dosis será distinta aunque se utilicen las mismas técnicas y protocolos, también los recursos tecnológicos en los distintos países latinoamericanos son diversos y no necesariamente suficientes para cada hospital comparados con los europeos, falta implementar y desarrollar tecnología para medir y/o estimar la dosis en países de Latinoamérica.

## VIII. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

El uso de los protocolos y técnicas en un futuro deberían ser estandarizadas para todos los países, fomentando revisiones continuas así como actualizaciones de médicos, radiólogos, técnicos, físicos médicos, etc.

Cada hospital debe contar con Programas de Garantía y control de calidad, regidos por normas vigentes, sabiendo que los equipos y el personal están trabajando de manera correcta, se garantiza un adecuado tratamiento al paciente encaminado a la pronta recuperación de su salud. Continuo a esto se pueden conseguir datos fiables para hacer el cálculo de dosis; al tener estos resultados se obtiene un control dosimétrico, así como el historial dosimétrico para que cada centro hospitalario pueda comparar sus niveles de dosis con los niveles de referencia y pueda saber si está trabajando de manera óptima o si están por debajo de estos o si están por encima, indagar sus causas y consecuencias, además de encontrar la justificación seguida de la optimización a dosis altas.

La capacitación continua del personal que trabaja con radiaciones es clave para una buena práctica médica y la optimización de la dosis suministrada a cada paciente ya que se pueden mejorar técnicas, uso de parámetros y ampliar el conocimiento de los equipos.

Desarrollar nuevas tecnologías, como aparatos de medición, principalmente en medidores de dosis, como cámaras de ionización y dosímetros, que permitan un mejor control dosimétrico y poder tener un historial dosimétrico, permitiendo comparar resultados entre cada hospital así como colaborar para el análisis de sus niveles de dosis, actuando de manera oportuna hacia un diagnóstico y tratamiento eficaz para cada paciente, al optimizar la dosis en pacientes, se optimiza también en la recibida por cada personal ocupacionalmente expuesto.



CCADDET  
"CALIDAD EN DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"



# VIII

CONGRESO NACIONAL DE  
TECNOLOGÍA  
APLICADA A  
CIENCIAS DE  
LA SALUD

15-17  
JUNIO, 2017

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS  
DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León



## IX. REFERENCIAS

1. P. Mora, Optimización de la dosis en sistemas de radiología digital para la protección del paciente, CICANUM, Universidad de Costa Rica.
2. Curso de Segundo Nivel de formación en Protección Radiológica Orientado a la práctica Intervencionista, Servicio de Física Médica, Hospital Clínico de San Carlos, Departamento de Radiología, Universidad Complutense de Madrid.
3. Niveles orientativos radiodiagnóstico <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/...es/RPDIR-L01-Overview-es-WEB.ppt>
4. Díaz, Alonso M. et al, Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, senda editorial, Madrid, 56, 55, 2011.
5. Ramos, N.O y Villareal, U.M, (2013), Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico, Revista Chilena de Radiología, 19(1):05-11.
6. Mayles, Philip, Nahum, Alan y Rosenwald, J-C, Handbook of radiotherapy physics, Tylor & Francis, New York, 13, 13, 310, 2007.
7. Attix, F.H, Introduction to radiological physics and radiation dosimetry, John Wiley & Sons, USA, 2, 3, 4, 12 4, 12 5, 138, 1986.
8. Peters SE y Brennan PC, Digital radiography: are the manufactures settings too high? Optimisation of the Kodak digital radiography system with aid of the computed radiography dose index, Eur Radiol 2002; 12:2381-2387
9. Johns, H.E y Cunningham, J.R, The physics of radiology, cuarta edición, Charles C Thomas-Publisher, USA, 558, 1983.