

## Radiación y medios de contraste en embarazo y lactancia: lo que el clínico necesita saber

### Radiation and contrast media in pregnancy and lactation: what the clinician needs to know

Carlos Riquelme<sup>1</sup>, Annael Nesvadba<sup>2</sup>, Camila Sanhueza<sup>2</sup>, Francisco Garrido<sup>1</sup>

#### Resumen

**Introducción:** el uso de técnicas de imagenología es habitual e incluso indispensable en algunos procesos diagnósticos. Sin embargo, su indicación en mujeres embarazadas y en período de lactancia es controvertida. **Objetivo:** presentar una revisión narrativa sobre los riesgos asociados al uso de imágenes con radiación y medio de contraste en embarazo y periodo de lactancia, con énfasis en las recomendaciones y aplicaciones clínicas que el médico tratante debe tener presente al momento de su indicación. **Métodos:** se realizó una revisión bibliográfica de la literatura relevante sobre los riesgos y consideraciones especiales del uso de medios de contraste en el embarazo y lactancia. **Resultados:** los riesgos de la radiación ionizante sobre el feto varían de acuerdo al estadio del embarazo, por lo que la indicación del estudio debe ponderar los riesgos y beneficios. En las dosis clínicas en embarazo y lactancia, el uso de contraste yodado como basados en gadolinio no tienen efectos deletéreos en la salud de la madre ni la del feto. Sin embargo, las sociedades internacionales recomiendan limitar su uso. **Conclusión:** si bien la indicación de estudios de imagen que utilizan radiación ionizante en el embarazo y lactancia es seguro, el médico clínico debe conocer los posibles riesgos de la radiación ionizante en este grupo de pacientes. Respecto a los medios de contraste, el único efecto adverso reportado es la disfunción tiroidea transitoria en hijos de madres que recibieron medios de contraste yodado.

**Palabras clave:** medios de contraste; medios de contraste yodado; gadolinio; radiación ionizante; embarazo; lactancia.

#### Abstract

**Introduction:** the use of imaging techniques is essential in some diagnostic processes. However, its indication in pregnant and lactating women is controversial. **Objective:** To present a narrative review of the risks associated with using images with radiation and contrast media in pregnancy and lactation. Emphasis will be put on the recommendations and clinical applications that the physician must consider before its indication. **Methods:** a bibliographic review of the relevant literature on the risks and special considerations of contrast media in pregnancy and lactation was performed. **Results:** the risks of ionising radiation on the fetus vary according to the stage of pregnancy, so the indication of the study must balance the risks and benefits. The use of iodinated and gadolinium-based contrast agents in clinical doses in pregnancy and lactation has no effects on the health of the mother or the fetus. However, international societies recommend limiting its use. **Conclusion:** Although the indication for imaging studies using ionising radiation in pregnancy and lactation is safe, the clinician must be aware of the possible risks of ionising radiation in this group of patients. The only adverse effect reported is transient thyroid dysfunction in children of mothers who received iodinated contrast media.

**Keywords:** Contrast media; iodinated contrast media; gadolinium; pregnancy; ionising radiation; lactation.

Fecha de envío: 2022-08-30 - Fecha de aceptación: 2022-12-28

#### Introducción

En la actualidad el uso de técnicas de imágenes complejas es parte habitual e incluso indispensable en algunos procesos diagnósticos

que no se logran resolver con la radiología simple y/o ultrasonido. Dentro de ellas se encuentran la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM), las que en la mayoría de los casos se

(1) Departamento de Radiología y Diagnóstico por Imágenes, Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.  
(2) Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.  
Autor de correspondencia: fgarridoc@uc.cl



realizan con medios de contraste endovenoso (MC). Sin embargo, la utilización de estas modalidades de imágenes en el grupo de mujeres embarazadas y en periodo de lactancia es controvertida, tanto por los riesgos de la radiación ionizante en tomografía computada, como los posibles efectos de los MC. A pesar de estos riesgos, existen algunos centros de Norteamérica que reportan un aumento de las mujeres embarazadas que se someten a estudios con radiación ionizante en las últimas 2 décadas (Smith-Bindman *et al.*, 2008; Kwan *et al.*, 2019).

Ante el aumento de este tipo de estudios se requiere que el médico que los solicita conozca los riesgos de la radiación ionizante y de los medios de contraste para el feto o embrión de las pacientes embarazadas y para los niños de madres dando lactancia, con el fin de ponderar correctamente los riesgos versus los beneficios del uso de estudios de imágenes que usan radiación ionizante y/o MC. Con el objetivo de disminuir los riesgos de la exposición tanto para la madre como para el producto de concepción, es importante adherir al principio de ALARA (*as low as reasonably achievable*) que establece que se debe ocupar la mínima dosis necesaria para obtener una imagen diagnóstica (Campos *et al.*, 2019).

El objetivo del presente artículo es realizar una revisión narrativa con los conceptos actuales sobre los riesgos asociados al uso de imágenes con radiación y medio de contraste en embarazo y lactancia que debe conocer todo profesional de la salud, con énfasis en las recomendaciones y aplicaciones clínicas que el equipo clínico tratante debe tener presente al momento de su indicación.

### Radiación ionizante ¿Es seguro su uso en medicina?

En la actividad clínica diaria, una de las herramientas más utilizadas en el proceso diagnóstico, terapéutico y de seguimiento es el estudio por imágenes, permitiendo consolidar o modificar el diagnóstico clínico y realizar una adecuada decisión terapéutica. Su objetivo se ve facilitado por el uso de MC que nos permiten distinguir los tejidos normales de aquellos patológicos mediante la modificación de sus características en la imagen. Gracias al avance tecnológico en las últimas décadas, se han desarrollado nuevas técnicas de imágenes, cada vez más precisas y complejas, siendo útiles en distintos contextos clínicos, tanto en ambulatorio como en urgencias. Entre los años 2007-2017, el uso de modalidades de imágenes complejas ha aumentado de un 50 a 102 estudios de TC por cada 1000 habitantes y los estudios de RM de 5 a 25 por cada

1000 habitantes. (OECD Health Statistics, 2019). La masificación de estas técnicas nos obliga a pensar no solo en los grandes beneficios que han traído, sino también en los posibles riesgos que pudiesen implicar en la salud de los usuarios de estas técnicas de imagen. Es dentro de este contexto que recae en el personal de salud la responsabilidad de reconocer adecuadamente las indicaciones de los exámenes, qué se espera obtener de ellos, los posibles riesgos que conlleva y sus contraindicaciones (OECD Health Statistics, 2019; Garrido *et al.*, 2020).

