



Dosis de radiación al paciente en cuidados intensivos

RESUMEN

Objetivo. Conocer la dosis de radiación efectiva (mSv) obtenida por los pacientes internados en una unidad de cuidados intensivos, descubrir si ésta es mayor que la recibida en los pacientes internados en piso y si existe alguna relación con diferentes variables como son la cantidad de estudios realizados, el tiempo de estancia intrahospitalaria y el número de médicos a cargo de los pacientes.

Material y métodos. Cálculo aproximado de la radiación dependiendo de la cantidad de estudios con una calculadora de riesgo de radiación; se reconoce que este cálculo será solamente aproximado. Se obtuvo una muestra de 100 pacientes de los cuales 72 formaron parte del grupo control (pacientes internados en piso) y 28 fueron pacientes internados en una unidad de cuidados intensivos.

Resultado. Se observó una asociación de 9% en los pacientes de cuidados intensivos y de 15% en los pacientes de piso en cuanto a la dosis de radiación. Los pacientes de cuidados intensivos recibieron, en promedio, 59% más radiación que los pacientes de piso: 15.5 mSv vs. 6.5 mSv, respectivamente.

Conclusion. Con base en los resultados no se pudo demostrar una asociación entre la cantidad de estudios realizados, el número de médicos tratantes o los días de internamiento y las dosis de radiación recibidas.

Palabras clave: radiación, dosificación de radiación, radiometría, cuidados intensivos.

De Alba – Guevara C¹
Bermea – Mendoza JH¹
Franco – Herbert A¹
Onofre – Castillo JJ²
Valero – Castillo R³
De Alba – Quintanilla F⁴

¹ Residente de tercer año imagenología diagnóstica y terapéutica HCM AE.

² Jefe del departamento de Imagenología HCM AE.

³ Jefe del departamento de imagenología HCM Sur.

⁴ Jefe del departamento de imagenología Grupo Mediscin.

Hospital Christus Muguerza Alta Especialidad. Av. Hidalgo Pte. 2525 col. Obispedo, 64060 Monterrey, N.L.

Dose of radiation given to patient in intensive care

ABSTRACT

Objective. Know the effective dose of radiation (mSv) received by patients hospitalized in an intensive care ward, determine if it is greater than that received by patients in standard care areas and if there is any relationship with different variables such as number of studies performed, duration of hospital stay, and number of doctors attending to the patients.

Material and methods. Approximate calculation of radiation depending on the number of studies with a radiation risk calculator; it is acknowledged that this calculation will be only approximate. A sample of 100 patients was obtained, of whom 72 formed the control group (patients in standard care areas) and 28 were hospitalized in an intensive care ward.

Result. We observed an association of 9% in intensive care patients and 15% in standard care patients in terms of dose of radiation. The intensive care patients received, on average, 59% more radiation than standard care patients: 15.5 mSv vs. 6.5 mSv, respectively.

Recibido: 30 de noviembre 2012

Aceptado: 26 octubre 2013

Correspondencia

De Alba – Guevara C.
carlosadrian@hotmail.com

Este artículo debe citarse como

De Alba – Guevara C, Bermea – Mendoza JH, Franco – Herbert A, Onofre – Castillo JJ, Valero – Castillo R, De Alba – Quintanilla F. Dosis de radiación al paciente en cuidados intensivos. Anales de Radiología México 2014;13:45-52.

Conclusion. Based on the results, we could not prove an association between number of studies performed, number of attending physicians, or days of hospitalization and doses of radiation received.

Keywords: Radiation, Radiation Dosage, Radiometry, Intensive care.

La radiología se inició en 1895 cuando Röntgen de manera oficial descubrió, mediante el uso de un tubo de Crookes, los rayos X y revolucionó el mundo de la medicina al lograr visualizar el interior del ser humano de una manera nunca antes vista. Inconsciente de los riesgos de la radiación (el enemigo invisible) Röntgen murió con un carcinoma de intestino sin que fuera posible determinar si fue producto o no de la radiación; ahora conocemos los riesgos pero en el pasado tuvieron que fallecer como mártires de la radiología los pioneros de los rayos X para que nosotros pudiésemos conocer tanto las virtudes como los riesgos de ese maravilloso descubrimiento.

