

# EMBARAZO E IRRADIACIÓN MÉDICA

---

PUBLICACIÓN ICRP-84

**ICRP**

COMISIÓN INTERNACIONAL  
DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



Sociedad Española de  
Protección Radiológica



Sociedad Argentina de  
Radioprotección

## CONTENIDO

Prólogo-español

Editorial-Prefacio

Resumen e Introducción

Diagnóstico de embarazo

Efectos de la irradiación en útero

Consentimiento Informado y comprensión

Radiodiagnóstico

Medicina nuclear

Radioterapia

Control de las embarazadas ocupacionalmente expuestas

Embarazo e investigación biomédica

Consideraciones sobre la interrupción del embarazo

Resumen y recomendaciones

Bibliografía

# **Comisión Internacional de Protección Radiológica**

## **Publicación ICRP-84**

### **EMBARAZO E IRRADIACIÓN MÉDICA**

#### **Traducción al español**

#### **Sociedad Española de Protección Radiológica**

#### **Sociedad Argentina de Radioprotección**

### **PRÓLOGO A LA EDICIÓN EN ESPAÑOL**

La Comisión Internacional de Protección Radiológica ha sido, y sigue siendo, una referencia obligada en cualquier actividad que pretenda hacer un uso seguro y eficiente de las radiaciones ionizantes. Sus recomendaciones de 1990 son actualmente la base de la mayor parte de las iniciativas que en el ámbito normativo se abordan en todo el mundo. Del mismo modo, sus publicaciones de cualquier índole contribuyen de manera notable a facilitar la interpretación y aplicación de los principios generales.

En su última etapa, la Comisión Internacional de Protección Radiológica ha dirigido con frecuencia su atención al mundo de las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes. Uno de los documentos más interesantes es su Publicación 84, "Pregnancy and Medical Irradiation", editado en el año 2000. En el se hace una revisión completa de un tema que afecta a un número elevado de pacientes y de trabajadoras expuestas. La cuestión ha sido tratada de forma muy conveniente para su utilización por los médicos y por el personal sanitario que, en cualquier país del mundo, necesitan una información científica sólida y, a la vez, unos criterios claros sobre como actuar cuando una mujer embarazada ha sido o tiene que ser expuesta a radiaciones ionizantes por razones médicas.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica ha manifestado su interés en que publicaciones de este tipo sean accesibles al mayor número posible usuarios de las radiaciones en el sector sanitario o en otros sectores interesados. La Sociedad Argentina de Radioprotección y la Sociedad Española de Protección Radiológica consideraron que podían prestar un servicio a toda la comunidad de habla hispana mediante la edición de una traducción al español del documento citado. A lo largo de varios meses, ambas Sociedades han trabajado conjuntamente hasta producir el texto que ahora se recoge en esta publicación, autorizado por la propia ICRP.

Creemos que la disponibilidad de textos como el presente, en la lengua propia de cada país, puede contribuir de manera relevante a una comprensión mejor y más generalizada de los criterios básicos de la protección radiológica, así como a una aplicación más ajustada de las normas y técnicas derivadas de ellos.

El texto en español ha sido el resultado del trabajo de un número muy elevado de profesionales de ambas Sociedades, y de otras personas que desinteresadamente han comentado aspectos concretos y específicos. No es posible aquí dar las gracias individualmente a cada uno de ellos pero sí debe quedar constancia de su esfuerzo personal y colectivo y del reconocimiento por parte de las Sociedades editoras.

Norberto Ciallella

Presidente de la S.A.R.

Ignacio Hernando

Presidente de la S.E.P.R.

## PREFACIO

A lo largo de los años, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), en adelante "la Comisión", ha publicado varios informes que asesoran sobre la protección y seguridad radiológicas en medicina, siendo el más reciente su *Publicación 73* que presenta una revisión general en ese campo. Esos informes resumen los principios generales de la protección radiológica y asesoran sobre la aplicación de dichos principios en los diferentes usos de las radiaciones ionizantes en medicina e investigación biomédica.

La mayoría de esos informes son generales y la Comisión desea ahora dirigir la atención hacia situaciones específicas en las que se han observado dificultades. Es deseable que los informes sobre dichas áreas problemáticas sean escritos en un estilo que resulte accesible a los que puedan estar directamente involucrados en su trabajo diario. También es deseable que se realicen todos los esfuerzos posibles para asegurar una amplia difusión de los mismos.

Un primer paso en esa dirección fue dado en la reunión de la Comisión efectuada en Oxford, Reino Unido, en septiembre de 1997. En esa ocasión, se tomó como base la recomendación del Comité 3 de la ICRP, estableciéndose un Grupo de Trabajo para la producción de este informe, relativo a embarazo e irradiación médica. El propósito fue tratar los puntos básicos relativos al embarazo y las radiaciones ionizantes en medicina, en un informe conciso que incluyera en forma coherente las recomendaciones actuales de la Comisión, que pudiera ser fácilmente comprensible por la comunidad médica y fácilmente traducible a diferentes idiomas. El informe debía responder las preguntas formuladas con mayor frecuencia, discutir el manejo de las pacientes y de las trabajadoras embarazadas, y suministrar un enfoque práctico que pudiera ser utilizado en diferentes situaciones.

La constitución del Grupo de Trabajo fue la siguiente:

F.A. Mettler, Jr. (Presidente) R.L. Brent C. Streffer

L. Wagner.

Fueron miembros correspondientes:

M. Berry S.-Q. He T. Kusama.

Durante el período de preparación del informe, los integrantes del Comité 3 fueron:

F.A. Mettler, Jr. (Presidente) J.-M Cosset M.J. Guiberteau

L.K. Harding (Secretario) J. Liniecki (Vicepresidente) S. Mattsson

H. Nakamura P. Ortiz-López L.V. Pinillos-Ashton

M.M. Rehani H. Ringertz M. Rosenstein

Y. Sasaki C. Sharp W. Yin

W.Y. Ussov

Este informe tiene por finalidad satisfacer los propósitos antes señalados, y como pretende tener una audiencia amplia, su estilo difiere en algunos aspectos del que es habitual en las publicaciones de la Comisión editadas en los *Annals of the ICRP*. Por ejemplo, las referencias bibliográficas no se presentan de la manera que es habitual en los informes científicos. En cambio, al final se lista una bibliografía que incluye el material de base y las lecturas adicionales que puedan resultar útiles.

El informe fue aprobado por la Comisión para su publicación, mediante votación por correo, en noviembre de 1999.

**Resumen.** Miles de pacientes y trabajadoras embarazadas están expuestas anualmente a las radiaciones ionizantes. La falta de conocimiento es responsable de la gran ansiedad creada y, probablemente, de la interrupción innecesaria de embarazos. Para muchas pacientes la exposición es apropiada, mientras que para otras puede ser inapropiada por originar un incremento del riesgo para el niño aún no nacido.

*Las dosis prenatales, debidas a la mayoría de los procedimientos de diagnóstico llevados a cabo de manera adecuada, no presentan un incremento apreciable del riesgo de muerte prenatal, malformación o deterioro del desarrollo mental, sobre la incidencia natural de esos factores. Dosis mayores, tales como las involucradas en procedimientos terapéuticos, pueden dar por resultado un daño fetal significativo.*

*La paciente o trabajadora embarazada tiene el derecho de conocer la magnitud y el tipo de efectos potenciales de las radiaciones que pueden resultar de una exposición en el útero. Casi siempre, si un examen radiológico de diagnóstico está indicado desde el punto de vista médico, el riesgo para la madre, si no se realiza dicho procedimiento, es mayor que el riesgo de daño potencial para el feto. La mayoría de los procedimientos de medicina nuclear no causan dosis fetales elevadas. Sin embargo, algunos radiofármacos usados en esta especialidad pueden originar riesgos significativos en el feto.*

*Antes de iniciar una radioterapia es importante conocer si una paciente está embarazada. En este caso, si los cánceres están alejados de la pelvis, pueden normalmente ser tratados con radioterapia; sin embargo, ésta requiere una cuidadosa planificación. Los cánceres localizados en la pelvis no pueden ser tratados adecuadamente durante el embarazo sin que ocurran consecuencias severas o letales para el feto.*

*Las bases para el control de la exposición ocupacional de las mujeres que no están embarazadas son iguales que para los hombres. Sin embargo, si una mujer está o puede estar embarazada deben considerarse controles adicionales para proteger al niño aún no nacido. En muchos países, la exposición a las radiaciones durante el desarrollo de investigaciones biomédicas que involucren a mujeres embarazadas no está especialmente prohibida. Sin embargo, su participación en tales investigaciones es muy rara y debería ser desaconsejada.*

*La interrupción del embarazo es una decisión individual condicionada por muchos factores. Las dosis fetales menores que 100 mGy no deberían ser consideradas como una razón para interrumpir un embarazo. En casos de dosis fetales superiores a dicho nivel, las decisiones deberían tomarse después de una apropiada información y basándose en las circunstancias individuales.*

Palabras claves: Embarazo, Radiaciones, Protección, Dosis Fetal, Interrupción.

## 1. INTRODUCCIÓN

**(1) Miles de pacientes y trabajadoras embarazadas están expuestas anualmente a las radiaciones ionizantes. La falta de conocimiento es responsable de la gran ansiedad creada y, probablemente, de la interrupción innecesaria de embarazos. Para muchas pacientes la exposición es apropiada, mientras que para otras puede ser inapropiada por originar un incremento del riesgo para el niño aún no nacido.**

(2) Una de las preguntas formuladas con mayor frecuencia, en relación con el uso de las radiaciones ionizantes en medicina, se refiere a los procedimientos a seguir con las pacientes y trabajadoras embarazadas. Instintivamente, se desearía evitar el uso de radiaciones con una paciente embarazada; sin embargo, hay algunas situaciones en las que el uso de las radiaciones para el diagnóstico y la terapia resulta apropiado. Además de la irradiación de pacientes, también existen muchas médicas y técnicas que trabajan en instalaciones médicas en las que se usan radiaciones y que desean tener hijos mientras continúan ocupadas.

(3) Este documento está escrito fundamentalmente para los médicos, pero también será útil para físicos médicos, personal de protección radiológica, enfermeras, técnicos y administradores. Este documento no tiene la intención de ser un trabajo completo de referencia científica ni una colección de recomendaciones inflexibles, sino más bien la de suministrar un enfoque práctico que pueda ser empleado en diferentes situaciones. Si el lector desea tener información adicional, se incluyen diversas referencias bibliográficas al final del documento. Este documento no considerará las exposiciones debidas a los diagnósticos por ecografía o por resonancia magnética.

(4) El control de la embarazada en una situación que implique exposición a las radiaciones puede adoptar diversas formas. Si la paciente o la trabajadora declara su embarazo o está obviamente embarazada, pueden tomarse medidas apropiadas. La situación es mucho más difícil cuando la mujer no está segura de estar embarazada o no sabe que lo está. El grado de preocupación y la necesidad o no de obtener un consentimiento informado para la aplicación de un determinado procedimiento, dependen del nivel de riesgo potencial para el feto y para la madre. El riesgo potencial para el embrión o feto puede variar ampliamente, dependiendo de si lo que se contempla es un estudio diagnóstico o una terapia. Estos temas serán tratados con más detalle en cada sección del informe.

(5) En el pasado, la Comisión Internacional de Protección Radiológica ha publicado una amplia variedad de recomendaciones. Estas incluyen recomendaciones generales sobre protección radiológica, así como también asesoramiento sobre la aplicación de la protección radiológica en medicina. Tanto en estas publicaciones como en otras de la Comisión, hay información sobre embarazo e irradiación. Este documento suministrará gran parte de esa información de manera condensada y ofrecerá ejemplos de su aplicación.

### 1.1. Conceptos fundamentales

**(6) En su práctica diaria, los médicos y la comunidad médica ya emplean muchos de los conceptos que constituyen el fundamento de la protección radiológica.**

(7) Cada uno de los usos de las radiaciones en medicina debería estar justificado (originar más beneficio que daño). Por ejemplo, se emplea la radioterapia porque se ha demostrado que reduce la morbilidad y la mortalidad por cáncer. Después que un determinado tipo de examen o de terapia haya sido justificado de manera general, debería además justificarse cada caso particular. A título de ejemplo, un protocolo estándar de radioterapia puede estar justificado para una mujer de 50 años, pero el mismo protocolo puede no estarlo sin consideraciones adicionales (incluyendo su eventual modificación) en el caso de una embarazada de 25 años.

(8) La justificación en la práctica médica es diferente de la justificación en la mayoría de las restantes prácticas que involucran el uso de las radiaciones. En casi todas las aplicaciones médicas de las radiaciones, el beneficio y el riesgo potencial recaen en la misma persona. En muchas otras prácticas (tales como el uso de la energía nuclear) el beneficio potencial y el daño potencial pueden corresponder a grupos de población diferentes.

(9) En comparación con otras prácticas médicas rutinarias, la exposición médica de una paciente embarazada tiene consideraciones éticas adicionales. En la evaluación de los riesgos y beneficios de las exposiciones médicas durante el embarazo deben ser tenidos en cuenta, por lo menos, dos individuos. La madre puede recibir un beneficio directo, mientras que el feto puede quedar expuesto sin un beneficio directo. Por otra parte, si el problema médico de la madre está amenazando su vida, la irradiación médica de la madre puede favorecer su supervivencia, lo que obviamente origina un beneficio directo para el feto.

(10) Una vez que un procedimiento médico está justificado, el mismo debe ser optimizado. Esto significa que las condiciones de irradiación deben alcanzar su propósito clínico con la dosis que sea apropiada. Una dosis de radiación demasiado baja dará lugar a resultados médicos pobres, tanto en diagnóstico como en terapia. En radiodiagnóstico, la imagen será insuficiente para hacer un diagnóstico adecuado, mientras que en radioterapia el tumor no será curado. Las dosis demasiado altas en diagnóstico incrementan el riesgo de inducción de neoplasias, y las dosis demasiado altas en terapia pueden dar por resultado complicaciones severas y potencialmente fatales.