Para tener una mejor comprensión de los riesgos que presenta la radiación ionizante hay que definir los efectos que esta produce. Los efectos los dividiremos en dos tipos:

- **Efecto determinístico o no estocástico:** son aquellos efectos o reacciones tisulares nocivas predecibles y que dependen de la dosis de radiación recibida durante la exposición a ella. Los diferentes tejidos biológicos poseen un límite de radiación tolerable que puede ser soportado por los mecanismos de reparación celular, sin generar un daño permanente al tejido u órgano. Al sobrepasar este límite, los mecanismos de reparación empiezan a fallar, produciendo daño irrecuperable, que puede incluir desde un proceso inflamatorio hasta alteración a nivel de la información genética nuclear, alterando la función y desarrollo de los tejidos.

- **Efecto estocástico:** A diferencia del anterior, el efecto estocástico no posee un límite definido, es decir, es independiente de la dosis de radiación administrada, ya que se refiere a las modificaciones azarosas que se produce en los componentes celulares, específicamente cambios en el ADN celular, lo que traduce aumento en el riesgo de desarrollar cáncer y enfermedades heredables (ICRP, 2007; Wieseler *et al.*, 2010; Mettler, 2012; Wang *et al.*, 2012). Estas conclusiones se han establecido luego de años de seguimiento en líneas familiares de sobrevivientes a grandes dosis de radiación como ocurrió en Hiroshima y desastres radioactivos como en Chernobyl. Para aquellos expuestos a radiación ionizante diagnóstica no hay estudios observacionales ni prospectivos, ya que el seguimiento debería ser por 5 a 7 años y se considera difícil determinar que la exposición a radiación ionizante diagnóstica sea la causa de aparición de alteraciones en el período de estudio (Hall E *et al.*, 2018; Puerta-Ortiz JA *et al.*, 2020).

Para comprender los efectos de la radiación, es necesario conocer algunos conceptos básicos relativos a su forma de medición. Existen cuatro conceptos esenciales que se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1:** Conceptos básicos en radiaciones ionizantes.

Concepto	Definición	Unidad de medición
Exposición a radiación	Cantidad total de ionización que se produce ante una cantidad determinada de radiación por unidad de masa	Coulombs/kg (C/kg)
Dosis absorbida	Energía absorbida o depositada por unidad de masa del tejido u organismo expuesto a radiación	Gray (Gy)
Dosis equivalente	Define los efectos biológicos de los diferentes tipos de radiación ionizante y corresponde al producto de la dosis absorbida por un factor de ponderación según el tipo de radiación o factor de transferencia lineal de energía específico de cada tipo de radiación (radiación X, radiación $\alpha$ , $\beta$ etc).	Sievert (Sv)
Dosis efectiva	Compara los riesgos estocásticos de la radiación y que será dependiente del área del cuerpo expuesta y de la sensibilidad de los diferentes órganos a la radiación.	Sievert (Sv)

En la práctica del diagnóstico por imágenes, 1 Gy y 1 Sv se consideran equivalentes, dado que se utiliza solo radiación X, sin embargo, los conceptos de dosis equivalente y dosis efectiva, no deben confundirse ya que la primera dependerá de la radiación utilizada (Wang *et al.*, 2012).

### Radiación diagnóstica y embarazo ¿Qué consideraciones debo tener presentes durante el embarazo?

Antes de referirnos a la situación específica de las mujeres embarazadas, se debe tener presente que no existen estudios clínicos que expongan en forma deliberada a mujeres embarazadas a radiación diagnóstica. Los estudios disponibles son aquellos que analizan los efectos de la exposición a radiación ionizante en supervivientes a bombas atómicas, accidentes en plantas nucleares o sobrevivientes de cáncer expuestos a radioterapia. Estos estudios han concluido que los efectos heredables son menores al riesgo de cáncer posterior a la exposición a radiación.

Ante una mujer embarazada que se va a someter a un estudio radiológico con radiación ionizante hay que considerar el riesgo materno y fetal relacionado a esta exposición. Los riesgos maternos son muy similares a una paciente no embarazada, excepto cuando la zona a exponer es el tejido mamario, porque este tejido durante el embarazo y el primer mes de puerperio se encuentra más sensible a la radiación debido a la proliferación glandular. A pesar de esto, se puede disminuir las dosis de radiación a la zona de las mamas durante un TC de tórax con protocolo tromboembolismo pulmonar (TEP) hasta 3 veces su valor, desde 10 mSv a 3 mSv, por lo cual no produciría mayores riesgos (Tremblay *et al.*, 2012; Tirada *et al.*, 2015).

Los riesgos fetales ante la exposición a radiación ionizante son principalmente aborto espontáneo, teratogénesis y carcinogénesis. Sin embargo, hay que tener en consideración que la radiación no es la única causa de estos eventos ya que durante un embarazo no expuesto existe un riesgo de manera innata. Tirada *et al.* (2015) describe un 15% de riesgo de aborto espontáneo, 3% para

malformaciones mayores, 4% para parto prematuro y restricción de crecimiento intrauterino y 1% para discapacidad intelectual.