Con los años de investigación se han encontrado nuevas aplicaciones para los rayos X, incluso con fines terapéuticos, y hemos aprendido a minimizar los riesgos con novedosos métodos de protección.

En este trabajo calculamos la radiación y los riesgos a los que son expuestos los pacientes en un departamento de cuidados intensivos basándonos en la cuantificación de la dosis efectiva (mSv) según los estudios a los que fueron sometidos.

Millones de estudios radiológicos son realizados por año y un amplio espectro de radiación es absorbida por los pacientes con cada estudio realizado estableciéndose un balance entre riesgo y beneficio.¹ Hoy en día existe gran preocupación tanto por el daño ocupacional producido por la radiación como por el daño al que pueden ser sometidos los pacientes.²

La radiación ionizante, por su naturaleza misma, es dañina para la vida humana y para los sistemas biológicos. En dosis pequeñas puede dar inicio a una serie de acontecimientos que incrementan las mutaciones en las células somáticas y germinales. En dosis grandes ocasiona muerte celular.³

Existen cuatro unidades empleadas para medir la radiación y son el Röntgen, el rad, el rem y el curie. El Röntgen es la unidad de exposición o intensidad de la radiación. El rad (Gy) (*radiation absorbed dose*) es la unidad de dosis absorbida y es la más utilizada cuando se describe la cantidad de radiación recibida por un paciente. El rem (Sv) (*radiation equivalent men*) es la unidad de la exposición a la radiación para profesiones en dosis efectiva, expresa la cantidad de radiación recibida por trabajadores expuestos a la radiación y por la población en general. El curie (Ci, Bq) es la unidad de cantidad de material radioactivo, no de radiación emitida. Este trabajo se centrará en la dosis efectiva (Sv).

En la Unión Europea la Directiva 96/29/EURATOM limita la dosis efectiva para trabajadores expuestos a 100 mSv durante un período de cinco años consecutivos, con una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año. Para la población general el límite de dosis efectiva es de 1 mSv por año, aunque en circunstancias especiales puede permitirse un valor mayor de dosis efectiva. La dosis efectiva permitida para alguien que trabaja con radiaciones ionizantes (por ejemplo en una central nuclear o en un centro médico) es de 100 mSv en un período de



5 años y no se debe superar, en ningún caso, en un mismo año. Para las personas que no trabajan con radiaciones ionizantes el límite es 1 mSv al año. Estos valores se establecen por encima del fondo natural (que en promedio es de 2.4 mSv al año en el mundo). Para los estudiantes se fijan límites algo superiores a los de las personas que no trabajan con radiaciones ionizantes, pero algo inferiores a los de las personas que trabajan con radiaciones ionizantes. Para ellos se fija un límite de 6 mSv en un año.

Los efectos biológicos de la radiación se pueden dividir en dos grandes grupos: estocásticos y determinables. Los efectos estocásticos ocurren al azar y cualquier lesión a material genético como cromosomas, genes y ADN, no restaurada totalmente (o con una reparación defectuosa), aumentará la probabilidad de padecer cáncer o alteraciones hereditarias. Si la célula alterada es una célula somática significa que es posible que el individuo expuesto a los rayos X desarrolle cáncer; sin embargo, si la alteración se da en una célula germinal existe la posibilidad de producir alteraciones hereditarias en los descendientes del individuo expuesto. No existe una dosis umbral para la aparición de los efectos estocásticos y la probabilidad de daño es independiente de la dosis (debemos recordar que la radiación también se encuentra en la naturaleza). Los efectos determinables son los que sufre el individuo expuesto a dosis altas de radiación ionizante y sólo se pueden presentar al sobrepasar la dosis umbral específica para un tejido u órgano irradiado; si la dosis de radiación excede los límites de la dosis para órganos y tejidos los efectos pueden ser permanentes y el resultado será una enfermedad clínicamente observable: necrosis, pérdida de la función de un órgano o tejido y, si el tejido es vital o el daño grande, el resultado será la muerte del individuo.