(11) Una vez que se ha realizado un procedimiento médico con radiaciones, muy pocas veces es posible reducir la dosis. Se pueden vislumbrar algunas situaciones en medicina nuclear en las que la dosis de radiación puede ser reducida después de la realización del examen. Por ejemplo, con el fin de reducir la dosis en vejiga después de una gammagrafía (centellografía) ósea puede solicitarse al paciente que beba mucho líquido para que sea eliminado por vía urinaria. En radiodiagnóstico y en la mayoría de las prácticas de radioterapia no puede intervenir para reducir la dosis después de realizado el procedimiento. Los conceptos simples de justificación y optimización constituirán las bases de la filosofía aplicada en la mayor parte de este documento.

(12) Para los propósitos de este informe, la dosis de radiación de interés es la dosis absorbida por el embrión o el feto y no por la madre. Dicha dosis absorbida se expresa apropiadamente en gray (Gy) o miligray (mGy). El gray es igual a 100 rad. Un gray equivale a 1.000 mGy. La unidad de dosis equivalente y de dosis efectiva es el sievert (Sv). El sievert es igual a 100 rem. Los límites de dosis se expresan en Sv. En la mayoría de las aplicaciones médicas que exigen tomar decisiones y que emplean electrones o rayos X o gamma, el valor numérico de la dosis absorbida en Gy es esencialmente igual al valor numérico de la dosis equivalente en Sv. Teniendo en cuenta la homogeneidad de la mayoría de las dosis fetales en las aplicaciones médicas y para facilitar la comprensión, todas las dosis en este documento estarán expresadas en Gy o mGy.

(13) Para las exposiciones ocupacionales y del público existen recomendaciones de límites anuales de dosis. Éstos tienen la intención de proteger respectivamente a los trabajadores y al público expuestos a fuentes de radiación, tales como la producción de la energía nuclear. Los límites de dosis no se aplican a la exposición a las radiaciones de los pacientes, dado que el uso de las radiaciones en tales casos estará justificado en función de la situación individual de cada paciente. A título de ejemplo, una cierta dosis de radiación puede no estar justificada en el caso de un control médico masivo de la población (screening), pero puede estar justificada para un paciente muy enfermo.

(14) Este documento comienza con secciones breves sobre el diagnóstico del embarazo, el consentimiento informado, y los efectos de las radiaciones sobre el embrión y el feto. Las secciones adicionales se refieren a la situación de las pacientes embarazadas sometidas a radiodiagnóstico, medicina nuclear y radioterapia. Les siguen secciones sobre exposición ocupacional de trabajadoras embarazadas y sobre la participación de mujeres embarazadas en investigaciones médicas. Al final del documento, hay una sección relativa a la consideración de la interrupción del embarazo después de una exposición a las radiaciones y, finalmente, una sección de conclusiones y recomendaciones.

## 2. DIAGNÓSTICO DE EMBARAZO

**(15) La amenorrea de una mujer con reglas regulares debería ser considerada como debida a un embarazo, hasta que se pruebe otra causa.**

(16) El diagnóstico de embarazo puede resultar difícil, especialmente en las primeras semanas de amenorrea. En la mayoría de los casos, el embarazo se diagnostica clínicamente sin recurrir a pruebas de laboratorio ni diagnóstico por imágenes. Los signos de embarazo se dividen en presuntos, probables y positivos. Los signos presuntos incluyen la pigmentación y decoloración de la piel y de las membranas mucosas. Los signos probables están relacionados con los cambios físicos detectables de tamaño, forma y consistencia del útero. Los signos positivos incluyen la detección física del latido cardíaco y el reconocimiento de movimientos del feto. Desgraciadamente, cuando una paciente se presenta para un examen en un departamento de radiología o de medicina nuclear, la mayor parte de la información antedicha, relacionada con los signos de embarazo, no suele estar inmediata o fácilmente disponible.

(17) La historia menstrual puede ser o no fiable, para la determinación de embarazo. Por ejemplo, una joven que llega a un hospital acompañada por sus padres puede negar un embarazo que ella misma sospecha. Las pruebas de orina y de suero para detectar embarazo en sus primeros estados son muy accesibles en los países desarrollados, siendo muy sensibles y fiables y, normalmente, son capaces de proporcionar información concluyente desde 10 días después de la concepción o 24 días después de la fecha de comienzo del último período menstrual (si este período es regular). Este tipo de pruebas no se emplean, generalmente, antes de realizar exámenes radiológicos que originan dosis bajas, pero pueden ser útiles en situaciones específicas en las que se necesita irradiar la pelvis con dosis altas de radiación.

(18) Para evitar la exposición a las radiaciones durante las dos primeras semanas después de la concepción, algunos autores han sugerido limitar los exámenes no esenciales a los primeros 10 días del ciclo menstrual. En la mayoría de las situaciones no se ha probado que esta precaución sea necesaria, sobre la base de consideraciones radiobiológicas y dosimétricas que serán expuestas en la sección siguiente de este informe.

(19) Los obstetras expresan, habitualmente, la etapa del embarazo como edad menstrual o edad gestacional. Este último término se utiliza, generalmente, en los informes de exámenes ecográficos para determinar la edad fetal. Los dos términos usados en este documento serán o la edad gestacional basada en el primer día del último período menstrual, o la edad post-concepcional. Los efectos de la exposición a radiaciones sobre el embrión y el feto se expresan en función de la edad gestacional. El desarrollo del embrión/feto se expresa en términos de la edad post-concepcional que puede ser dividida en tres grandes fases. Éstas son (1) la fase de pre-implantación, desde la concepción hasta la implantación; (2) la fase de organogénesis principal, que se extiende desde la 3ª hasta, aproximadamente, la 8ª semana post-concepción, y (3) la fase de desarrollo fetal que abarca desde la 9ª semana hasta el nacimiento (y que incluye el importante período de desarrollo del sistema nervioso central, que ocurre entre las semanas 8ª y 25ª).

### 3. EFECTOS DE LA IRRADIACIÓN EN ÚTERO

#### 3.1. Información general

**(20) Las dosis prenatales, debidas a la mayoría de los procedimientos de diagnóstico llevados a cabo de manera adecuada, no presentan un incremento apreciable del riesgo de muerte prenatal, malformación, o deterioro del desarrollo mental sobre la incidencia natural de esos factores. Dosis mayores, como las involucradas en procedimientos terapéuticos, pueden dar por resultado un daño fetal significativo.**

(21) Existen riesgos debidos a la irradiación durante el embarazo que están relacionados con la etapa del embarazo y la dosis absorbida por el feto. Los mismos son más significativos durante la organogénesis y el desarrollo fetal temprano, algo menores en el segundo trimestre, y aún menores en el tercer trimestre.

(22) Como resultado de una irradiación en útero, pueden ocurrir tanto la muerte celular como la inducción de neoplasias. Los efectos clínicos de las radiaciones son debidos a (1) muerte celular o (2) daño no reparado o mal reparado, del ADN. Los efectos debidos a la muerte celular tienen un umbral práctico por debajo del cual el efecto no se observa. Cuanto mayor sea la dosis sobre ese umbral, tanto más severo será el efecto. La leucemia, el cáncer y los efectos hereditarios potenciales se deben al daño no reparado o mal reparado, del ADN. La probabilidad de ocurrencia de tal efecto aumenta con la dosis y no existe una dosis umbral identificable, debajo de la cual se sepa que esa probabilidad sea cero. Durante el embarazo, pueden existir exposiciones a la radiación prolongadas. En general, para un determinado período de gestación, las exposiciones prolongadas, tienen probablemente un efecto total menor que el originado por una exposición breve a la radiación pero de intensidad elevada.

(23) Si se sobrepasa el umbral práctico, el daño debido a las radiaciones ionizantes durante el embarazo que resulta en muerte celular, puede causar un amplio rango de efectos, incluyendo letalidad, anormalidades en el sistema nervioso central, cataratas, retraso en el crecimiento, malformaciones, e incluso desórdenes de conducta. Dado que el sistema nervioso fetal es el más sensible y tiene el período de desarrollo más largo, las anormalidades radioinducidas raramente se observan en seres humanos sin neuropatologías concomitantes. Este síndrome es reconocible, pero también puede ser producido por otros agentes nocivos.

(24) Los efectos de la exposición a las radiaciones sobre el embrión o el feto dependen del momento del embarazo en que ocurre la exposición así como, de la dosis absorbida. Cuando el número de células en el embrión es pequeño y su naturaleza aún no está especializada, el efecto más probable en esas células es un error en la implantación o la muerte no detectable del embrión; las malformaciones son improbables o muy raras. La exposición del embrión en las dos semanas siguientes a la concepción no es probable que dé como resultado malformaciones o muerte fetal, a pesar de que el sistema nervioso central y el corazón estén comenzando a desarrollarse en la tercera semana. Durante el resto del período de mayor organogénesis (considerado convencionalmente a partir de la tercera semana después de la concepción) las malformaciones pueden ser causadas especialmente en los órganos que se estuvieran desarrollando en el momento de la exposición.

(25) Estos efectos tienen un umbral de dosis de 100 a 200 mGy y aún mayores. Estas dosis son más elevadas que las que se alcanzan en la mayoría de los procedimientos diagnósticos de radiología y medicina nuclear. Como ejemplo, una dosis fetal de 100 mGy no sería probable que se alcance con 3 exámenes de radiografía computarizada de pelvis (TC), ni con 20 estudios de radiodiagnóstico convencionales de abdomen o pelvis. Con una dosis de 100-200 mGy el riesgo de malformaciones es bajo, pero aumenta con la dosis.

#### 3.2. Efectos sobre el sistema nervioso central

**(26) Durante el período comprendido entre las semanas 8<sup>a</sup> y 25<sup>a</sup> post-concepción, el sistema nervioso central (SNC) es particularmente sensible a la radiación. Dosis fetales mayores que unos 100 mGy pueden dar como resultado una disminución medible del**

**coeficiente de inteligencia (CI). Durante ese período, dosis fetales de alrededor de 1.000 mGy (1 Gy) tienen como resultado una alta probabilidad de retraso mental grave. La sensibilidad es más elevada entre las semanas 8<sup>a</sup> y 15<sup>a</sup> post-concepción. El SNC es menos sensible a estos efectos entre las semanas 16<sup>a</sup> a y 25<sup>a</sup> de edad gestacional y es bastante resistente a partir de entonces.**

(27) Probablemente, los efectos de las radiaciones sobre el SNC en desarrollo sean el resultado de la muerte celular y de cambios en la diferenciación celular y la migración neuronal. Se han informado valores de coeficientes de inteligencia (CI) menores que los esperados en algunos niños expuestos en útero en Hiroshima y Nagasaki. Hubo dos hallazgos cuantitativos relevantes. El primero es una reducción del CI con el incremento de la dosis. Este efecto depende mucho de la edad fetal. Independientemente del tiempo de gestación, la reducción del CI no puede identificarse clínicamente para dosis fetales menores que 100 mGy. En el período comprendido entre las semanas 8<sup>a</sup> y 15<sup>a</sup> después de la concepción, la reducción del CI a una dosis fetal de 1.000 mGy (1 Gy) es de unos 30 puntos. Un desplazamiento similar, aunque menor, es detectable para exposiciones producidas en el período comprendido entre las semanas 16<sup>a</sup> y 25<sup>a</sup>.

(28) El segundo hallazgo, relacionado con la dosis, se refiere a un incremento en la frecuencia de aparición de niños clasificados como "severamente retrasados". Este no es un hecho inesperado. Si la dosis de radiación fetal es alta y se produce una reducción grande del CI, habrá un mayor número de niños que nazcan con retraso mental severo. A dosis fetales de 1.000 mGy, recibidas durante la edad de gestación comprendida entre las semanas 8<sup>a</sup> y 15<sup>a</sup>, la probabilidad de este efecto es de alrededor de un 40%. Los efectos a todos los niveles de dosis, como consecuencia de exposiciones en el período entre las semanas 16<sup>a</sup> y 25<sup>a</sup> después de la concepción, son menos marcados y no han sido observados en absoluto en otros períodos.

(29) Todas las observaciones clínicas sobre reducciones significativas del CI y retraso mental severo están relacionadas con dosis fetales de alrededor de 500 mGy y superiores, producidas a altas tasas de dosis. El uso directo de estas observaciones para estimar el riesgo en relación con la exposición crónica de los trabajadores, sobrestima probablemente esos riesgos.

(30) Es importante relacionar la magnitud de los efectos de las radiaciones con aquellas anomalías que ocurren espontáneamente en la población, en ausencia de otra exposición adicional a la del fondo natural de radiación. La incidencia normal del retraso mental en la población depende de la definición que se use para ese concepto. En la actualidad, la mayoría de las organizaciones define como retraso mental un CI menor que 70. Las cifras actuales indican que la incidencia "normal" de personas con un CI menor que 70 es aproximadamente un 3%. En otras palabras, en ausencia de otra exposición adicional a la del fondo natural de radiación, 3 de cada 100 embarazos dan como resultado el nacimiento de un niño con retraso mental. El retraso mental severo (en el cual los individuos afectados no son capaces de cuidarse a sí mismos) ocurre espontáneamente en aproximadamente 1 de cada 200 nacimientos (0,5%).

(31) Existen muchos factores modificadores. Hasta el presente, se han identificado más de 250 causas de retraso mental, incluyendo desnutrición, envenenamiento por plomo, infecciones por rubéola durante el embarazo y alcoholismo materno. A dosis fetales de 100 mGy, la incidencia espontánea de retraso mental es mucho mayor que el efecto potencial de las radiaciones en la reducción del CI. Por otra parte, a dosis fetales de 1.000 mGy recibidas en el período comprendido entre las semanas 8<sup>a</sup> a 15<sup>a</sup> después de la concepción, la probabilidad de que se produzca una disminución radioinducida significativa del CI y que resulte en retraso mental, se incrementa hasta aproximadamente un 40%. Este valor es mucho mayor que la tasa espontánea, de alrededor de un 3%.