Según el informe de la ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) del año 2007, la susceptibilidad del embrión a efectos letales de radiación durante el periodo de preimplantación son infrecuentes en dosis menores a 100 Gy. Los riesgos de inducción de malformaciones dependerán de la edad gestacional, siendo el máximo riesgo durante el periodo de organogénesis. Los datos disponibles, derivados de exposición en animales, también consideran que una dosis menor a 100 Gy no induciría malformaciones (ICRP, 2017).

Los efectos de la radiación en el producto de concepción van a depender de la dosis de radiación y la edad gestacional en la que fue expuesto. En cuanto a la dosis de radiación, durante las 40 semanas de gestación la dosis de radiación natural que recibe la madre es de 2,3 mSv aproximadamente y debido a la atenuación de los tejidos maternos se estima que el feto recibe entre 0,5 a 1 mSv (ICRP, 2017).

Existe coincidencia en las recomendaciones de organizaciones internacionales como ICRP, ACOG (*American College of Obstetricians and Gynecologists*) y ACR (*American College of Radiology*) que una dosis de radiación  $\leq 50$  mGy se considera sin riesgo carcinogénico y no sería significativo en comparación a los otros riesgos innatos del embarazo (American College of Obstetricians and Gynecologists, 2017). Además, una dosis  $< 100$  mGy no debe ser considerada como una razón para indicar un aborto ya que la ACR sugiere que los riesgos con esta dosis serían demasiado sutiles para ser clínicamente detectados durante cualquier edad gestacional. Mientras que sobre 200 mGy el riesgo de malformación fetal aumenta significativamente y ante dosis  $> 500$  mGy se produce un daño fetal clínicamente significativo (Wang *et al.*, 2012; Tirada *et al.*, 2015; Mathur *et al.*, 2020). A pesar de lo anterior, es importante señalar que la mayoría de los estudios de tomografía computada entregan dosis bajo los 15 mSv, a excepción del PET/CT de cuerpo completo que puede alcanzar dosis de hasta 26 mSv (Coakley *et al.*, 2011).

Los efectos determinísticos o también llamados teratogénicos, dependen de la etapa del desarrollo fetal donde se ve expuesto el efecto que causan. Durante las dos primeras semanas de concepción en las etapas preimplantación y preorganogénesis una dosis entre 50 a 100 mGy tiene un efecto de “todo o nada”, ya que si se produce una falla en la implantación se producirá un aborto espontáneo. Mientras, en el caso contrario, si el embrión sobrevive, la exposición no producirá un efecto determinístico ni estocástico en el recién nacido porque las células del blastocisto son omnipotentes por lo cual reemplazarán las células dañadas.

Luego, entre la semana 3 y 15 desde la concepción (equivalente a 5 - 17 semanas de edad gestacional) el embrión en desarrollo estará en el periodo de mayor susceptibilidad a los efectos de la radiación, donde dosis >100 - 200 mGy se asocian a retraso del crecimiento intrauterino y defectos del sistema nervioso central. Después de las 15 semanas de edad gestacional, el feto será menos sensible a los efectos de exposición sobre el sistema nervioso central, por lo que dosis diagnósticas de radiación no produce discapacidad intelectual detectable (Figura 1) (Wang et al., 2012).

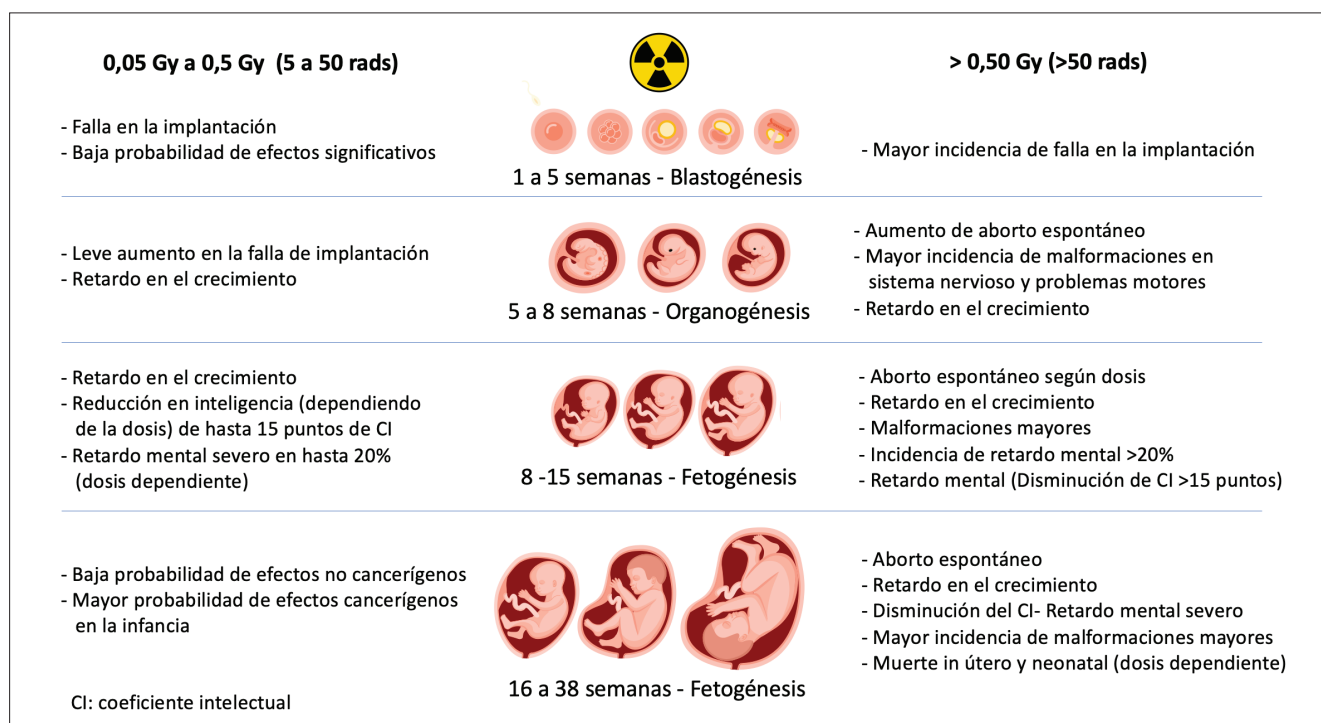


Figura 1: Efectos potenciales de la radiación ionizante en el período prenatal.