En la exposición aguda del cuerpo entero a dosis altas por tiempo corto se provoca muerte celular

masiva, esto puede llegar a ocurrir en pacientes con manejo de materiales radioactivos en la industria, la radioterapia y en centrales nucleares⁴ (cuadros 1-4).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de casos y controles. La estancia en una Unidad de Cuidados Intensivos fue considerada como un factor de riesgo de obtener dosis de radiación comparada con la estancia de otros pacientes internados en cualquier servicio del hospital, a excepción de las áreas de neonatología y pediatría. Se analizaron diversos factores de riesgo.

El objetivo de este trabajo fue determinar la dosis de radiación recibida por pacientes (en estudios con radiación ionizante) durante su estancia en

Cuadro 1. Dosis umbrales estimadas para los efectos determinables

Tejido y efecto	Dosis única (Sv)	Dosis anual (Sv/año)
Testículos		
Esterilidad temporal	0.15	0.4
Esterilidad permanente	3.5-6	2.0
Ovarios		
Esterilidad	2.5-6	> 0.2
Cristalino		
Opacidad detectable	0.5-2.0	> 0.1
Deficiencia visual	5.0	> 0.15
Médula ósea		
Inhibición de la hematopoyesis	0.5	> 0.4

Cuadro 2. Respuesta de la piel a la radiación ionizante

Síntomas	Intervalos de dosis (SV)	Tiempo de aparición (días)
Eritema	3-10	14-21
Depilación	> 3	14-18
Descamación seca	8-12	25-30
Descamación húmeda	15-20	20-28
Formación de ampollas	20-25	15-25
Úlceras	> 20	14-21
Necrosis	> 25	> 21

Cuadro 3. Exposición aguda a cuerpo entero

Dosis (Gy)	Síntomas
0.0 A 0.5	Alteraciones de los parámetros hemáticos
0.5 A 1.0	Alteraciones de los parámetros hemáticos
1.0 A 2.0	Náusea, fatiga, vómito, cambios en los parámetros hemáticos con recuperación tardía
2.0 A 3.0	Náusea, vómito en período latente de 2 semanas o más. Pérdida del apetito, malestar general, diarrea, emaciación moderada, depilación moderada. Recuperación a 3 meses.
3-8	Muerte por infección sin atención médica entre los 30-60 días. Inhibición de la hematopoyesis y del sistema inmunológico. Se puede requerir trasplante de médula ósea. Sangrado, anemia y lo anteriormente mencionado
10	Síndrome gastrointestinal. La muerte ocurre a los 10-20 días por daño al epitelio gastrointestinal. Deshidratación, pérdida de peso, emaciación rápida y muerte.
100	Síndrome cerebrovascular. La muerte ocurre entre el primer y quinto días. Cambio en la permeabilidad de los vasos capilares del encéfalo, edema cerebral, meningitis, convulsiones, dificultad para respirar, coma y muerte.

Cuadro 4. Dosis obtenida por los estudios de imagen

Estudio	Dosis efectiva (mSv)	Estudio	Dosis efectiva (mSv)
Simplex		Medicina nuclear	
Tórax 2 posiciones	0.1	Ventilación perfusión	2.2
Abdomen	0.7	Estrés cardíaco (tecnecio)	9.4
Pelvis	0.6	Estrés cardíaco (talio)	40.7
Cadera unilateral	0.7	Hígado (HIDA)	3.1
Cuello	0.2	Rastreo renal	2.6
Columna dorsal	1	Pet corporal	14.1
Columna lumbar	1.5	Rastreo óseo	6.3
Extremidades	0.01	Marcaje de linfocitos	6.7
Mamografía (unilateral)	0.4	Vaciamiento gástrico	0.4
Dental (panorámica)	0.01	Detección de sangrado	7.8
Cráneo	0.1	Rastreo tiroideo	4.8
Densitometría (DEXA)	0.001	Rastreo cerebral	6.9
Tomografía		Prueba de urea	0.0003
Cerebro	2	Estudios de intervención	
Cerebro y Cuello	16.4	Angiografía coronaria	7
Cuello	6	Angiografía coronaria (con endoprótesis)	15
Tórax	7	Angiografía pulmonar	5
Coronario	16	Angiografía abdominal	12
Puntuación de calcio	3	Angiografía cabeza y cuello	5
Abdomen	8	TIPS	70
Abdomen superior	15	Embolización pélvica	60
Abdomen y pelvis	14	PCRE	4
Tórax, abdomen y pelvis	18	Misceláneos	
Pelvis	6	Radiación natural	3.1/año
Colonoscopia virtual	10	Exposición promedio EU	6.2/ año
Fluoroscopio		Pilotos aéreos	2.2/año
Trago de bario		Vuelo de 7 horas	0.02/año
Serie gastroduodenal		Seguridad aeroportuaria	0.0001/año
Colon por enema			
Urografía excretora			