(32) Debería indicarse que el retraso mental radioinducido a veces puede distinguirse de otras formas de retraso. La materia gris heterotópica y la microcefalia sugieren como causa potencial las radiaciones o el alcoholismo materno, mientras que un niño con parálisis cerebral, tamaño de cabeza normal y un episodio hipóxico documentado durante el parto, no tendría a las radiaciones como una etiología probable.

### 3.3. Riesgos de leucemia y cáncer infantil

**(33) Se ha demostrado que las radiaciones pueden causar leucemia y varios tipos de cáncer, tanto en adultos como en niños. Se asume que a lo largo de la mayor parte del embarazo, el embrión o el feto tiene aproximadamente el mismo riesgo de efectos carcinogénicos radioinducidos potenciales que los niños.**

(34) Como resultado de la exposición a las radiaciones desde la concepción hasta el parto, se cree que existen riesgos incrementados de cáncer infantil y de leucemia. La incidencia espontánea de cáncer infantil y leucemia en el período de edades entre 0 y 15 años, sin exposición adicional a la radiación natural de fondo, es aproximadamente del 2-3 por 1.000. La magnitud del riesgo debido a una exposición a dosis bajas de radiación y la posibilidad que el riesgo varíe a lo largo del embarazo han sido temas de muchas publicaciones, pese a lo cual la interpretación de los datos continúa abierta al debate.

(35) A dosis bajas, el bajo riesgo asociado es difícil de detectar claramente en estudios sobre seres humanos. Un tipo de estudio epidemiológico (el de caso-control) ha mostrado riesgos incrementados de cáncer infantil y leucemia, asociados a exámenes obstétricos con rayos X en mujeres embarazadas. No se han encontrado resultados similares en estudios de cohorte, otro tipo de estudio epidemiológico.

(36) Existe cierta evidencia de un posible incremento en la tasa de leucemia entre los sobrevivientes de las bombas atómicas que fueron irradiados en útero (en un estudio de cohorte con dosis promedio más altas que las debidas a estudios obstétricos con rayos X), si bien no se encontró una tendencia incrementada en la tasa de leucemia con la dosis y además, los casos de leucemia no ocurrieron durante la infancia.

(37) El riesgo puede ser expresado de diferentes maneras, incluyendo las de riesgo relativo y riesgo absoluto. El riesgo relativo indica el riesgo como una función del riesgo de cáncer "natural". Un riesgo relativo de 1,0 indica que la irradiación no produjo ningún efecto, mientras que un riesgo relativo de 1,5, para una dosis dada, indica que la irradiación está asociada a un 50% del incremento de la tasa de cáncer sobre las tasas naturales. Las estimaciones de riesgo absoluto indican, simplemente, el exceso en el número de casos de cáncer que se espera ocurran en una población debido a una cierta dosis de radiación.

(38) Un análisis reciente de muchos de los estudios epidemiológicos realizados sobre exposiciones prenatales a los rayos X y cáncer infantil es consistente con un riesgo relativo de 1,4 (es decir, un incremento del 40% sobre el riesgo natural) para una dosis fetal de alrededor de 10 mGy. Sin embargo, los mejores estudios metodológicos sugieren que el riesgo probablemente sea menor. Aún si el riesgo relativo fuera tan alto como 1,4; la probabilidad individual de cáncer infantil debida a una irradiación en útero sería muy baja (alrededor del 0,3-0,4%) ya que la incidencia natural de cáncer infantil es de ese mismo orden (alrededor de 0,2-0,3%).

(39) Estimaciones recientes de riesgo absoluto de cáncer, en edades comprendidas entre 0 y 15 años, debido a la irradiación en útero parecen estar en el rango de 600 por cada 10.000 personas expuestas a 1.000 mGy (o sea 0,06% para 10 mGy). Este valor es esencialmente equivalente al riesgo de una muerte por cáncer por cada 1.700 niños expuestos en útero a 10 mGy.

(40) El exceso de cánceres como resultado de una exposición en útero no ha sido claramente demostrado en los estudios de los sobrevivientes japoneses de las bombas atómicas, pese a que la población ha sido estudiada por alrededor de 50 años, pero el número de personas expuestas en esas condiciones no fue grande.

### 3.4. Irradiación previa a la concepción

**(41) La irradiación, previa a la concepción, de las gónadas de cualquiera de los padres no ha mostrado originar un incremento de cáncer o de malformaciones en los hijos.**

(42) Como resultado de las investigaciones iniciales sobre insectos y otros animales, históricamente se supuso que los efectos hereditarios eran la mayor fuente de daño potencial de las radiaciones. Sin embargo, en las últimas tres décadas no se han identificado riesgos de transmisión a los descendientes de anomalías debidas a la irradiación de las gónadas de sus padres antes de la concepción. Los estudios llevados a cabo con los hijos y nietos de los sobrevivientes de las bombas atómicas no han identificado ningún efecto hereditario que pudiera estar ligado a la exposición a las radiaciones de sus padres o abuelos. Nuevos estudios realizados con sobrevivientes de cáncer infantil tratados con radioterapia tampoco han mostrado la existencia de efectos genéticos en su descendencia.

(43) Sin embargo, se han hecho recomendaciones a mujeres tratadas con radioterapia de evitar un embarazo durante varios meses después del tratamiento. Esas recomendaciones se basaron en experimentos realizados con ratones que demostraron que los ovocitos maduros eran más radiosensibles que los inmaduros. La recomendación de un número particular de meses para que las mujeres eviten quedar embarazadas, es arbitraria. Desde un punto de vista conservador y en ausencia de un volumen significativo de datos sobre seres humanos que hayan recibido dosis de más de 500 mGy, algunos autores todavía recomiendan que si la mujer recibe en ovarios una dosis superior a 500 mGy, el embarazo subsiguiente debería demorarse por lo menos en 2 meses.

(44) La mayor parte del contenido de la presente discusión es de tipo teórico y de escasa importancia en términos prácticos. La mayoría de las pacientes que reciben dosis tan altas tienen usualmente, ya sea una disfunción endocrina significativa o un cáncer, por lo que se les recomienda demorar un posible embarazo por razones no relacionadas con las radiaciones (particularmente, para ver si se produce una recurrencia de la enfermedad). Este tema se discute adicionalmente en una sección posterior sobre radioterapia.

#### 4. CONSENTIMIENTO INFORMADO Y COMPRENSIÓN

**(45) La paciente o trabajadora embarazada tiene el derecho de conocer la magnitud y el tipo de los efectos potenciales de la radiación, que puedan resultar de una exposición en útero.**

(46) Existen formas estándar tanto para evaluar como justificar, desde un punto de vista ético, la imposición de un riesgo. Tres factores son importantes: el consentimiento, la responsabilidad relacionada con el papel desempeñado y el remedio o compensación. Los dos primeros son los más importantes para su consideración en relación con la exposición a las radiaciones y la mujer embarazada.

(47) Puede estar éticamente justificado someter a un riesgo a individuos que consientan tal imposición. En el campo médico, la doctrina del consentimiento informado requiere, básicamente, que las personas acepten por adelantado ser sometidas a procedimientos médicos, que no sean debidos a motivos de emergencia, después de recibir una información completa de los riesgos que tales procedimientos puedan tener sobre su salud o forma de vida.

(48) El nivel de riesgo que requiere un consentimiento informado, y la forma en que tal consentimiento debe obtenerse en la práctica, están especificados de manera diferente por los sistemas legales de cada país. Normalmente, existen cinco elementos básicos para comprobar la existencia de un consentimiento informado, y que son: verificar si la persona tiene capacidad para actuar, si recibe una información completa de los riesgos a asumir, si comprende esa información, si actúa voluntariamente y si consiente la intervención. La necesidad y el grado de esa información se miden, usualmente, en términos de lo que una persona razonable considera esencial que una madre conozca para tomar la decisión de aceptar ser expuesta a las radiaciones.

(49) En los casos en los que se sabe o sospecha que una paciente o trabajadora está embarazada, la situación incluye no sólo el riesgo de la madre sino también el del feto. En estas situaciones, la madre tiene una responsabilidad que está relacionada tanto con el papel que ha de desempeñar en el cuidado de su hijo aún no nacido, así como respecto de las decisiones a tomar sobre ella misma.

(50) El nivel y grado de la información deberían estar relacionados con el nivel del riesgo. Para procedimientos que involucran dosis bajas, tales como radiografías de tórax, la única información necesaria sería dar verbalmente la seguridad de que se juzga que el riesgo es extremadamente bajo. Cuando las dosis fetales son del orden de 1 mGy o superiores, normalmente se da una información más detallada.

(51) La información no debería incluir sólo los riesgos potenciales de las radiaciones, sino también los procedimientos alternativos potenciales, así como el riesgo de daño si no se efectuase el procedimiento médico propuesto. El grado de documentación de tales explicaciones y consentimiento es variable, pero muchos médicos incluyen una nota sobre tal asesoramiento y el consentimiento en el respectivo registro de la paciente o trabajadora.

## 5. RADIODIAGNÓSTICO

**(52) Casi siempre, si un examen radiológico de diagnóstico está indicado por el desde el punto de vista médico, el riesgo para la madre, si no se realiza dicho procedimiento, es mayor que el riesgo de daño potencial para el feto. Las dosis de radiación resultantes de la mayoría de los procedimientos diagnósticos no presentan ningún riesgo sustancial de causar muerte fetal, malformación o deterioro del desarrollo mental. Si el feto se encuentra en el haz directo de radiación, el procedimiento a menudo puede, y debería, ser modificado para reducir la dosis fetal.**

### 5.1. Antes de la irradiación

**(53) Antes de realizar un estudio radiológico, debería determinarse si la paciente está o puede estar embarazada y, si el feto está bajo el haz directo y si el procedimiento origina una dosis alta.**

(54) Es prudente considerar como embarazada a cualquier mujer en edad de procrear que se presente a un examen de rayos X con la posibilidad de tener su período menstrual ausente o retrasado, excepto que se tenga información que excluya el embarazo (por ejemplo, que se le haya sometido a histerectomía o ligadura de trompas). Además, debería siempre preguntarse a cualquier mujer en edad de procrear si está o podría estar embarazada.

(55) Para minimizar la frecuencia de exposiciones involuntarias a la radiación del embrión o del feto, deberían colocarse avisos en diversos lugares de los departamentos de radiología (particularmente en las áreas de recepción) y en otros lugares en los que se utilicen equipos de rayos X (excluyendo los dentales) con un texto similar al siguiente:

SI ES POSIBLE QUE USTED ESTÉ EMBARAZADA, DÍGALELO AL MÉDICO O AL TÉCNICO RADIÓLOGO, ANTES DE QUE SE LE REALICE EL ESTUDIO CON RAYOS X.

(56) Dado que las dosis fetales en radiología diagnóstica son habitualmente inferiores a 50 mGy, las pruebas de embarazo no se requieren normalmente. En los casos que se contemple un procedimiento fluoroscópico de abdomen o pelvis, que origine dosis altas (por ejemplo, embolización) y dependiendo de la fiabilidad e historia de la paciente, el médico puede considerar conveniente ordenar una prueba de embarazo.

(57) Cuando se determina que una paciente está embarazada (o es posible que lo esté), habitualmente se dan varios pasos antes de llevar a cabo el procedimiento. El técnico o el operador que haya obtenido la información debe ponerla en conocimiento del radiólogo. El radiólogo comenzará normalmente por determinar si el embrión o el feto se encontrarían bajo el haz primario de rayos X. Si no fuese así, el riesgo para el feto será extremadamente bajo y el factor más importante será la ejecución de una buena práctica radiológica, es decir, mantener al mínimo el número y tipo de exposiciones, siempre que se asegure la obtención de un diagnóstico correcto.

(58) Si el feto se encontrase en el haz directo, es necesario saber si el procedimiento causará una dosis relativamente baja (como una única radiografía simple de abdomen) o una dosis alta (como en estudios con fluoroscopia). Si el procedimiento es de dosis alta, a menudo resulta útil determinar si es posible la utilización de otro tipo de examen que no haga uso de radiaciones ionizantes (como la ecografía) que suministre la misma información diagnóstica. Si no fuera posible, debería realizarse un análisis de la etapa del embarazo, la dosis fetal estimada, la indicación médica del procedimiento y el riesgo de demorar el examen. Los últimos factores dependen de la etapa del embarazo. A menudo, resulta útil discutir estos temas con el médico de referencia.

(59) Dos exámenes radiológicos específicos requieren una discusión adicional: la radiografía rutinaria de tórax y la radiopelvimetría obstétrica. La Organización Mundial de la Salud, OMS (1992) concluyó que la radiografía rutinaria de tórax de las madres durante el embarazo no está indicada, salvo que hubiera una alta incidencia local de enfermedades pulmonares sin signos clínicos.

(60) Históricamente, en muchos países la radiopelvimetría obstétrica representó la fuente más importante de radiaciones ionizantes para el feto. Si bien esta prueba es a veces valiosa, sólo tendría que ser llevada a cabo en ese caso y no debería ser realizada sobre bases rutinarias (OMS, 1999). La radiopelvimetría obstétrica suministra escasa información adicional a los obstetras. Los análisis estadísticos han indicado una baja correlación entre las dificultades encontradas en el transcurso del parto y las dimensiones de la pelvis. En las escasas situaciones en las que el médico piense que la radiopelvimetría obstétrica pueda contribuir a tomar la decisión sobre un tratamiento médico, debería definir claramente sus razones.