Por otro lado, existen los riesgos carcinogénicos o estocásticos, los cuales son más difíciles de establecer para dosis de radiación < 100 mSv. Se propone un modelo de riesgo de carcinogénesis que disminuye de forma lineal a dosis decrecientes de radiación, pero ante el mínimo aumento de dosis tendrá el potencial de aumentar el riesgo de cáncer. Las guías de la ACR mencionan que ante una dosis fetal de 10 mGy, el riesgo atribuible para desarrollo de cáncer durante la vida es aproximadamente 0,4%, y a una dosis de 20 mGy este riesgo es de 40 cánceres adicionales por cada 5000 recién nacidos vivos, es decir, un 0,8%. El riesgo estimado por ICRP es aproximadamente 1 cáncer por cada 500 fetos expuestos a 30 mGy de radiación. Además se describe una incidencia adicional de cáncer para 1 feto expuesto a 50 mGy de radiación sería de entre 1,1 a 3,0 pacientes por cada 1000. (Coakley et al, 2010; Wang et al., 2012; American College of Radiology, 2018).

El riesgo del efecto carcinogénico es mayor mientras más precoz es la exposición. Chen (2008) describe que el riesgo de desarrollar un cáncer fatal en la niñez tuvo un RR (riesgo relativo) de 3,19 cuando la exposición fue durante el primer trimestre en comparación a un RR de 1,3 durante el segundo y tercer trimestre. También se describe que una estimación del efecto de una dosis fetal de 50 mGy se duplicaría el RR de un cáncer fatal en la niñez comparado al riesgo cuando no ha existido exposición a radiación ionizante. Aunque estos riesgos relativos sean altos hay que tener en consideración que el riesgo basal de un niño de morir por cáncer es extremadamente bajo (1,0 a 2,5 pacientes por cada 1000), por lo cual el riesgo absoluto de desarrollar un cáncer en la niñez por exposición intrauterina sería mínimo (Chen et al., 2008; Tirada et al., 2015).

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores hay que considerar que en la práctica clínica la mayoría de los estudios radiográficos

**Tabla 2:** Dosis de radiación estimada al feto en diferentes estudios de imagenología diagnóstica (McCullough *et al.*, 2007).

Estudio imagenológico	Dosis aproximada (mGy)
Radiografía de Tórax (frontal y lateral)	0,002
Radiografía de abdomen simple	1 a 3
Enema baritado de colon	7
TC de cerebro	0
TC de Tórax (rutina)	0,2
AngioTC de Tórax (TEP)	0,2
AngioTC Coronario	0,1
TC de abdomen	
- Protocolo estándar	4
- Abdomen y pelvis	25
AngioTC de Aorta completa	34
Pielotc	10
PET TC de cuerpo completo	
- Inicio del 1er trimestre	15
- Final del 1er trimestre	10
Cintigrafía tiroidea	0,2
Cintigrafía ósea	5

## ¿Qué consideraciones debo tener presente según el tipo de estudio de imágenes?

### 1. Tomografía computada:

La ventaja de la TC en comparación a la radiografía simple es la capacidad diagnóstica, pero su gran desventaja es la mayor dosis de radiación. Las indicaciones más frecuentes son patologías no obstétricas como trauma y sospecha de tromboembolismo pulmonar (TEP), seguido de urolitiasis sintomática, que si bien es una patología relativamente infrecuente en el embarazo, con incidencia similar a la mujer no gestante, debe ser evaluada con TC si el ultrasonido revela obstrucción ureteral y no logra localizar la litiasis. Por otro lado, es relevante recordar que el trauma es la principal causa de muerte no obstétrica en embarazadas a nivel mundial. Ante un trauma el primer estudio será una ecografía FAST (*Focused Assessment with Sonography for Trauma*) y en caso de resultar positivo realiza un TC con contraste para estudiar los órganos sólidos, vísceras huecas y lesiones vasculares. En el caso de las embarazadas se recomienda realizar el estudio solo en una fase y limitar, de esta manera, la exposición fetal a radiación. Si se sospecha trauma pancreático o se está frente a un paciente con lesiones inestables de columna, se puede ocupar la RM para programar abordaje quirúrgico y evaluar el pronóstico. En casos de sospecha de TEP se recomienda realizar una ecografía doppler venoso de extremidades inferiores en conjunto con el AngioTC de tórax con protocolo para detección de TEP. Además, en caso que

entregan menos de 20 mGy al feto, por lo cual se podrían efectuar con tranquilidad (Tabla 2) (Tirada *et al.*, 2015).

la ecografía doppler muestre un resultado positivo para trombosis venosa profunda, el resultado de la AngioTC de tórax no cambia el manejo terapéutico. En este caso solo permite evaluar la carga trombótica o bien diagnósticos alternativos para su manejo posterior (Campos *et al.*, 2019).

Las dosis de radiación para el feto son sólo relevantes cuando el abdomen es parte del campo que se debe estudiar. Cuando esto es inevitable, se deben aplicar protocolos con la menor cantidad de dosis posible, de acuerdo al principio ALARA, optimizando las adquisiciones tomográficas, como por ejemplo, el uso de doble inyección de contraste o *split bolus* en el caso de Urografía por tomografía computada.