una Unidad de Cuidados Intensivos. Se buscó evaluar el riesgo adicional de cáncer por radiación durante su estancia y qué factores pueden estar relacionados con el aumento de la misma como lo pueden ser los días de estancia en la unidad de cuidados intensivos, la cantidad de estudios a realizar y la cantidad de médicos tratantes a cargo del caso, todos estos datos comparados con un grupo control conformado con pacientes hospitalizados pero no trasladados a la Unidad de Cuidados Intensivos.

Nuestra hipótesis fue que los pacientes internados en cuidados intensivos reciben mayores dosis de radiación que los pacientes internados en otros departamentos.

La muestra se integró con los pacientes internados en el hospital Christus Muguerza Alta Especialidad, del primero de junio al 15 de octubre del 2012, a los que se les realizaron estudios en el Departamento de Imagenología del hospital. Para el grupo control la selección de los pacientes fue aleatoria (usando una moneda) y se integró con pacientes hospitalizados pero no en trapiá intensiva. El grupo de riesgo, que correspondió a los pacientes internados en la Unidad de Cuidados Intensivos, se integró con todos los pacientes que ingresaron a ese servicio en el período establecido de antemano. Se calculó un tamaño de muestra de 99 pacientes con un error alfa tolerado de 5% y con intervalo de confianza de 95% utilizando la N usada en el artículo de Kim y sus colaboradores.⁶

El material usado fueron las bases de datos RIS y PACS del Departamento de Imagenología, así como los expedientes de los pacientes por parte del Departamento de Bioestadística.

Los cálculos de la radiación se hicieron en Excel® y el cálculo de radiación se realizó con un programa disponible en internet (www.xrayrisk.com/calculator/calculator.php), una herramienta gratuita

aprobada por la ASRT (*American Society of Radiologic Technologist*). Esta calculadora no proporciona la dosis exacta de radiación adsorbida por un paciente, se trata de un valor estimado con respecto a los estudios realizados y se obtuvo, además, el riesgo adicional de cáncer que pueden tener los pacientes sometidos a estudios de imagen.

Los criterios de inclusión fueron: ser pacientes del Christus Muguerza Alta Especialidad, registrados en el sistema RIS del Departamento de Imagenología, tener una habitación asignada dentro del periodo establecido y, para los que ingresaron al departamento de cuidados intensivos, ser mayor de 16 años. Los criterios de exclusión fueron: pacientes con información incompleta (necesaria para la realización de este trabajo) y pacientes que formaban parte del grupo control pero que tuvieron que ser trasladados a una unidad de cuidados intensivos o intermedios.