(61) Ha habido tentativas recientes para reducir la dosis fetal de la radiopelvimetría obstétrica mediante el uso de técnicas computarizadas (radiografía digital), pero los equipos habitualmente no se encuentran disponibles, ni son usados para ese propósito. Las ecografías suministran la mayor parte de la información requerida por los obstetras y no hacen uso de radiaciones ionizantes.

## 5.2. Durante el examen

**(62) Cuando se haya indicado un examen en el que el haz de rayos X irradie directamente al feto y no pueda retrasarse hasta el final del embarazo, deberá ponerse especial cuidado en la minimización de la dosis a recibir por el feto.**

(63) Las radiografías o fluoroscopias indicadas por el médico en áreas alejadas del feto, tales como las de tórax, cráneo y extremidades (exceptuando las de cadera) pueden ser efectuadas con seguridad en cualquier momento del embarazo, si el equipo está adecuadamente blindado y si se usa colimación del haz de rayos X. Normalmente, no es necesaria la adecuación de los procedimientos.

(64) Cuando una mujer embarazada requiere exámenes radiológicos abdominales o pelvianos, en los que el haz de rayos X irradia directamente al feto, deberá ponerse especial cuidado en asegurarse de que los exámenes están realmente indicados en ese momento y que no pueden ser postergados hasta el final del embarazo. Comúnmente, el riesgo de las radiaciones para el feto es mucho menor que el de no hacer un diagnóstico necesario. En esos casos, deberá ponerse especial cuidado en minimizar la dosis absorbida por el feto. Sin embargo, las modificaciones de la técnica a aplicar no deberían reducir en forma indebida el valor diagnóstico del examen con rayos X.

(65) Quizás las formas más comunes de adecuar los exámenes para reducir la exposición fetal sean la colimación del haz para irradiar sólo un área muy específica de interés, el incremento de la tensión (kVp), la no-utilización de la parrilla (grilla) antidifusora o la reducción del número de radiografías a realizar.

(66) Un ejemplo típico es una mujer embarazada en la que se sospecha la existencia de una litiasis que produce una obstrucción ureteral distal. Una ecografía puede mostrar la dilatación del sistema colector renal, pero es improbable que muestre el nivel de la obstrucción o las dimensiones de la litiasis. En lugar de llevar a cabo una urografía intravenosa rutinaria (con una radiografía preliminar y luego unas siete radiografías secuenciales posteriores a la inyección endovenosa de un líquido de contraste), a menudo, el diagnóstico puede obtenerse con una radiografía preliminar y luego una única radiografía adicional, tomada 10 minutos después de la administración del medio de contraste.

(67) Para exámenes de TC con el útero en el campo de visión, las dosis absorbidas por el feto son normalmente de 10 a 40 mGy. Afortunadamente, el haz primario de radiación de los equipos de TC está muy colimado y puede ser controlado con precisión en relación con la localización mediante el uso del topograma (scout view). Como en el caso de otros exámenes, es posible limitar el barrido al área anatómica de interés (por ejemplo, los riñones), en lugar de barrer enteramente el abdomen y la pelvis.

(68) También, se producen dosis fetales altas en radiodiagnóstico cuando se efectúan exámenes con fluoroscopia de abdomen o pelvis. La dosis de radiación en el feto se controla mejor procurando minimizar el tiempo de exposición. Con una buena selección de factores técnicos, la dosis fetal durante un enema de bario está en el rango de 3 a 7 mGy. Debido a los tiempos mayores de fluoroscopia, la dosis originada por los enemas de bario de doble contraste es a menudo el doble de

la debida al estudio de un solo contraste. Si el embarazo no ha sido reconocido, podría no prestarse una atención cuidadosa a la limitación del tiempo de fluoroscopia. La dosis fetal puede entonces aproximarse o sobrepasar los 50 mGy, especialmente cuando los tiempos de fluoroscopia exceden los 7 minutos.

(69) Cuando se lleva a cabo un procedimiento que produce dosis altas de radiación y se sabe que el feto se encuentra en el haz primario de rayos X, deben registrarse los factores técnicos para permitir una posterior evaluación de la dosis fetal. Estos factores son: la utilización o no de parrilla (grilla) antidifusora, la tensión (kVp), la tasa de dosis, el tiempo de fluoroscopia, el producto dosis-área, la descripción geométrica y las proyecciones realizadas.

### 5.3. Después de la irradiación

**(70) En el caso del radiodiagnóstico, la estimación de la dosis fetal no es necesaria, salvo cuando el feto se encuentra en el haz directo de radiación. La evaluación de las dosis fetales producidas por exámenes con fluoroscopia en la pelvis está sujeta a una mayor incertidumbre que la originada por la radiografía simple o la TC.**

(71) La irradiación diagnóstica de la paciente embarazada puede inquietar por los posibles efectos sobre el feto. A pesar de que la dosis absorbida por el embrión / feto es generalmente pequeña en la mayoría de los estudios radiológicos de diagnóstico, esa preocupación puede dar origen a sugerencias inapropiadas como la de demorar o negar la realización de estudios adicionales o, incluso, recomendar la interrupción del embarazo. Debido a que la dosis fetal producida por esos procedimientos es casi siempre menor que 100 mGy (siendo éste el mínimo nivel umbral en el que pueden ocurrir malformaciones radioinducidas y en el que la probabilidad individual de ocurrencia de cáncer radiogénico es muy baja), la irradiación fetal producida por los exámenes de diagnóstico casi nunca justifica la interrupción del embarazo.

(72) Después de la realización de exámenes que producen una dosis baja (tales como las radiografías del tórax materno) en las que el feto / embrión no está expuesto directamente en el haz de rayos X, no hay una necesidad real de estimar la dosis fetal individualmente. Sin embargo, después de realizar una TC o utilizar fluoroscopia (que producen dosis altas) en la zona abdominal o pelviana, un experto calificado debería efectuar una estimación de la dosis absorbida por el feto y del riesgo asociado a ella. En tal caso, y después de escuchar el asesoramiento del experto expresado cuidadosamente, la paciente y su marido u otras personas involucradas estarían entonces en condiciones de obtener sus propias conclusiones. Este tema se discute adicionalmente en la sección 10. El riesgo de la exposición a las radiaciones dependerá, fundamentalmente, de la dosis fetal y de la edad fetal.

(73) Es difícil determinar la dosis fetal absorbida por el embrión o el feto en exámenes abdominales o pelvianos por radiografías simples, pero normalmente la dosis puede ser estimada con un error inferior al 50%. Para exámenes de radiodiagnóstico, y si se conocen los factores técnicos relativos a la energía del haz de radiación, puede utilizarse la exposición promedio en piel originada por cada placa (para un tipo de examen dado) y a partir de ella estimar la dosis absorbida a una cierta profundidad. Si los factores técnicos no se conocen bien, la dosis promedio en ovarios es, a menudo, una buena aproximación de la dosis fetal.

(74) La Tabla 1 presenta las dosis en útero o fetales típicas para algunos de los exámenes rutinarios comunes en el Reino Unido. Si el embarazo es reconocido antes de la exposición, la adecuación de los exámenes puede reducir los valores de dosis presentados.

(75) Debería tenerse en cuenta que, cuando se han realizado comparaciones dosimétricas para distintos exámenes radiodiagnósticos, aún dentro de un determinado país se ha encontrado que las dosis producidas por un mismo examen varían en un factor 30, o mayor. Esto es función de la variación de la tensión (kVp), la forma de la onda, la filtración, la utilización de parrilla (grilla) antidifusora, la combinación película-pantalla reforzadora, el procesado de las películas, y varios factores adicionales. Existe una tendencia general a esperar que las dosis producidas por los equipos de fluoroscopia digital puedan ser menores que las de los equipos convencionales, pero a menudo no es así. Como resultado, puede ser necesario realizar mediciones y cálculos de la dosis fetal específica para cada instalación cuando se sospecha que excede de 10 mGy.

Tabla 1. Dosis fetales aproximadas producidas por procedimientos diagnósticos comunes en el Reino Unido (Adaptada de Sharp, Shrimpton, and Bury, 1998)

Examen	Dosis promedio(mGy)	Dosis máxima (mGy)
Exámenes convencionales con rayos X		
Abdomen	1,4	4,2
Torax	<0,01	<0,01
Urografía	1,7	10
Columna lumbar	1,7	10
Pelvis	1,1	4
Craneo	<0,01	<0,01
Columna dorsal	<0,01	<0,01
Exámenes fluoroscópicos		
Papilla baritada (tracto digestivo superior)	1,1	5,8
Enema de bario	6,8	24
Tomografías computarizadas		
Abdomen	8,0	49
Torax	0,06	0,96
Cabeza	<0,005	<0,005
Columna lumbar	2,4	8,6
Pelvis	25	79

(76) En radiodiagnóstico, la dosis fetal está también muy condicionada por la anatomía de la paciente, como su espesor, la anteroversión o retroversión uterina e incluso la distensión de la vejiga. Si bien se habla de "dosis fetal" asumiendo que es uniforme, ello es cierto solamente en la etapa temprana del embarazo. A medida que el feto va creciendo, la dosis absorbida se va haciendo menos uniforme. Por último, es raro que una paciente esté sometida a un único examen, por lo que resulta útil verificar si ya se le realizaron otros durante la gestación.

(77) La estimación de la dosis fetal debida a la fluoroscopia es más difícil y el grado de incertidumbre es mayor que el originado por los exámenes radiográficos simples. Es extremadamente difícil estimar con exactitud la dosis sin conocer el tiempo de fluoroscopia y la localización del haz. Lamentablemente, esos parámetros a menudo no son registrados. Aún en el caso de que esos parámetros fuesen conocidos, no se puede estar seguro del tiempo durante el cual el embrión / feto estuvo bajo el haz primario, ya que el radiólogo normalmente va cambiando la posición del haz fluoroscópico durante el examen.

(78) Otros factores que afectan las dosis fluoroscópicas son la utilización de fluoroscopia convencional o pulsada, el modo de amplificación, y el uso o no de parrilla (grilla) antidifusora. Normalmente, esos factores no son registrados y sólo pueden ser estimados basándose en la práctica habitual de la instalación médica en cuestión. En la mayoría de los casos de fluoroscopia, se obtiene la estimación de la dosis fetal "más acertada" y, a veces se estima la dosis fetal considerando "la situación más desfavorable". Habitualmente, se comunican a la paciente y al médico de referencia la mejor estimación y una evaluación del nivel de incertidumbre.

## 6. MEDICINA NUCLEAR

**(79) En los países desarrollados, la mayoría de los procedimientos diagnósticos de medicina nuclear son realizados con radionucleidos de corto período de semidesintegración (como el tecnecio-99<sup>m</sup>) que no causan dosis fetales elevadas. En el caso de los radionucleidos que no atraviesan la placenta, la dosis fetal se debe a la irradiación del feto originada por la radiactividad presente en los tejidos maternos. Sin embargo, existen algunos radionucleidos (como los isótopos del yodo) que sí cruzan la placenta y se concentran en órganos o tejidos específicos del feto y que por tanto, presentan riesgos fetales significativos.**

### 6.1. Antes de la irradiación

**(80) Cuando se propone la realización de un examen de medicina nuclear a una mujer embarazada, debe prestarse especial atención para asegurarse que está realmente indicado para una situación médica que exige una terapia inmediata. Para estos exámenes de diagnóstico, el riesgo para la madre en el caso de no ser realizado es mayor que el riesgo de irradiación para el feto. Debería ser considerada la posibilidad de reducir la actividad a administrarse.**

(81) En mujeres en edad de procrear, deberían ser tenidas en cuenta la posibilidad de embarazo y la justificación del examen. Las precauciones recomendadas para prevenir o minimizar la irradiación del feto incluyen lo siguiente:

(82) La paciente debe ser interrogada cuidadosamente, para evaluar la posibilidad de embarazo. Se requiere una discreción particular para determinar la posibilidad de embarazo de una adolescente. Para minimizar la frecuencia de exposiciones involuntarias a la radiación del embrión o feto, deberían colocarse avisos en diversos lugares de los departamentos de medicina nuclear, particularmente en las áreas de recepción, que dijeran por ejemplo:

SI ES POSIBLE QUE USTED ESTÉ EMBARAZADA, DÍGALELO AL MÉDICO O AL TÉCNICO ,ANTES DE QUE SE LE ADMINISTRE MATERIAL RADIATIVO

(83) Muchas pacientes suponen incorrectamente que la irradiación debida a un examen de medicina nuclear se inicia cuando la cámara gamma comienza a adquirir imágenes, y puede que no mencionen un posible embarazo hasta después de que el radiofármaco les haya sido administrado. Por lo tanto, antes de la administración del radiofármaco, es necesario considerar como embarazada a cualquier mujer en edad de procrear que se presente para la realización de un examen de medicina nuclear teniendo su período menstrual retrasado o en falta, excepto que se tenga información que excluya el embarazo (por ejemplo, que se le haya sometido a histerectomía o ligadura de trompas). Si el ciclo menstrual es irregular, debería ser requerida la prueba de embarazo antes de administrar un radiofármaco con fines diagnósticos (que no sea tecnecio) o terapéuticos.

(84) Muchos laboratorios también preguntan a todas las mujeres si están amamantando, ya que varios radiofármacos pueden ser transferidos a los bebés a través de la leche materna. Para la mayoría de los estudios de medicina nuclear se recomienda, al menos por un período, el cese del amamantamiento. Habitualmente, se interrumpe el amamantamiento por tres semanas después de la administración de cualquier radiofármaco con <sup>131</sup>I y <sup>125</sup>I exceptuando el hipurato marcado, o después de la administración de <sup>22</sup>Na, <sup>67</sup>Ga y <sup>201</sup>Tl. La interrupción es de 12 horas, en el caso de hipuratos marcados con yodo y de todos los compuestos de <sup>99m</sup>Tc exceptuando los eritrocitos, fosfonatos y DTPA marcados, y de por lo menos 4 horas, en el caso de los últimos tres compuestos citados.