En la literatura se mencionan recomendaciones técnicas durante la adquisición de imágenes que apuntan a la reducción de la radiación, como disminuir el potencial del tubo según el peso del paciente, disminuir el producto de corriente-tiempo en el tubo, limitar la amplitud de la imagen, aumentar el tono (*pitch*) y limitar el número de adquisiciones a solo una. Estas recomendaciones solo son válidas para aquellos equipos tomográficos de generaciones antiguas (hasta tercera generación). En la actualidad los equipos están configurados con múltiples detectores y adquisición helicoidal que autorregulan la dosis de radiación según el volumen y segmento corporal, con control de exposición automático (reduce la dosis en 40-50%), automatización de la selección del potencial del tubo (reducción de dosis en 33-65%) y reconstrucción iterativa (puede reducir la dosis en 40-50%). En suma, Tirada *et al.* (2015) calcula que implementando estas modificaciones se puede disminuir la dosis fetal absorbida en un TC de pelvis de una sola fase de aproximadamente 25 mGy a 13 mGy.

### Medicina Nuclear y procedimiento PET (*Positron Emission Tomography*)

La exposición fetal se produce por la acumulación de radiactividad en los órganos maternos y su transporte o difusión a través de la placenta. En este tipo de estudios la radiación en general es menor a 20 mGy. La radiación emitida dependerá del radiofármaco y su vida media, la energía y la concentración de las partículas y protones, junto con la distribución y farmacocinética del radiofármaco. Todos los radiofármacos usados para diagnóstico tienen vidas medias cortas y baja actividad radioactiva, resultando en dosis de radiación muy bajas. Exclusivamente en los casos de compuestos con vida media larga, como el Yodo-131 se estaría exponiendo al feto a  $> 0,5$  mGy, por lo que no se ocupa durante el embarazo. (American College of Radiology, 2018)

El estudio más frecuente realizado en mujeres embarazadas es el cintigrama V/Q ya que tiene menor dosis de radiación que la TC y el feto solo absorbe de 0,1 a 0,37 mGy que es equivalente a lo que absorbería durante el tercer trimestre en una AngioTC con protocolo para TEP. También se debe tomar en consideración que los isótopos que son excretados por vía renal, por ello la hidratación es de vital importancia para optimizar su excreción y evitar daño renal. Además, las imágenes de medicina nuclear para evaluar la viabilidad miocárdica se pueden realizar con agentes como Tc99m o PET con una dosis fetal <50 mGy (Tirada *et al.*, 2015).

## 2. Radiología intervencional y fluoroscopia

Al igual que en los casos anteriores, si la imagen no incluye directamente el feto o el área abdominopélvica las dosis son despreciables. En el caso donde sea inevitable la necesidad de realizar el examen y exponer al feto, se deben seguir las siguientes recomendaciones: reducir el tiempo de la fluoroscopia y la cantidad de imágenes adquiridas, ocupar la menor cantidad de cuadros, optimizar la colimación y usar una mantención de imagen en vez de adquirir otras adicionales (Tirada *et al.*, 2015). En el caso de procedimientos endovasculares que requieran fluoroscopia, se mantienen las recomendaciones previas y se agregan otras como la utilización de un acceso vascular en las extremidades superiores y/o cervical, mantener el tubo de rayos X con el menor kilovoltaje posible y a la distancia máxima, además de mantener el receptor y/o magnificador de imagen lo más cercano a la paciente. En la eventualidad de exposición prolongada se debe alternar el sitio de exploración con rayos X o cambiar el ángulo de disparo (Dauer *et al.*, 2012).

### ¿Es necesario realizar test de embarazo previo a la realización de estudios que incluyen radiación ionizante?

Actualmente existe un cambio epidemiológico y en los hábitos de las mujeres embarazadas y potencialmente embarazadas (en edad fértil que desconocen su embarazo en las primeras semanas de gestación) que se caracteriza por mayor movilidad, siendo mujeres activas laboralmente y que se trasladan en vehículos con el riesgo de trauma por accidentes. Este cambio ha generado un aumento del uso de técnicas imagenológicas que emiten radiación ionizante por lo que es razonable cuestionarse cuántas mujeres han estado involuntariamente expuestas sin saber que estaban embarazadas y si deberíamos realizar screening previo a todas las mujeres en edad fértil. Un estudio reportó que el 1% de las mujeres que se sometieron a una imagen abdominal durante el primer trimestre no sabían que estaban embarazadas. En contexto de trauma se reportó que el 2.9% de las mujeres estaban embarazadas y un 0,3% no conocían su estado de gravidez. Debido a lo anteriormente expuesto, ACR genera recomendaciones indicando para qué exámenes corresponde o no un screening de embarazo. Los

siguientes estudios basados en radiación ionizante sin exposición directa de la pelvis o el útero grávido no requieren verificación o test de embarazo: radiografía de tórax, radiografía de extremidades, cualquier imagen diagnóstica de cabeza o cuello, mamografía y cualquier TC excepto abdomen y pelvis. Por otro lado, los exámenes que pueden requerir certificación previa son los procedimientos fluoroscópicos intervencionales de abdomen o pelvis, angiografía diagnóstica del abdomen o pelvis, histerosalpingografía, TC con dosis estándar en protocolos de abdomen o pelvis y estudios diagnósticos con medicina nuclear PET/CT (American College of Radiology, 2018).

### ¿Qué consideraciones debo tener presente durante la lactancia?

La exposición a radiación ionizante en técnica de imágenes diagnósticas no genera ningún riesgo para la lactancia. Sin embargo, cabe mencionar que cuando una mujer ha ingerido, inhalado o inyectado algún fármaco radioactivo o ingesta de comida contaminada, la cantidad residual en la leche materna está determinada por la masa mamaria, volumen de producción de leche y la vida media del compuesto radioactivo. La concentración más alta de radiación en la leche materna se produce de 3 a 4 horas posterior a la administración y luego está decrece. De la dosis de radiación total absorbida por la madre menos del 3 - 10% es absorbida por el hijo al amamantar. Esta dosis en contexto de un paciente pediátrico es significativa ya que los niños son más sensibles que los adultos a los efectos de la radiación debido a su alta tasa metabólica. Es importante destacar que el yodo radioactivo es activamente secretado por la leche materna en dosis hasta 30 veces mayor que la administrada, lo cual presenta un alto riesgo de desarrollo de cáncer de tiroides o lesiones no cancerígenas en la tiroides del lactante, por lo cual está recomendado que mujeres que hayan estado expuestas a yodo radioactivo detengan la lactancia (Groen *et al.*, 2012; Mathur *et al.*, 2020).