Las variables a considerar fueron:

- Edad
- Sexo
- Peso
- Contar o no con seguro de gastos médicos
- Diagnóstico principal de ingreso (diagnóstico con el cual ingreso a cuidados intensivos)
- Número de médicos tratantes
- Fecha de ingreso y egreso
- Cantidad de estudios de radiología realizados
- Radiografía de cráneo, tórax, abdomen, extremidades, columna, cadera y abdomen
- Estudios con medio de contraste baritado o hidrosoluble como: serie esofagoduodenal, mecanismo de deglución, tránsito intestinal, colon por enema, urografía excretora, cistograma miccional, permeabilidad de catéter, utilización de equipo de fluoroscopia para procedimientos intervencionistas

- Estudios radiográficos simples o con contraste de: cráneo, tórax, abdomen, columna, angiotomografías o procedimientos intervencionistas
- Estudios por del Departamento de Medicina Nuclear
- Estudios sin radiación ionizante como resonancia magnética o ultrasonido

Los métodos utilizados fueron prueba de correlación de Pearson, datos descriptivos y cálculo de porcentajes.

RESULTADOS

Se incluyeron 100 pacientes: 55 mujeres y 45 hombres. De ellos 72 integraron el grupo control y 28 el grupo de casos (pacientes internados en cuidados intensivos). Fueron excluidos 56 pacientes, un paciente fue trasladado de la unidad de cuidados intensivos a otro hospital y un total de 6 pacientes fallecieron, 5 de los cuales se encontraban en cuidados intensivos. No hubo pacientes eliminados.

La edad promedio fue de 48.87 años con rango de edades, de los pacientes internados, tanto en piso como en cuidados intensivos a partir de los 16 años: 16-25, 36-45, 46-55, 56-65, 66-75, 76-85, 86-95.

Se realizaron 599 estudios, de ellos 523 con radiación y 76 sin radiación; 95 pacientes (95%) contaban con seguro de gastos médicos pero 5 (5%) no. Los resultados obtenidos se reportan en los cuadros 5-7.

Se determinó el riesgo relativo en cuanto a la cantidad de estudios realizados (estudios con radiación o sin radiación) en los dos grupos sin encontrar una relación de estudios realizados a pacientes internados en piso y pacientes internados en cuidados intensivos (RR = 1.085).

Cuadro 5. Resultados

Estudios	Pacientes	Porcentaje
Estudios con radiación	523	87
Estudios sin radiación	76	12
Estudios simples	374	62
Estudios de fluoroscopia	28	4
Estudios de tomografía	118	19
Estudios de resonancia	45	7
Estudios de ultrasonido	31	5
Estudios de medicina nuclear	3	0.5

Cuadro 6. Pacientes internados en piso

	Total	Porcentaje
Mujeres	43	60
Hombres	29	40
Sin seguro de gastos médicos	2	3.0
Con seguro de gastos médicos	70	97.0
Estudios con radiación	303	84.0
Estudios sin radiación	56	16.0
Estudios simples	226	62.9
Estudios de fluoroscopia	21	5.0
Estudios de tomografía	52	14.0
Estudios de resonancia	31	8.0
Estudios de ultrasonido	25	6.0
Estudios de medicina nuclear	2	0.5
	Promedio	
Días de internamiento	4.9	
Edad	45.9	
Médicos tratantes	1.76	
Estudios con radiación	4.2	
Estudios sin radiación	0.7	
Radiación (mSv)	6.5	
Riesgo adicional de cáncer	0.08	

Por medio de la prueba de Pearson se buscó asociación entre la cantidad de médicos tratantes y el número de días de internamiento y tampoco se encontró una asociación estadísticamente significativa. En lo que respecta a los días de estancia se observó una asociación de 9% en los pacientes de cuidados intensivos y de 15% en los pacientes de piso en cuanto a la dosis de radiación.

**Cuadro 7.** Pacientes en Unidad de Cuidados Intensivos

	Total	Porcentaje
Mujeres	16	57
Hombres	12	43
Sin seguro de gastos médicos	3	11.0
Con seguro de gastos médicos	25	89.0
Estudios con radiación	220	91.0
Estudios sin radiación	20	8.0
Estudios simples	93	38.0
Estudios de fluoroscopio	3	1.0
Estudios de tomografía	72	30.0
Estudios de resonancia	14	5.0
Estudios de ultrasonido	16	6.0
Estudios de medicina nuclear	1	0.04
	Promedio	
Días de internamiento	9.4	
Edad	56.3	
Médicos tratantes	3	
Estudios con radiación	7.8	
Estudios sin radiación	0.7	
Radiación (mSv)	15.5	
Riesgo adicional de cáncer	0.16	

DISCUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos es evidente (como se muestra en los cuadros 6 y 7) que los pacientes en cuidados intensivos recibieron una mayor dosis de radiación: más del doble de la recibida por los pacientes de piso. El paciente en cuidados intensivos recibió, en promedio, 59% más radiación que los pacientes de piso (15.5 mSv) cuyo valor fue, en promedio, de 6.5 mSv.