(85) Ocasionalmente, surgen preguntas acerca de la conveniencia de quedar embarazada después de un examen o tratamiento de medicina nuclear. La Comisión ha recomendado que una mujer no quede embarazada hasta que la dosis fetal potencial, que originen los radionucleidos que permanezcan en su organismo, sea menor que 1 mGy. Habitualmente, ésta no es una consideración relevante, salvo en casos de terapias con radioyodo o de exámenes con radiofármacos marcados con <sup>59</sup>Fe (para estudios metabólicos) o <sup>75</sup>Se (para imágenes de las glándulas suprarrenales). Como

resultado de los largos períodos de semidesintegración física de estos dos radionucleidos y de su prolongado tiempo de residencia en el organismo, se recomienda evitar el embarazo por 6 y 12 meses, respectivamente. Las condiciones especiales relacionadas con la terapia con radioyodo, se discuten más adelante.

## 6.2. Durante el examen diagnóstico

**(86) Los radionucleidos presentes en los tejidos maternos contribuyen a la dosis fetal. Por lo tanto, ésta puede ser reducida mediante la hidratación materna y la micción frecuente después de la administración de radiofármacos.**

(87) La irradiación del feto resulta de la transferencia placentaria y distribución de los radiofármacos en los tejidos fetales, así como de la irradiación externa debida a la radiactividad presente en los órganos y tejidos de la madre. Las propiedades físicas, químicas y biológicas de los radiofármacos son los factores críticos para la posible transferencia placentaria.

(88) Algunos radiofármacos atraviesan la placenta libremente, por ejemplo, los radioyodos, y se fijan en determinados tejidos fetales, irradiando al conjunto del feto. Algunos análogos de los metabolitos naturales (por ejemplo, el radioestroncio en el caso del calcio y el radiocesio en el del potasio) se transfieren menos fácilmente. Los radiofármacos que son retenidos por la madre y no atraviesan la placenta (por ejemplo, los radiocoloides), sólo actúan como fuentes de irradiación externa sobre el feto.

(89) La administración de actividades menores y la utilización de tiempos mayores de adquisición de imágenes puede reducir la dosis absorbida por el feto. Esto es factible si la paciente no está muy enferma y se puede mantener inmóvil. Ocasionalmente, es posible ajustar la secuencia de exámenes para reducir las dosis de radiación. Un ejemplo típico es el examen de ventilación-perfusión pulmonar, indicado a una paciente embarazada para excluir la existencia de una embolia pulmonar. En una práctica rutinaria, muchos laboratorios realizarán un primer examen de ventilación y luego otro de perfusión. En algunas situaciones esto presenta ventajas. En el caso específico de sospecha de una embolia pulmonar, el examen de perfusión puede hacerse en primer lugar y, en caso de ser normal, el de ventilación es completamente innecesario.

(90) La dosis fetal también puede modificarse mediante la elección del radiofármaco para la fase de ventilación del examen pulmonar. Si se realiza con gas  $^{133}\text{Xe}$ , la dosis fetal será muy baja; en cambio, si se lo hace utilizando DTPA en aerosol marcado con  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , éste será absorbido y excretado a través de los riñones y, mientras se encuentre en la vejiga materna, contribuirá a la dosis fetal.

(91) En el caso de los radiofármacos que son eliminados rápidamente por los riñones maternos, la vejiga urinaria es una fuente importante de irradiación fetal pues actúa como reservorio. Por lo tanto, después de la administración de tales radiofármacos, deberían estimularse la hidratación materna y la micción frecuente. Sin embargo, para aquellos radiofármacos que tienen excreción gastrointestinal, la administración de laxantes es muy poco útil para reducir la dosis fetal.

(92) Algunos pacientes de medicina nuclear pueden tener en su casa familiares embarazadas y preguntar acerca de la dosis de radiación que ellos mismos podrían ocasionar a dichas personas. Habitualmente, se calcula la dosis total hasta el decaimiento completo del radionucleido en el paciente, a una distancia de 0,5 ó 1,0 metros. Para la mayoría de los procedimientos de diagnóstico de medicina nuclear, el valor de dicha dosis total a 0,5 m del paciente está en el rango de 0,02<sup>(\*)</sup>-0,25 mGy y a 1 metro del paciente varía entre 0,05 y 0,10 mGy. Estas dosis no representan ningún riesgo significativo para las familiares embarazadas.

## 6.3. Terapia de medicina nuclear para hipertiroidismo y carcinoma tiroideo

**(93) El radioyodo atraviesa fácilmente la placenta, por lo que la administración de dosis terapéuticas puede causar problemas significativos para el feto, especialmente un hipotiroidismo permanente.**

(94) Debido a que ciertos radiofármacos, incluyendo el  $^{131}\text{I}$  como yoduro y el  $^{32}\text{P}$  como fosfato, pueden cruzar rápidamente la placenta, la posibilidad de embarazo debe ser considerada muy cuidadosamente antes de administrar dichos radiofármacos para terapia o para obtener un examen de cuerpo entero con  $^{131}\text{I}$  en caso de carcinoma tiroideo. Como norma, una embarazada no debería ser tratada con una sustancia radiactiva, salvo que se requiera la terapia con radionucleidos para salvar su vida. En el caso excepcional de que se lleve a cabo el tratamiento, debería estimarse la dosis potencial absorbida por el feto y el riesgo resultante, y sus valores deberían ser puestos en conocimiento de la paciente y su médico de referencia. Las consideraciones pueden incluir la interrupción del embarazo.

(95) El carcinoma tiroideo en mujeres comprende más del 80% de los cánceres de cabeza y cuello diagnosticados en edades comprendidas entre los 15 y los 45 años. Los cánceres de tiroides son relativamente poco agresivos comparados con la mayoría de los otros cánceres. Por esa razón, tanto la solución quirúrgica como el tratamiento con radioyodo, a menudo se postergan hasta la finalización del embarazo. En general, si se debe llevar a cabo algún tipo de terapia durante el embarazo, deberá elegirse la cirugía en el segundo o tercer trimestre de embarazo.

(96) El radioyodo atraviesa fácilmente la placenta y la glándula tiroidea del feto comienza a acumular el yodo alrededor de la 10ª semana de edad gestacional. La terapia con radioyodo está esencialmente contraindicada en aquellas pacientes que se sepa que están embarazadas. La terapia con radioyodo para un carcinoma tiroideo debería retrasarse hasta después del parto. Si esto se cumple, el médico debe saber que el radioyodo se excreta en la leche materna y por lo tanto, la lactancia debe interrumpirse completamente después de la administración de la dosis terapéutica. Si esto no se hiciera, el niño puede quedar permanentemente hipotiroideo o tener como consecuencia, un riesgo elevado de cáncer tiroideo.

(97) Un problema importante se presenta cuando una mujer que no pensó que estuviese embarazada, es tratada por un carcinoma tiroideo, y se descubre su embarazo después de la administración del radioyodo (ver párrafos 107 y 108). La historia menstrual a menudo no es adecuada para asegurar que la paciente no está embarazada. En la mayoría de los países desarrollados, es una práctica común la realización de una prueba de embarazo antes de administrar una dosis elevada de  $^{131}\text{I}$  para hacer una gammagrafía (centellografía) o un tratamiento a mujeres en edad de procrear, salvo que exista un antecedente cierto de ligamiento de trompas o histerectomía que les imposibilite el embarazo. A pesar de lo antedicho, todavía resulta posible que una mujer embarazada reciba ese tratamiento, ya sea debido a antecedentes erróneos o a que el embarazo se encuentra en una etapa tan precoz que la prueba de embarazo aún no dé resultado positivo.

(98) Lo más común es que el embarazo sea muy precoz, y en tal caso el problema mayor es la dosis recibida por todo el feto debida a las emisiones de rayos gamma del radioyodo mientras está retenido en la vejiga materna. Durante el embarazo, la dosis al feto está en el rango de 50-100 m Gy/MBq de actividad administrada. Esta dosis puede ser reducida por hidratación de la paciente y estimulación de micciones frecuentes.

(99) Si el feto tiene una edad gestacional mayor que 8 semanas (y la glándula tiroidea fetal puede acumular yodo) y el embarazo se diagnostica dentro de las 12 horas de la administración del yodo a la madre, 60 a 130 miligramos de yoduro de potasio estable (KI) bloquearán parcialmente la tiroides fetal y reducirán la dosis que reciba. Después de las 12 horas de la administración del radioyodo, esa intervención no es muy efectiva.

(100) El hipertiroidismo materno puede ocurrir durante el embarazo. El diagnóstico puede realizarse mediante determinaciones de hormonas séricas, en lugar de efectuar estudios de captación de radioyodo o de centellografía tiroidea. El tratamiento con radioyodo puede, a menudo, retrasarse hasta finalizar el embarazo y la paciente puede ser medicada en ese período. Una vez más, el mayor problema es descubrir que la paciente está embarazada después de haber recibido la dosis terapéutica de radioyodo. En tal caso, deben aplicarse los mismos principios discutidos anteriormente.

(101) A la mayoría de las pacientes se les recomienda no quedar embarazadas por lo menos hasta 6 meses después de la radioterapia con radio yodo. Esta recomendación no se basa en hipotéticos

efectos hereditarios de la radiación sino en la necesidad de estar seguros de que: (1) el hipertiroidismo o el cáncer estén controlados, y (2) no va a ser necesario otro tratamiento con radioyodo mientras la paciente esté embarazada. También, se fundamenta en que la Comisión recomienda que se haya eliminado suficiente radioyodo, para asegurar que el niño aún no nacido no reciba una dosis mayor que 1 mGy, salvo que ello sea médicamente necesario para la salud de la madre.

(102) Existen circunstancias ocasionales en las que se usan para terapia  $^{32}\text{P}$ ,  $^{89}\text{Sr}$  o metayodobencilguanidina marcada con  $^{131}\text{I}$ . Para poder mantener la dosis fetal por debajo de 1 mGy, el embarazo debería ser evitado durante 3, 24 y 3 meses, respectivamente.

(103) Los pacientes tratados con radioyodo pueden ser una fuente importante de radiación para las familiares embarazadas con las que convivan. La dosis que recibirá una persona que permanezca a una distancia de 0,5 metros del paciente hasta que la radiactividad decaiga totalmente (alrededor de 10 semanas) es aproximadamente de 1,3 mGy para un paciente hipertiroides, y de 6,8 mGy para un paciente con cáncer tiroideo. Quizás, lo más importante es que estos pacientes tengan especial cuidado en no transferir contaminación de radioyodo a los miembros de la familia por contacto directo o a través de medios indirectos.

#### 6.4. Después de la irradiación

**(104) Habitualmente, no es necesaria una estimación exacta de la dosis fetal después de estudios diagnósticos de medicina nuclear que involucren el uso de radiofármacos de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Si inadvertidamente se produce la administración de otros radiofármacos (como el radioyodo o el galio), entonces se debe prestar más atención al cálculo de la dosis fetal y a la explicación de los riesgos potenciales.**

(105) Al igual que en el caso de los procedimientos radiodiagnósticos, la paciente embarazada puede estar preocupada después de la realización del estudio. En el caso de la medicina nuclear, la paciente puede estarlo aún más al ser consciente de haber incorporado material radiactivo a su organismo que permanecerá en él durante cierto tiempo y que potencialmente puede atravesar la placenta y pasar al feto. Como resultado de ello, puede ser necesario dar una explicación más cuidadosa a la paciente, su esposo u otras personas involucradas, para poner en perspectiva los riesgos potenciales de las radiaciones.

(106) En contraste con los exámenes radiológicos diagnósticos, las dosis fetales en medicina nuclear dependen predominantemente de la actividad administrada y son independientes de los equipos que producen las imágenes. En la Tabla 2, se presentan las dosis en útero y fetales típicas para los radiofármacos más comunes. La actividad de la mayoría de los radiofármacos utilizados se mide inmediatamente antes de su administración y se registra su valor. Si bien pueden existir algunas diferencias individuales en el metabolismo y localización de los radiofármacos en pacientes muy enfermos, en la mayoría de los casos las embarazadas tienen esencialmente una distribución normal de los radiofármacos, por lo que las dosis fetales estimadas serán razonablemente exactas.

Tabla 2. Dosis fetales totales debidas a exámenes comunes de medicina nuclear en las etapas tempranas del embarazo y a término. (Las dosis incluyen la contribución materna y las producidas en el propio feto. Adaptada de Russell, Stabin, Sparks et al., 1997; ICRP, 1988 e ICRP, 1998)

Radiofármaco	Procedimiento	Actividad Administr (MBq)	Dosis (mGy)	
			Temprana	A 9 meses
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ Gammagrafía ósea (fosfato)		750	4,6-4,7	1,8
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ Perfusión pulmonar (MAA)		200	0,4-0,6	0,8
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ Ventilación pulmonar (aerosol)		40	0,1-0,3	0,1
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ Gammagrafía tiroidea (pertenetato)		400	3,2-4,4	3,7
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ Eritrocitos		930	3,6-6,0	2,5

<sup>99m</sup> Tc Coloide hepático	300	0,5-0,6	1,1
<sup>99m</sup> Tc DTPA renal	750	5,9-9,0	3,5
<sup>67</sup> Ga Absceso / tumor	190	14-18	25
<sup>123</sup> I Captación tiroidea <sup>1)</sup>	30	0,4-0,6	0,3
<sup>131</sup> I Captación tiroidea <sup>1)</sup>	0,55	0,03-0,04	0,15
<sup>131</sup> I Imagen de metástasis <sup>1)</sup>	40	2,0-2,9	11,0

<sup>1)</sup> Las dosis fetales tiroideas son mucho mayores que las dosis fetales totales, por ejemplo de 5-15 mGy/MBq para el <sup>123</sup>I y de 0,5-1,1 Gy/MBq para el <sup>131</sup>I.