En la situación de realizar PET/CT con F18-FDG (Fluorodesoxiglucosa marcada con Flúor-18), la recomendación de la ICRP es no suspender la lactancia, ya que la excreción del radiofármaco por la leche materna es mínima. Sin embargo, es necesario separar a la madre del hijo(a) por al menos 12 horas para evitar la exposición a radiación residual posterior a la administración de F18-FDG. (Jamar *et al.*, 2012).

Con respecto a estudios de medicina nuclear, donde se utilizan radiotrazadores con diferentes tiempos de vida media, la recomendación se realizará según el tipo de radiotrazador administrado, dividiéndolos en tres categorías: Grupo 1: sin necesidad de suspender la lactancia, como por ejemplo el Tecnecio-99m, en que se debe eliminar la leche durante 4 horas posterior a la inyección del

trazador. Grupo 2: 12 hrs de interrupción de lactancia, con eliminación de la leche materna cada 4 horas (Yodo-131 por ejemplo). Grupo 3: Interrupción de lactancia hasta 3 semanas (Yodo 131-Nal). (Leide-Svegborn *et al.*, 2016).

### Medios de contraste intravascular en embarazo y lactancia

Si bien los medios de contraste intravascular más utilizados en los estudios radiológicos (basados en yodo para tomografía computada y gadolinio en resonancia magnética) tienen un alto perfil de seguridad, existen algunas consideraciones especiales que deben tenerse presente al momento de indicar un examen de imagen que requiera su administración a una mujer embarazada o durante la lactancia.

### Medios de contraste yodado y su uso en embarazo y lactancia

Los medios de contraste yodados se basan en la molécula de yodo y uno o dos anillos de benceno unidos por enlaces covalentes (conformando estructuras monoméricas o diméricas, respectivamente). Son moléculas hidrofílicas de peso molecular moderado que, tras la administración endovenosa, permanecen fundamentalmente en el espacio extracelular (Prieto-Rayó *et al.*, 2014). Tienen la capacidad de atravesar a la placenta por difusión simple y por lo tanto, llegar a la circulación fetal. Otro mecanismo de menor importancia es su paso directo desde el torrente sanguíneo materno al líquido amniótico. Independiente de la forma de ingreso a la circulación fetal, el medio de contraste será filtrado a través de los riñones y luego excretado por la orina al líquido amniótico. Además, cuando el feto deglute llega al aparato digestivo (Rajaram *et al.*, 2012).

Los medios de contraste basados en yodo son clasificados en la categoría B según la *Food and Drug Administration* (FDA), es decir, que los estudios realizados en animales no han demostrado efectos mutagénicos o teratogénicos durante el embarazo. Sin embargo, el principal riesgo reportado es la alteración del desarrollo de la tiroides fetal (Atwell *et al.*, 2008).

Se conoce que la disfunción tiroidea del recién nacido puede ser un efecto secundario por medio de contraste yodado, situación que se ha descrito en hijos de madres que recibieron medio de contraste previo como en una histerosalpingografía o durante el embarazo. Una revisión sistemática reportó que la exposición podría aumentar el riesgo de disfunción tiroidea de carácter temporal, recomendando mantener la cantidad de contraste usado lo más baja posible, en caso de que sea necesario su utilización (Van Welie *et al.*, 2021). Solo el yodo en su forma libre es potencialmente dañino para la tiroides fetal, y los MC solubles en agua contienen una cantidad muy pequeña de yodo libre. Es importante mencionar

que es posible que el yoduro libre difunda rápidamente a través de la placenta y se excrete vía renal materna con breve exposición de la tiroides del feto, por lo tanto, en casos de madres con insuficiencia renal, la exposición puede ser por un período de tiempo más largo (Junkermann, 2007).

Por el riesgo teórico de alteración de la función tiroidea fetal, se recomienda realizar pruebas tiroideas al recién nacido durante la primera semana de vida si la madre recibió medio de contraste yodado durante el embarazo (Thomsen *et al.*, 2018; American College of Radiology Committee on Drugs and Contrast Media, 2021).

Solo pequeñas cantidades de contraste se han encontrado en la leche materna. Menos del 1% del total administrado es excretado en la leche materna, y de ello, sólo el 1% del contraste excretado es absorbido por el lactante. Es por ello que no se recomienda discontinuar la lactancia o eliminar la leche extraída posterior a la administración de contraste yodado. Sin embargo, en caso de incertidumbre o ansiedad la madre puede eliminar la leche durante las primeras 24 horas, para retomar posteriormente la lactancia (Wang *et al.*, 2012; Tirada *et al.*, 2015).

### Medios de contraste basados en gadolinio

El gadolinio es un metal altamente tóxico en su forma pura, con capacidad para alterar el magnetismo de protones del agua y grupos metilo de la grasa. En su forma de complejo inocuo gadolinio-quelante se elimina por excreción renal (Lin & Brown, 2007).