Es lógico que la dosis de radiación sea mayor en los estudios de tomografía, que representó 30% de los estudios realizados a los pacientes de cuidados intensivos. Fue el principal estudio en aumentar la dosis de radiación en los pacientes y tomando como factor de riesgo principal (sin ser este el objetivo de este trabajo) la enfermedad de base del paciente. No encontramos una asociación con el aumento en la radiación en función de la cantidad de estudios realizados, el

número de tratantes o el tiempo que el paciente estuvo internado.

Es interesante ver la similitud que existe en el promedio de estudios sin radiación realizado en ambos grupos de pacientes, que fue de 0.7; por cada estudio sin radiación se realizan 6 estudios con radiación en los pacientes de piso y 11 en los pacientes de cuidados intensivos.

EL riesgo adicional de cáncer se encontró discretamente aumentado en los pacientes de cuidados intensivos pero sin que el promedio sobrepasara en este grupo el 0.16% de riesgo, mientras que en los pacientes de piso este fue de la mitad (0.08).

Es importante considerar que los resultados obtenidos se refieren a un solo internamiento y que tanto el médico tratante como el personal de los departamentos de imagenología deben considerar a los pacientes de cuidados intensivos como pacientes con mayor riesgo de recibir radiación y, por consiguiente, realizar ya sea algún método de imagen sin radiación ionizante o disminuir la dosis que pueda ser absorbida por los pacientes utilizando elementos de barrera o realizar protocolos de estudio con baja radiación, con la calidad adecuada para su interpretación o enfocados a la patología a descartar o seguir; además, conocer el historial de estudios de imagen previamente realizados.

CONCLUSIÓN

No se demostró asociación entre la cantidad de estudios realizados, el número de médicos tratantes o los días de internamiento con respecto a la dosis de radiación. Sí se observó que los pacientes de cuidados intensivos reciben el doble de la dosis efectiva que los pacientes de piso y puede ser que la causa de esto sea, principalmente, la enfermedad de base del paciente. Se confirmó la hipótesis de investigación de que

los pacientes internados en cuidados intensivos reciben mayor radiación que los pacientes en otros departamentos.

REFERENCIAS

1. Parry R. Typical Patient Radiation Dose in Diagnostic Radiology. *Radiographics* 1999;19:1289-1302.
2. Verdun F. Radiation Risk: What You Should Know To Tell Your Patient. *Radiographics* 2001;21:1033-45.
3. Gaona E. Física de la Seguridad Radiológica, DEM (2006) México.
4. Bushong S. Manual de Radiología para Técnicos, Elsevier Mosby, 8a edición. España.
5. Mettler F. Effective Dosis in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine: A Catalog, *Radiology* 2008;248 254-263.
6. Kim S. Effects of a Radiation Dose Reduction Strategy Forcomputed Tomography in Severely Injured Traumapattients In The Emergency Department: An observational Study, *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* 2011;19:67.

Cápsula 7

Dra. Iriabeth Soledad Villanueva López

Existen varias técnicas para no olvidar nada al desarrollar un texto:

- La estrella de ocho puntas. Son preguntas que debe resolver cada texto: quién, qué, cómo, cuándo, dónde, por qué, para qué y cuántos.
- El dado. La técnica consta de seis puntos: describir (método), comparar (discusión), relacionar (introducción y discusión), analizar (resultados), argumentar (discusión) y aplicar (Conclusiones).
- La lluvia de ideas. Es muy útil, se escriben todas las ideas que vengan a la mente sin parar. No importa la forma ni la gramática. Muchas de ellas no se usarán.