(107) Si se descubre que una paciente está embarazada poco tiempo después de la administración terapéutica de radioyodo, deben estimularse la hidratación y las micciones frecuentes, para facilitar la eliminación de la radiactividad materna y reducir el tiempo de residencia del radioyodo en la vejiga.

(108) Si el embarazo se descubre algunas horas después de la administración de radioyodo y el feto está suficientemente desarrollado como para tener una tiroides funcional, debería considerarse suministrar a la paciente un agente bloqueador de la tiroides (yoduro de potasio). Si el embarazo se descubre más tarde, la transferencia placentaria del radioyodo puede ocasionar una dosis absorbida tan elevada en la tiroides del feto que cause un daño significativo en dicha glándula. Puesto que la dosis fetal total habitualmente es menor que 100 mGy, no existen razones para la interrupción del embarazo; sin embargo, la madre debería recibir los niveles habituales de reemplazo de hormona tiroidea.

## 7. RADIOTERAPIA

**(109) En pacientes embarazadas, si los cánceres están alejados de la pelvis, pueden ser normalmente tratados con radioterapia; sin embargo ésta se requiere una cuidadosa planificación. Los cánceres localizados en la pelvis no pueden ser tratados adecuadamente con radioterapia durante el embarazo sin que ocurran consecuencias severas o letales para el feto.**

(110) El cáncer durante el embarazo es relativamente poco frecuente, pero constituye un problema muy importante tanto para los médicos como para las pacientes. Todos los procedimientos utilizables normalmente (las radiaciones ionizantes, la quimioterapia y la cirugía) presentan riesgos importantes para el niño aún no nacido. El cáncer ocurre en aproximadamente un 0,1% de los embarazos y se ha estimado que sólo en los Estados Unidos de América, se analizan los casos de unas 4.000 mujeres por año para ser tratadas con radioterapia durante el embarazo. Este número puede disminuir en el futuro con el desarrollo de nuevos protocolos quimioterapéuticos efectivos. Existen pocos estudios suficientemente amplios que traten de los efectos adversos de muchos regímenes terapéuticos.

(111) Las cuestiones éticas y el análisis riesgo/beneficio para la paciente en esta situación son muy diferentes respecto a muchos de los usos médicos de las radiaciones, en los que es el propio paciente quien tiene los riesgos y los beneficios. Con la radioterapia durante el embarazo, existe un conflicto materno-fetal dado que la madre sería la mayor beneficiaria mientras que el feto podría estar sometido al mayor riesgo. El médico también debe tratar de alcanzar un balance ético para poder dilucidar responsabilidades con el feto y con la madre.

(112) Las neoplasias más comunes que ocurren durante el embarazo son: de mama, cuello de útero, leucemia, linfoma, melanoma, tiroides, ovario, nasofaringe, esófago y cerebro. Estos diferentes tumores se tratan de manera muy diversa, y la proximidad del tumor con respecto al feto es el determinante principal en el uso de la radioterapia. Si el feto está recibiendo radiación dispersa desde la región torácica, habrá que preocuparse de la ocurrencia potencial de cáncer o leucemia infantiles y, dependiendo de la etapa del embarazo y de la proximidad del campo de tratamiento, quizás también de la disminución del CI del niño.

(113) En el caso de tratamiento de tumores en la pelvis, el feto puede estar en el haz primario de radiación o muy cerca de él, por lo que los efectos sobre el feto son normalmente graves (llevando usualmente a la muerte fetal). Estos efectos potenciales fueron discutidos anteriormente, en la Sección 3. Los temas relativos al tratamiento de carcinoma tiroideo con radioyodo fueron tratados en las Secciones 6.3 y 6.4.

### 7.1. Antes del tratamiento

**(114) Dado que la dosis fetal en radioterapia puede ser alta, antes de iniciar una radioterapia es importante conocer si una paciente está embarazada.**

(115) Un embarazo potencial puede comprobarse a partir de la historia clínica, la edad de la paciente y la existencia o no de cirugía previa (como una histerectomía o un ligamiento de trompas) o a través de la realización de una prueba de embarazo. Aún si la paciente sometida a radioterapia no está embarazada, debería aconsejarse que evite el embarazo hasta que se haya finalizado la radioterapia potencialmente deletérea u otra modalidad de tratamiento, y el tumor se haya curado o esté controlado adecuadamente.

(116) Si se diagnostica que la paciente está embarazada, no existen reglas fijas. La decisión relativa al curso del tratamiento debe ser discutida ampliamente y tomada por la paciente, su esposo u otra(s) persona(s) involucradas(s), el oncólogo que trata a la paciente, y otros miembros del equipo (como por ejemplo: cirujanos, obstetras, farmacólogos, psicólogos, etc.). Son muchos los factores a ser considerados, pero al menos deben incluir:

el estadio y la agresividad del tumor;

los efectos hormonales potenciales del embarazo sobre el tumor;

las diferentes terapias posibles y su tiempo de tratamiento, eficacia y complicaciones;

las consecuencias de posponer la terapia;

los efectos esperables de la enfermedad materna sobre el feto;

la etapa del embarazo;

la evaluación y el control del feto;

el momento y la forma en que podría producirse el nacimiento seguro del niño;

la necesidad o no de interrumpir el embarazo, y

las consideraciones legales, éticas y morales.

(117) Si bien es difícil generalizar sobre los efectos adversos de los agentes quimioterápicos administrados durante el primer trimestre de embarazo, hasta el 10% de los fetos expuestos al tratamiento con algunas drogas mostraron malformaciones importantes. Después del primer trimestre, la quimioterapia no está asociada, habitualmente, a la teratogénesis o los efectos adversos en el desarrollo. Existe alguna sugerencia que la exposición en útero a agentes quimioterápicos puede causar en la descendencia un incremento en el riesgo de pancitopenia al nacer o de posibles neoplasias subsecuentes.

(118) Los riesgos de la cirugía y la anestesia durante el embarazo son bien conocidos y los problemas más importantes están asociados con hipotensión, hipoxia e infecciones. También debe ser tenido en cuenta el bienestar de la madre. Muchas pacientes con cáncer tienen fiebres o infecciones como resultado del tumor o de la inmunosupresión. Puede existir una asociación entre hipertermia y efectos teratogénicos, tales como defectos en el tubo neural y microftalmia. La desnutrición es otro problema materno adicional que puede afectar al feto.

## **7.2. Durante la radioterapia**

### **7.2.1. Teleterapia con campos no pelvianos**

**(119) Puede realizarse la teleterapia con campos no pelvianos durante el embarazo, pero exige una estimación cuidadosa de la dosis fetal y puede requerir blindajes adicionales.**

(120) Algunos cánceres ocurren durante el embarazo en localizaciones que no son la pelvis o el abdomen. Los cánceres de mama crean complicaciones en uno de cada 3.000 embarazos. Pueden ser tratados de diferentes maneras incluyendo la radioterapia. Afortunadamente, la irradiación se produce en una localización muy alejada del feto. Habitualmente, el seguimiento de la paciente durante la radioterapia es realizado por una unidad obstétrica de alto riesgo.

(121) Los linfomas son también relativamente habituales durante la edad de reproducción. La literatura de los primeros años de la década de 1980 sugirió la necesidad de un aborto terapéutico si esas enfermedades se presentaban en la etapa temprana del embarazo. Actualmente, los linfomas pueden ser tratados eficazmente con quimioterapia, por lo que la radioterapia puede no ser en absoluto necesaria, o ser demorada hasta la última etapa del embarazo o hasta después del parto.

(122) Si se utiliza radioterapia, es importante calcular la dosis en el feto antes de comenzar el tratamiento. Cuando se utiliza radioterapia externa para el tratamiento de tumores localizados a cierta distancia del feto, el factor más importante para la dosis fetal es la distancia desde el borde del campo de radiación. La dosis disminuye aproximadamente en forma exponencial con la distancia. Las dosis fetales producidas por un régimen de tratamiento típico con fotones para cáncer

de cerebro están en el orden de 30 mGy. Para tratamientos de manto ántero-posterior del tórax, en la enfermedad de Hodgkin, la dosis en zonas de un feto no blindado puede llegar a 400-500 mGy.

(123) En el caso de  $^{60}\text{Co}$ , a distancias mayores que 10 cm desde el campo de irradiación, la dosis es mayor que con fotones de alta energía (aceleradores) debido a las radiaciones "de fuga" desde el cabezal del equipo. La distribución de dosis fuera del haz primario de radiación puede variar entre equipos de igual tipo y energía nominal, así como con el tamaño del campo. Por lo tanto, deberían hacerse mediciones específicas para cada equipo.

Tabla 3. Estimaciones aproximadas de las dosis en puntos fuera del campo de radiación para tratamientos con  $^{60}\text{Co}$ , con campos de 10 cm x 10 cm.

Distancia desde el borde del campo(cm)	Dosis fuera del campo(% de $D_{\text{máx}}$ en el eje)
10	1,7
20	0,7
30	0,4
40	0,3
50	0,15

(124) La Tabla 3 presenta estimaciones aproximadas de dosis para un campo de 10 cm x10 cm de  $^{60}\text{Co}$  en puntos fuera del haz primario, localizados en función de la distancia al borde del campo, que se expresan como porcentaje de la dosis en el centro del haz. Con los fotones de un acelerador, el porcentaje de dosis fuera del haz primario es menor en un factor entre 2 y 5 (dependiendo de la energía de los fotones). Habitualmente, los programas de computadora para el cálculo de dosis son muy exactos para la estimación de dosis en tejidos en el campo primario de tratamiento; pero las imprecisiones son mucho mayores en puntos alejados del campo (por ejemplo, a un metro). En estos casos, cuando la estimación de dosis en tejidos periféricos es importante, se suele efectuar la medición mediante maniqués o fantomas y dosimetría *in vivo*.

(125) Un blindaje adicional puede reducir la dosis fetal en un 50%. Sin embargo, un blindaje efectivo puede tener un peso del orden de los 200 kg. Dicho peso puede exceder los valores límites de diseño de las camillas de tratamiento y causar lesiones a las pacientes y a los técnicos, si no se les maneja adecuadamente.

(126) La Asociación Americana de Física Médica (AAPM) ha hecho una serie de recomendaciones (Stovall, Blackwell, Cundiff et al., 1995) sobre puntos que requieren ser considerados:

Complete toda la planificación del tratamiento como si la paciente no estuviera embarazada. Si el feto se encuentra cerca del haz de tratamiento, no tome radiografías de localización portal con la colimación abierta y asegúrese bien que los bloques de configuración no hayan sido quitados.

Considere las modificaciones al plan de tratamiento que podrían reducir la dosis del feto mediante el cambio del tamaño del campo, el ángulo de incidencia, la energía de la radiación y la ubicación de los elementos móviles para la configuración del campo en el borde más cercano al feto. Si es posible, use energías de fotones menores que 25 MV.

Estime la dosis en el feto sin blindaje especial, utilizando mediciones con maniqués o fantomas fuera de campo en la sínfisis pubiana, en el fondo y en el punto medio.

Si la dosis fetal resulta mayor que 50-100 mGy, debe construirse un blindaje con 4-5 capas hemirreductoras de plomo. Mida la dosis en el feto en un maniquí para tratamiento simulado, con el blindaje en posición, ajustando la intensidad y la localización de la radiación.

Documente el plan de tratamiento y discúptalo con el personal involucrado en la preparación de la paciente para su irradiación. Documente el blindaje (quizás con una fotografía).

Verifique el peso del blindaje y las especificaciones de capacidad de carga de la camilla de tratamiento o de otros aspectos del soporte del blindaje.

Esté presente durante la sesión inicial de tratamiento para asegurarse de que el blindaje está ubicado correctamente.

Controle el tamaño y crecimiento fetal a lo largo del tratamiento y reevalúe la dosis fetal, si es necesario.

Al terminar el tratamiento, documente la dosis total, incluyendo el rango de dosis recibida por el feto durante la terapia.

Considere la remisión de la paciente a otra institución, si no dispone de equipo y personal para estimar y reducir la dosis fetal.

### **7.2.2. Teleterapia y braquiterapia en campos pelvianos**

**(127) Cualesquiera sean las medidas protectoras, la radioterapia que involucre la pelvis de una paciente embarazada casi siempre acarreará consecuencias severas para el feto y muy probablemente la muerte fetal.**

(128) El carcinoma de cuello de útero es la más común de las enfermedades malignas asociadas con el embarazo. El cáncer de cérvix complica uno de cada 1.250 a 2.200 embarazos aproximadamente. Esta tasa, sin embargo, varía significativamente de país en país. El cáncer de cérvix se trata a menudo con cirugía complementada por radioterapia o sólo con radioterapia (teleterapia y braquiterapia), y las dosis requeridas por cualquiera de ambas formas de radioterapia causarán la interrupción del embarazo. Si el tumor es infiltrante y es diagnosticado en una etapa avanzada del embarazo; una alternativa sería la de retrasar el tratamiento hasta que ocurra el nacimiento seguro del bebé.

(129) El cáncer de ovario es muy raro durante el embarazo y se presenta con una frecuencia de menos de un caso cada 10.000 embarazos. Para hacer el diagnóstico definitivo se emplea la laparatomía exploratoria. La mayoría de las pacientes con carcinoma de ovario son tratadas con quimioterapia. La radioterapia se emplea, muy raramente, para tratar estos tumores durante el embarazo.

(130) Un paciente tratado con braquiterapia se mantiene a menudo internado en el hospital hasta que las fuentes de radiación le hayan sido extraídas. Si bien el paciente puede ser, ocasionalmente, una fuente de radiación para una familiar embarazada que le visite, la dosis potencial para el feto de esta mujer es muy baja, independientemente del tipo de braquiterapia. La braquiterapia de próstata puede efectuarse mediante la implantación permanente de "semillas" radiactivas de  $^{198}\text{Au}$  y  $^{125}\text{I}$ , por lo que al paciente se le da el alta del hospital con dichas semillas insertadas. El corto alcance de las radiaciones emitidas por esos radionucleidos permite que el paciente pueda ser dado de alta en esas condiciones, sin crear ningún peligro a familiares embarazadas.