La FDA clasifica a los quelantes del gadolinio como categoría C, es decir que en animales se han demostrado efectos adversos fetales, pero en humanos no hay estudios adecuados ni controlados, siendo los beneficios de su uso aceptables a pesar de sus riesgos potenciales. El período de mayor susceptibilidad durante el embarazo es el primer trimestre (Junkermann, 2007). Estudios in vivo realizados en monos *rhesus* demostró que los quelantes atraviesan rápidamente la placenta logrando llegar a la vejiga fetal a los 11 minutos post inyección. Los quelantes de gadolinio pueden acumularse en el líquido amniótico por un período que teóricamente puede ser indefinido, además de exponer al sistema respiratorio y digestivo fetal. Se han reportado estudios en animales con efectos adversos diversos y en algunos casos severos en casos de exposición a altas dosis o períodos de tiempo prolongados, sin embargo, no hay estudios en humanos que permitan extrapolar estas conclusiones. Solo existen reportes aislados de mujeres embarazadas que a partir del segundo trimestre han recibido medio de contraste paramagnético para evaluar diversas patologías como dolor abdominal o pélvico, o bien anomalías placentarias sospechadas en ultrasonido que podrían ser de riesgo vital en estas mujeres, sin reportar efectos adversos (Lin & Brown, 2007).

Las recomendaciones actuales de sociedades internacionales señalan que los medios de contraste basados en gadolinio no deben ser utilizados durante el embarazo. Solo en casos muy justificados donde su administración es necesaria para responder una pregunta clínica y donde el beneficio potencial para la madre o el feto sea mayor que los riesgos, se debe administrar la menor dosis posible de gadolinio, con seguimiento clínico posterior de la madre embarazada. El médico referente debe informar a la paciente sobre los potenciales riesgos, dejando el registro del consentimiento informado (Thomsen *et al.*, 2018; American College of Radiology Committee on Drugs and Contrast Media, 2021).

Al igual de los medios de contraste yodados, el gadolinio es excretado a través de la leche materna, el cual se ha calculado en un porcentaje menor a 0,04% de la dosis administrada por vía intravascular. Se ha descrito que tras la ingestión oral de Magnevist® por la leche materna (uno de los contrastes basados en gadolinio aprobado por la FDA), un 99,2% se elimina por vía fecal del lactante, por lo tanto, menos del 1% es absorbida por vía intestinal, siendo una dosis mucho menor a la recomendada para un lactante que requiere el uso de gadolinio para un estudio de resonancia magnética (Lin & Brown, 2007).

Las asociaciones internacionales como la ACR y ESUR (*European Society of Urogenital Radiology*) establecen que es seguro tanto para la madre como para el infante continuar con la lactancia posterior a la administración de gadolinio. Sin embargo, en caso de incertidumbre o ansiedad materna, es posible interrumpir la lactancia por un período de 12 a 24 horas (Thomsen *et al.*, 2018; American College of Radiology Committee on Drugs and Contrast Media, 2021).

## Conclusiones

Los estudios imagenológicos que utilizan radiación ionizante o medio de contraste pueden provocar potenciales efectos deletéreos sobre el feto, los cuales deben ser puestos en la balanza donde se ponderen adecuadamente los beneficios versus los riesgos, considerando que el bienestar de la madre asegura un buen desarrollo del feto, debiendo agotar las estrategias diagnósticas no invasivas que permitan devolver la salud a la madre en caso de enfermedad. El personal de salud y en especial los médicos tienen la responsabilidad de educar a los pacientes para que puedan realizar una toma de decisiones informada. Esto no solo alivia la ansiedad, sino que también reconoce su autonomía para adoptar las decisiones sobre su propia salud.

Si bien existe un riesgo teórico de carcinogénesis, no hay evidencias de desarrollo de malformaciones congénitas o de discapacidad intelectual en el producto de la concepción con las dosis de radiación ionizante en los estudios de imagenología diagnóstica,

por lo que se debe tranquilizar y educar a la madre sobre la seguridad de la técnica.

Si bien aún no existen estudios de buena calidad metodológica donde se observe el riesgo potencial del uso de MC tanto yodados como basados en gadolinio, la evidencia actual muestra que, en dosis clínicas tanto durante el embarazo como lactancia, no existen efectos deletéreos para la salud de la madre y el feto al utilizar medios de contraste basados en yodo. La única situación a destacar es la posibilidad de una disfunción tiroidea transitoria en el recién nacido posterior al uso de MC yodado. Por otro lado, aún no hay evidencia que respalde el uso de gadolinio durante el periodo de gestación, por lo que no debe evitarse hasta que se demuestre su perfil de seguridad.

## Fuentes de financiamiento

No existieron fuentes de financiamiento para esta revisión.

## Referencias

- American College of Obstetricians and Gynecologists. (2017). Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy and lactation. Committee Opinion No. 723. *Obstet Gynecol* 2017;130:e210–6.
- American College of Radiology. (2018). ACR-SPR practice parameter for imaging pregnant or potentially pregnant adolescents and women with ionizing radiation. *Resolution* 39, 1-23.
- ACR Committee on Drugs and Contrast Media. (2021). ACR Manual on Contrast Media. American College of Radiology. Consultado en: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Contrast-Manual> el 9 de agosto de 2021.
- Atwell TD, Lteif AN, Brown DL, McCann M, Townsend JE. & LeRoy AJ. (2008). Neonatal thyroid function after administration of IV iodinated contrast agent to 21 pregnant patients. *American Journal of Roentgenology* 191, 268-271.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2019). Radiation and Pregnancy: A Fact Sheet for Clinicians. Consultado en: <https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/prenatalphysician.htm> el 9 de agosto de 2021.
- Chen MM CF, Kaimal A, Laros RK Jr. (2008). Guidelines for computed tomography and magnetic resonance imaging use during pregnancy and lactation. *Obstet Gynecol* 112, 333-340.
- Coakley FV, Cody DD. & Mahesh M. (2010). The pregnant patient: alternatives to CT and dose-saving modifications to CT technique. *Image Wisely (November 2010)*, 1-3.