### **7.3. Después de la radioterapia**

**(131) El registro de la técnica empleada y de la estimación de la dosis fetal deben mantenerse después de someter a radioterapia a una paciente embarazada. Dado que pueden existir consecuencias para el feto, se recomienda un asesoramiento y seguimiento detallados.**

(132) Como la radioterapia, habitualmente, consiste en tratamientos que duran varias semanas, el embarazo normalmente se identifica antes o durante el tratamiento. Es extremadamente raro que una paciente reciba un tratamiento completo de teleterapia o braquiterapia y que se descubra después que estaba embarazada. Aún en el caso de haber recibido un asesoramiento previo y de haberse utilizado un blindaje apropiado durante el tratamiento, la paciente solicitará a menudo información adicional.

(133) La estimación final de la dosis fetal debería ser calculada y documentada, incluyendo detalles sobre los factores técnicos discutidos anteriormente. Un físico médico debidamente entrenado debería efectuar esos cálculos, y los riesgos potenciales derivados deberían ser puestos en

conocimiento de la madre. Pese a que las reglamentaciones locales pueden variar, a menudo es necesario mantener estos registros durante varios años, normalmente, hasta que el niño llegue a la edad adulta.

(134) Ocasionalmente, algunas pacientes que no están embarazadas consultan si pueden quedar embarazadas después de la radioterapia. La mayoría de los oncólogos radioterapeutas piden a sus pacientes que eviten quedar embarazadas hasta después de 1-2 años de finalizar el tratamiento. Esto no está relacionado tanto con los efectos potenciales de las radiaciones, como por el riesgo existente de que el tumor recidive y requiera más irradiación, cirugía o quimioterapia.

## 8. CONTROL DE LAS EMBARAZADAS OCUPACIONALMENTE EXPUESTAS

**(135) Las bases para el control de la exposición ocupacional de las mujeres que no están embarazadas son las mismas que para los hombres. Sin embargo, si una mujer está embarazada o puede estarlo, deben tenerse en cuenta controles adicionales para proteger al niño aún no nacido. Por lo tanto, existe un límite de dosis fetal recomendado. Este límite puede cumplirse de diferentes formas.**

(136) Los límites de dosis para el feto son comparables con los establecidos para los miembros del público. Esto es razonable dado que, mientras la madre puede haber elegido trabajar con radiaciones, el niño aún no nacido no ha hecho esa elección. La adopción de un límite de dosis estricto para el embrión o feto de una embarazada ocupacionalmente expuesta plantearía problemas prácticos. La etapa inicial del embarazo (antes que el embarazo haya sido declarado) está cubierta por la protección normal de los trabajadores, que es esencialmente igual para hombres y mujeres.

(137) Una vez que se haya declarado el embarazo y se haya notificado al empleador (titular de la instalación), debería considerarse la protección adicional del feto. Las condiciones de trabajo de una trabajadora embarazada, a partir de la declaración de su embarazo, deberían ser tales que hiciesen improbable que la dosis adicional a ser recibida por el embrión o feto vaya a exceder 1 mGy durante el resto del embarazo. En la interpretación de esta recomendación, es importante no originar una discriminación innecesaria de las mujeres embarazadas. Esto es una responsabilidad tanto de la trabajadora como del empleador. La primera responsabilidad en cuanto a la protección del embrión o feto recae en la propia madre, quien debe declarar su embarazo a la dirección de la empresa tan pronto como el embarazo esté confirmado.

(138) La restricción de dosis en el feto no significa que sea necesario evitar completamente que las mujeres embarazadas trabajen con radiaciones o con material radiactivo, o que deba evitarse que entren o desarrollen tareas en áreas de radiación vigiladas o controladas. Implica, en cambio, que sus empleadores deban revisar cuidadosamente las condiciones de exposición de las embarazadas. En particular, las condiciones de trabajo deben ser tales que sea insignificante la probabilidad de ocurrencia de dosis accidentales elevadas y de incorporación de radionucleidos.

(139) Cuando se sepa que una trabajadora profesionalmente expuesta en el área médica está embarazada, existen tres opciones que a menudo se consideran en las instalaciones médicas: 1) no cambiar las tareas asignadas a la trabajadora; 2) asignarle tareas en otra área en la que la exposición a las radiaciones pueda ser inferior; o 3) asignarle una tarea que esencialmente no represente una exposición a las radiaciones. No hay una respuesta correcta y única para todas las situaciones, y en ciertos países pueden existir reglamentaciones específicas. Sería deseable que se tratara el tema con la empleada, la que debería ser informada de los riesgos potenciales, las políticas locales y los límites de dosis recomendados.

(140) A veces, las trabajadoras embarazadas solicitan cambiar el lugar de trabajo a un área en la que no haya exposición a las radiaciones, ya que pese a que pueden darse cuenta que los riesgos son bajos, no desean aceptar ningún incremento del riesgo. El empleador puede también tomar esa decisión para evitar futuras dificultades en el caso que la empleada de a luz un bebé con anomalías congénitas espontáneas (lo que ocurre con una tasa de aproximadamente 3 casos por cada 100 nacimientos). Esta forma de enfrentar la situación no se basa en principios de protección radiológica y, obviamente, depende de que la instalación sea suficientemente grande y flexible como para tener otros empleados que cubran la plaza vacante.

(141) El cambio a un puesto de trabajo en el que pueda ser menor la exposición ambiental es también una posibilidad. En radiodiagnóstico, ello puede implicar la transferencia de una técnica radióloga de una sala de fluoroscopia a una de TC u a otra área en la que haya menor cantidad de radiación dispersa. En los departamentos de medicina nuclear, debería evitarse que una técnica embarazada esté mucho tiempo en el sector de radiofarmacia o que trabaje con soluciones de radioyodo. En radioterapia con fuentes encapsuladas, las técnicas y enfermeras embarazadas no deberían participar en braquiterapia manual.

(142) Estas dos últimas alternativas involucran una consideración ética, ya que otro trabajador o trabajadora deberá incurrir en una exposición adicional a las radiaciones, debido a que una compañera de trabajo ha quedado embarazada.

(143) Existen muchas situaciones en las que la trabajadora desea continuar realizando el mismo trabajo, o en las que el empleador depende de que esa trabajadora mantenga su trabajo para seguir prestando una atención adecuada a los pacientes. Desde el punto de vista de la protección radiológica, esto es perfectamente aceptable, siempre que la dosis fetal pueda ser razonable y exactamente estimada y satisfaga el límite recomendado de 1 mSv desde que el embarazo fue declarado. Sería razonable evaluar el ambiente de trabajo, para asegurarse que los accidentes que originen dosis elevadas sean improbables.

(144) El límite de dosis recomendado se refiere a la dosis fetal y no es directamente comparable con las dosis que se miden con un dosímetro personal. El dosímetro personal usado por las trabajadoras en radiodiagnóstico puede sobreestimar la dosis fetal en un factor aproximado de 10 o más. Si el dosímetro se utiliza por fuera del delantal plomado, es probable que la dosis medida sea más de 100 veces mayor que la dosis fetal. Las trabajadoras en medicina nuclear y en radioterapia, normalmente, no usan delantales de plomo y están expuestas a fotones de mayor energía, pese a lo cual no es probable que las dosis fetales excedan el 25% de las medidas por los dosímetros personales.

(145) Por último, además de la exposición a las radiaciones deberían tenerse en cuenta otros factores en la evaluación de las actividades de las trabajadoras embarazadas. En el entorno sanitario, a menudo existe la necesidad de levantar pacientes, inclinarse o agacharse flexionando las rodillas. Existen varios grupos nacionales que han establecido guías no relacionadas con las radiaciones para tales actividades en las diversas etapas del embarazo.

(146) Ocasionalmente, existen situaciones en las que los familiares prestan una atención médica esencial, ya sea en el hospital como en el hogar, a pacientes que han recibido radionucleidos. En esas circunstancias, los límites de dosis para miembros del público no son de aplicación para los familiares, por lo que se deberían optimizar los esfuerzos para evitar involucrar a mujeres que estén o puedan potencialmente estar embarazadas. Si es imprescindible contar con la ayuda de una embarazada, debería realizarse de tal forma que la dosis fetal no exceda 1 mGy.

## 9. EMBARAZO E INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA QUE INVOLUCRE EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES

**(147) En muchos países, la exposición a las radiaciones durante el desarrollo de investigaciones biomédicas que involucren a embarazadas no está específicamente prohibida. Sin embargo, su participación en tales investigaciones es muy rara y debería ser desaconsejada.**

(148) La Comisión ha publicado los principios generales de protección radiológica en investigación biomédica en la *Publicación ICRP 62* (1991b). El daño potencial para el embrión y el feto de la irradiación médica fue explicado anteriormente en las secciones correspondientes sobre radiodiagnóstico, medicina nuclear y radioterapia.

(149) Las embarazadas no deberían estar involucradas en proyectos de investigación biomédica que supongan exposición a las radiaciones, salvo que el embarazo en sí mismo sea el motivo central y sólo si no se pudiesen utilizar técnicas alternativas que presenten menos riesgos. Aún en tal situación, sigue existiendo un problema ético muy difícil, si en el proyecto de investigación la embarazada debe recibir la exposición a las radiaciones actuando como sujeto de control.

(150) Todas las investigaciones en seres humanos deberían seguir las recomendaciones de la Asamblea Médica Mundial, publicadas en la Declaración de Helsinki de 1964 (actualizada en Tokio en 1975) que está reproducida en la *Publicación ICRP 62*. Todos los participantes deberían ser voluntarios y otorgar el correspondiente consentimiento informado. Los riesgos potenciales deberían ser predecibles y evaluados.

## 10. CONSIDERACIONES SOBRE LA INTERRUPCIÓN DEL EMBARAZO DESPUÉS DE LA EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES

**(151) Interrumpir un embarazo es una decisión individual condicionada por muchos factores. Las dosis fetales menores que 100 mGy no deberían considerarse una razón para interrumpir un embarazo. En caso de dosis fetales superiores a dicho nivel podría haber daño fetal, cuya magnitud y tipo son funciones de la dosis y de la etapa del embarazo.**

(152) El personal médico puede tratar de identificar a las pacientes embarazadas para evitar su exposición innecesaria a las radiaciones y reducir las exposiciones necesarias, ya que hay pacientes embarazadas que necesitan ser expuestas a las radiaciones. Los empleadores pueden tratar de evitar que las embarazadas ocupacionalmente expuestas excedan los límites de dosis recomendados, pese a lo cual estas trabajadoras pueden seguir estando expuestas a alguna radiación. En cualquiera de estas circunstancias, la embarazada puede estar extremadamente preocupada en cuanto al resultado de su embarazo, por lo que a menudo resulta útil una sesión de asesoramiento con la madre y el padre.

(153) El tema de la interrupción del embarazo está siendo tratado de manera, indudablemente diferente, en distintos países del mundo. Se complica por las creencias éticas, morales y religiosas individuales, así como, por estar sujeto quizás a leyes o reglamentaciones en el ámbito local o nacional. Este tema tan complejo involucra mucho más que los meros aspectos de protección radiológica. Este documento intenta suministrar información que pueda ser de utilidad para aconsejar a la paciente y su pareja.

(154) Se puede dar consejo después de intentar estimar la dosis de radiación recibida por el embrión o el feto debido al procedimiento médico y comparar el riesgo de las radiaciones con los otros riesgos del embarazo. Las mujeres, aún cuando estén expuestas a niveles muy bajos de radiaciones ionizantes, a menudo imaginan que existe un riesgo de malformaciones mucho mayor que el que ocurre naturalmente durante el embarazo, por lo que un asesoramiento adecuado puede ser beneficioso. Un esquema de presentación útil es el de indicar a la paciente la probabilidad de que su hijo *no tenga* ni malformaciones ni cáncer, y la forma en que esa probabilidad resulta afectada por la radiación (ver la Tabla 4).

(155) Con la excepción de la radioterapia en el abdomen y la pelvis, y eventuales accidentes de importancia, la magnitud de los efectos que puedan ocurrir debido a la irradiación médica es generalmente pequeña, en comparación con la incidencia normal de otros problemas durante el embarazo. En una población no expuesta (es decir, expuesta sólo al fondo natural de radiación), los riesgos durante el embarazo son aproximadamente del 15% o mayor como tasa de abortos espontáneos; del 2 al 4% como incidencia de malformaciones importantes; del 4% como tasa de retraso en el crecimiento intrauterino (fundamentalmente debido a hipertensión) y del 8 al 10% de incidencia de enfermedades genéticas.

(156) Para dosis fetales menores que 100 mGy, no existe justificación médica para interrumpir el embarazo debido a la exposición a las radiaciones. Una estimación conservadora del riesgo total de inducción de cánceres o leucemia infantiles, a una dosis de 100 mGy, es de alrededor de 1 en 170. Sin que medie exposición a las radiaciones (aparte del fondo natural de radiación), el riesgo durante toda la vida de contraer cáncer es aproximadamente de 1 en 3; y para cánceres fatales ese riesgo es aproximadamente de 1 en 5. Como se señaló anteriormente, las malformaciones debidas a las radiaciones probablemente, no ocurren a dosis fetales menores que 100-200 mGy.

Tabla 4. Probabilidad de dar a luz niños sanos en función de la dosis de radiación recibida durante el embarazo.