- Coakley FV, Gould R, Yeh BM & Arenson RL. (2011). CT Radiation Dose: What can you do right now in your practice?. *American Journal of Roentgenology* **196**, 619-625.
- Dauer LT, Thornton RH, Miller DL, Damilakis J, Dixon RG, Marx MV, Schueler BA, Vañó E, Venkatesan A, Bartal G, Tsetis D, Cardella JF, Society of Interventional Radiology Safety and Health Committee & Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe Standards of Practice Committee. (2012). Radiation management for interventions using fluoroscopic or computed tomographic guidance during pregnancy: a joint guideline of the Society of Interventional Radiology and the Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe with Endorsement by the Canadian Interventional Radiology Association. *Journal of Vascular and Interventional Radiology* **23**, 19-32.
- Garrido F, Rivera S, Pesenti J, Riquelme C. & Huete I. (2020). Medios de contraste intravascular en tomografía computada y resonancia magnética: lo que el clínico necesita saber. *ARS Médica Revista de Ciencias Médicas* **45**, 57-66.
- Groen RS, Bae JY. & Lim KJ. (2012). Fear of the unknown: ionizing radiation exposure during pregnancy. *American journal of obstetrics and gynecology* **206**, 456-462.
- Hall E & Giaccia A. (2018). *Radiobiology for the Radiologist*. Wolters Kluwer Health.
- ICRP. (2007). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Accedido en: [https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB\\_37\\_2-4](https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_37_2-4) el 9 de agosto de 2021.
- Jamar F, Buscombe J, Chiti A, Christian PE, Delbeke D, Donohoe KJ, Israel O., Martin-Comin, J, & Signore, A. (2013). EANM/SNMMI guideline for 18F-FDG use in inflammation and infection. *Journal of nuclear medicine: official publication, Society of Nuclear Medicine* **54**, 647-658.
- Junkermann H. (2007). Indikationen und Kontraindikationen kontrastmittelverstärkter MRT- und CT-Untersuchungen in der Schwangerschaft. *Der Radiologe* **47**, 774-777.
- Kwan ML, Miglioretti DL, Marlow EC, Bowles EA, Weinmann S, Cheng SY, Deosaransingh KA, Chavan P, Moy LM. & Bolch WE. (2019). Trends in medical imaging during pregnancy in the United States and Ontario, Canada, 1996 to 2016. *JAMA network open* **2**, e197249-e197249.
- Leide-Svegborn S, Ahlgren L, Johansson L. & Mattsson S. (2016). Excretion of radionuclides in human breast milk after nuclear medicine examinations. Biokinetic and dosimetric data and recommendations on breastfeeding interruption. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* **43**, 808-821.
- Lin SP. & Brown JJ. (2007). MR contrast agents: physical and pharmacologic basics. *Journal of Magnetic Resonance Imaging: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine* **25**, 884-899.
- Mathur S, Pillenahalli Maheshwarappa R, Fouladirad S, Metwally O, Mukherjee P, Lin AW, Bharatha A, Nicolaou S. & Ditskoffsky NG. (2020). Emergency imaging in pregnancy and lactation. *Canadian Association of Radiologists Journal* **71**, 396-402.
- McCullough CH, Schueler BA, Atwell TD, Braun NN, Regner DM, Brown DL. & LeRoy AJ. (2007). Radiation exposure and pregnancy: when should we be concerned?. *Radiographics* **27**, 909-917.
- Mettler FA. (2012). Medical effects and risks of exposure to ionizing radiation. *J Radiol Prot* **32**, N9-N13.
- OECD. (2019). *Health at a Glance 2019: OECD Indicators*. OECD. Accedido en <https://doi.org/10.1787/4dd50c09-en> el 9 de agosto de 2021.
- Prieto Rayo JC. & Varela C. (2014). Farmacología clínica y seguridad de los medios de contraste yodados. *Rev Farmacol Chile* **7**, 57-69.
- Puerta-Ortiz JA. & Morales-Aramburo J. (2020). Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. *Revista Colombiana de Cardiología* **27**, 61-71.
- Rajaram S, Exley C, Fairlie F. & Matthews S. (2012). Effect of antenatal iodinated contrast agent on neonatal thyroid function. *The British journal of radiology* **85**, e238-e242.
- Rocha APC, Carmo RL, Melo RFQ, Vilela DN, Leles-Filho OS. & Costa-Silva L. (2020). Imaging evaluation of nonobstetric conditions during pregnancy: what every radiologist should know. *Radiologia Brasileira* **53**, 185-194.
- Smith-Bindman R, Miglioretti DL. & Larson EB. (2008). Rising use of diagnostic medical imaging in a large integrated health system. *Health affairs* **27**, 1491-1502.
- Thomsen H. & ESUR. (2018). ESUR Guidelines on Contrast Agents. European Society of Urogenital Radiology. Accedido en: <http://www.esur.org/guidelines/> el 9 de agosto de 2021.

Tirada N, Dreizin D, Khati NJ, Akin EA. & Zeman RK. (2015). Imaging pregnant and lactating patients. *Radiographics* **35**, 1751-1765.

Tremblay E, Thérasse E, Thomassin-Naggara I. & Trop I. (2012). Quality initiatives: guidelines for use of medical imaging during pregnancy and lactation. *Radiographics* **32**, 897-911.

van Welie N, Portela M, Dreyer K, Schoonmade LJ, van Wely M, Mol BWJ, van Trotsenburg AS, Lambalk CB, Mijatovic V. & Finken MJ. (2021). Iodine contrast prior to or during pregnancy and neonatal thyroid function: a systematic review. *European Journal of Endocrinology* **184**, 189-198.

Wang PI, Chong ST, Kielar AZ, Kelly AM, Knoepp UD, Mazza MB. & Goodsitt MM. (2012). Imaging of pregnant and lactating patients: part 1, evidence-based review and recommendations. *American Journal of Roentgenology* **198**, 778-784.

Wieseler KM, Bhargava P, Kanal KM, Vaidya S, Stewart BK. & Dighe MK. (2010). Imaging in pregnant patients: examination appropriateness. *Radiographics* **30**, 1215-1229.