Dosis absorbida por el embrión o feto (mGy) en adición al fondo natura	Probabilidad de que el niño <i>no</i> tenga malformaciones (%)	Probabilidad de que el niño <i>no</i> desarrolle un cáncer entre los 0-19 años (%) <sup>1)</sup>
0	97	99,7
0,5	97	99,7
1,0	97	99,7

2,5	97	99,7
5	97	99,7
10	97	99,6
50	97	99,4
100	(cerca de 97) <sup>2)</sup>	99,1

<sup>1)</sup> Valores redondeados. Se asume de manera conservadora que el riesgo de cáncer fatal, debido a la radiación, es del 0,6% por 100 mGy de dosis fetal, lo que corresponde a 1/17.000 por mGy, y una relación dosis-respuesta lineal. Muchos estudios epidemiológicos sugieren que el riesgo puede ser aún menor que el asumido aquí. El riesgo natural de cáncer infantil fue calculado a partir de NCI-SEER (1994).

<sup>2)</sup> Aunque el riesgo exacto en seres humanos es incierto, los datos en animales sugieren que las malformaciones debidas a las radiaciones no es probable que se produzcan a dosis menores que 100-200 mGy. Para valores superiores, las malformaciones sólo podrían observarse si la exposición ocurre entre la 3<sup>a</sup> y la 25<sup>a</sup> semana de gestación. Este riesgo de malformaciones es bajo hasta los 100-200 mGy, pero aumenta con el incremento de las dosis. La disminución del CI y la posibilidad de retardo mental sólo son detectables cuando la dosis fetal excede 100 mGy entre la 8<sup>a</sup> y la 25<sup>a</sup> semana de gestación.

(157) Cuando la dosis en el feto excede de 100-200 mGy, el enfoque del problema es ligeramente diferente. La situación puede involucrar radioterapia o una exposición radiológica accidental, más que una exposición por un examen diagnóstico, y la estimación de la dosis absorbida fetal puede estar afectada por un factor importante de incertidumbre. Si la dosis absorbida fetal es alta, por ejemplo mayor que 500 mGy, y fue recibida durante el período comprendido entre la 3<sup>a</sup> a la 16<sup>a</sup> semana de gestación, existirá una probabilidad sustancial de retraso en el crecimiento y de daño en el sistema nervioso central. Aunque es posible que el feto pueda sobrevivir a dosis en este rango, los padres deberían ser informados del alto riesgo involucrado.

(158) En el rango intermedio de dosis, entre 100 y 500 mGy, la situación es menos concluyente, aunque esas circunstancias sólo ocurren en forma poco frecuente. En este rango de dosis absorbidas, el riesgo de ocurrencia de una disminución medible del CI debe ser considerado muy seriamente si el feto fue expuesto en el período entre la 8<sup>a</sup> y la 15<sup>a</sup> semana de edad gestacional. En tales instancias, un físico médico o biomédico calificado debería calcular la dosis absorbida fetal con tanta exactitud como fuera posible, y el médico debería determinar la situación individual y personal de los padres. Por ejemplo, si se estima que la dosis recibida por el feto fue poco más de 100 mGy y los padres estuvieron tratando de tener descendencia durante varios años, quizás no deseen interrumpir el embarazo. La decisión debería ser personal y tomada por los padres, después de haber sido debidamente informados.

## 11. RESUMEN DE RECOMENDACIONES

(159) Los profesionales médicos que utilizan radiaciones ionizantes deberían familiarizarse con los efectos de las radiaciones sobre el embrión y el feto. Para la mayoría de los niveles de diagnóstico debería considerarse el riesgo de cáncer infantil, mientras que a dosis mayores que 100-200 mGy deberían incluirse los riesgos de anomalías en el sistema nervioso central, malformaciones, retraso en el crecimiento y muerte fetal. La magnitud de estos últimos efectos difiere considerablemente según las diferentes etapas del embarazo.

(160) Todas las prácticas médicas (tanto las ocupacionales como las relacionadas con los pacientes) que involucran exposición a las radiaciones deberían estar justificadas (originar más beneficio que riesgo). Las exposiciones médicas también deberían estar justificadas desde un punto de vista individual. Esto incluye consideraciones que realicen un balance entre las necesidades médicas y los riesgos potenciales de las radiaciones, lo que puede lograrse haciendo uso del razonamiento más que de cálculos numéricos. La evaluación del riesgo y el beneficio es diferente en la exposición médica a mujeres embarazadas. En la mayoría de las exposiciones médicas, el riesgo y el beneficio recaen sobre el mismo individuo. En cambio, en la exposición médica en útero coexisten dos entidades diferentes (la madre y el feto) que deben ser tenidas en cuenta.

(161) Las pacientes en edad de procrear deberían ser estudiadas tratando de determinar si están o podrían estar embarazadas antes de ser sometidas a una exposición a la radiación.

(162) Las aplicaciones médicas de las radiaciones deberían optimizarse para alcanzar los propósitos clínicos con una irradiación no mayor que la necesaria, teniendo en cuenta los recursos y tecnologías disponibles. Si fuera posible, los procedimientos médicos para pacientes embarazadas deberían ser adecuados para reducir la dosis fetal.

(163) En los procedimientos médicos efectuados a embarazadas y que involucren dosis altas de radiación, deberían estimarse las dosis fetales y el riesgo potencial para el feto.

(164) Las trabajadoras del campo médico que estén embarazadas pueden desarrollar sus tareas en un ambiente con radiaciones, siempre que exista una seguridad razonable de que la dosis fetal pueda mantenerse por debajo de 1 mGy, en todo el embarazo.

(165) Debería desaconsejarse toda investigación que haga uso de radiaciones e involucre embarazadas.

(166) Sobre la base del riesgo radiológico, la interrupción del embarazo para dosis menores que 100 mGy no está justificada. A mayores dosis fetales, las decisiones deberían tomarse luego de una apropiada información y basándose en las circunstancias individuales.

## BIBLIOGRAFÍA

Adams, E., Brettle, D., Jones, A. et al. (1997) Estimation of local foetal and effective dose for CT examinations ("Estimación de las dosis fetales y efectivas producidas por exámenes de TC"). *Brit. J. Radiol.* 70,272-278.

Allen, H., Nisker, J. (Eds.) (1986) *Cancer in Pregnancy: Therapeutic Guidelines* ("Cáncer durante el embarazo: guías terapéuticas"). Futura Publishing, Mt. Kisko, NY, USA.

American Medical Association, Council on Scientific Affairs (1984) Effects of pregnancy on work performance ("Efectos del embarazo sobre el comportamiento en el trabajo"). *J. American Medical Association* 251, 1995-1997.

Boice, J.D. Jr., Miller, R.W. (1999) Childhood and adult cancer after intrauterine exposure to ionizing radiation ("Cáncer infantil y en adultos después de una exposición en útero a las radiaciones ionizantes"). *Teratology* 59, 227-233.

Brent, R.L. (1986) Radiation teratogenesis ("Teratogénesis radioinducida") En: Sever, J.L., Brent, R.L. (Eds.), *Teratogen Update: Environmentally Induced Birth Defect Risks* ("Actualización en teratología: Riesgos de defectos al nacer inducidos por el medio ambiente"). A.R. Liss, New York, pp. 145-163.

Brent, R.L., Meistrich, M., Paul, M. (1993) Ionizing and non-ionizing radiations ("Radiaciones ionizantes y no ionizantes"). En: Paul, M. (Ed.), *Occupational and Environmental Reproductive Hazards* ("Riesgos reproductivos ocupacionales y ambientales"). Williams and Wilkins, Baltimore, MD, USA, pp.165-189.

Brent, R.L. (1994) The effect of embryonic and fetal exposure to x-ray, microwaves, ultrasound, magnetic resonance, and isotopes ("El efecto de la exposición de embriones y fetos a rayos X, microondas, resonancia magnética e isótopos"). En: Barron, W.M., Lindheimer, M.D. (Eds.), *Medical Disorders During Pregnancy* ("Trastornos médicos durante el embarazo"). 2nd ed. Mosby Yearbook, Inc. St. Louis, MO, USA, pp. 487-518.

Brent, R.L. (1992) The effects of embryonic and fetal exposure to ionizing radiation: Counseling the patient and worker about these risks ("Los efectos sobre el embrión y el feto de la exposición a radiaciones ionizantes: Consejos sobre estos riesgos a la paciente y a la trabajadora"). En: Mossman, K.L., Mills, W.A. (Eds.), *The Biological Basis of Radiation Protection Practice* ("Las bases biológicas de la práctica de protección radiológica"). Williams and Wilkins, Baltimore, MD, USA, pp. 23-62.

Brent, R.L. (1995) Ionizing Radiation ("Radiaciones ionizantes"). En: Queenan, J.T., Hobbins, J.C. (Eds.) *Protocols for High Risk Pregnancies* ("Protocolos para embarazos de alto riesgo"), 3rd ed. Blackwell Scientific, Cambridge, MA pp. 26-36.

Brent, R.L., Beckman, D.A. (1996) Developmental effects following radiation of embryonic and fetal exposure to x-rays and isotopes: Counseling the pregnant and non-pregnant patient about these risks ("Efectos sobre el desarrollo como consecuencia de la exposición del embrión y el feto a rayos X e isótopos: Consejos sobre estos riesgos a las pacientes embarazadas y no embarazadas"). En: Hendee, W.K., Edwards, F.M. (Eds.), *Health Effects of Low Level Exposure to Ionizing Radiation* ("Efectos sobre la salud de la exposición a radiaciones ionizantes de bajo nivel"). Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, pp 169-213.

Damilakis, J., Perisinakis, K., Granimatikakis, J. et al. (1996) Accidental embryo irradiation during barium enema examinations. An estimation of absorbed dose ("Irradiación accidental del embrión durante exámenes con enema de bario. Una estimación de la dosis absorbida"). *Investigative Radiology* 31, 242-245.

Delogchamp, R.R., Mabuchi, K., Yoshimoto, Y. et al. (1997) Cancer mortality among atomic bomb survivors exposed in utero or as young children, October 1950-May 1992. ("Mortalidad por cáncer

entre los sobrevivientes de las bombas atómicas expuestos en útero o como bebés") octubre 1950-mayo 1992"). *Radiat Res.* 147, 385-395.

Doll, R., Wakeford, R. (1997) Risk of childhood cancer from foetal irradiation ("Riesgo de cáncer infantil debido a irradiación fetal"). *Brit. J. Radiol.* 70, 130-139.

European Commission, DG XI (1999) Guidance for Protection of Unborn Children and Infants Irradiated due to Parental Medical Exposures ("Guía para la protección del feto y los niños pequeños irradiados debido a la exposición médica de sus progenitores"). Radiation Protection, No. CR-18-98-316-EN-C. Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Goldman, S.M., Wagner, L.K. (1996) Radiological management of abdominal trauma in pregnancy ("Manejo radiológico del trauma abdominal durante el embarazo"). *Am. J. Roentgenol.* 166, 763-767.

ICRP (1986) Developmental effects of irradiation on the brain of the embryo and fetus ("Efectos sobre el desarrollo debidos a la irradiación sobre el cerebro del embrión y el feto"). ICRP Publication 49, *Annals of the ICRP* 16 (4).

ICRP (1988) Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals ("Dosis de radiación en los pacientes debida a radiofármacos"). ICRP Publication 53, *Annals of the ICRP* 18 (1-4).

ICRP (1991a) 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ("Recomendaciones de 1990 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica"). ICRP Publication 60, *Annals of the ICRP* 21 (1-3).

ICRP (1991b) Radiological protection in biomedical research ("La protección radiológica en la investigación biomédica"). ICRP Publication 62, *Annals of the ICRP* 22 (3).

ICRP (1991c) Summary of current ICRP principles for protection of the patient in diagnostic radiology ("Resumen de los principios actuales de la ICRP para la protección de los pacientes en radiología diagnóstica"). En: ICRP Publication 62, *Annals of the ICRP* 22 (3).

ICRP (1994) Summary of the current ICRP principles for protection of the patient in nuclear medicine ("Resumen de los principios actuales de la ICRP para la protección del paciente en medicina nuclear"). En: ICRP Publication 68, *Annals of the ICRP* 24 (4).

ICRP (1996) Radiological protection and safety in medicine ("Protección y seguridad radiológicas en medicina"). ICRP Publication 73, *Annals of the ICRP* 26 (2).

ICRP (1997) General principles for the radiation protection of workers ("Principios generales para la protección radiológica de los trabajadores"). ICRP Publication 75, *Annals of the ICRP* 27 (1).

ICRP (1998) Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals ("Dosis de radiación a los pacientes debido a radiofármacos"). Addendum to ICRP 53. ICRP Publication 80, *Annals of the ICRP* 28 (3).

Jensh, R.P., Eisenman, L.M., Brent, R.L. (1995) Postnatal neurophysiologic effects of prenatal x-irradiation ("Efectos neurofisiológicos post-natales de la irradiación prenatal"). *Int. J. Radiol. Biol.* 67, 217-227.

Konermann, G. (1987) Postimplantation defects in development following ionizing irradiation ("Defectos de desarrollo después de la implantación debidos a la irradiación ionizante"). En: Nygaard, O.F., Sinclair, W.K., Lett, J.T. (Eds.), *Advances in Radiation Biology ("Adelantos en Radiobiología")*, Vol. 13. Academic Press, San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, pp. 91-167.

Koren, G., Lishner, M., Fame, D. (Eds.) (1996) *Cancer in Pregnancy: Maternal and Fetal Risks* ("Cáncer durante el embarazo: riesgos maternos y fetales"). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Lavoie, C., Don, C. (1997) In-vivo measurement method of ovarian dose during barium enema examinations ("Método de medición in vivo de la dosis en ovarios durante exámenes con enema de bario"). *Brit. J. Radiol.* 70, 291-295.

Miller, R.W., Boice, J.D. Jr. (1997) Cancer after intrauterine exposure to the atomic bomb ("Cáncer debido a la exposición intrauterina durante la explosión de las bombas atómicas"). *Radiat. Res.* 147, 396-397.

NCI-SEER (1994) *Surveillance, Epidemiology and End Results Cancer Statistics Review 1973-1991: Tables and Graphs* ("Vigilancia, epidemiología y resultados finales de la revisión de las estadísticas sobre cáncer en el período 1973-1991: Tablas y gráficos"). National Cancer Institute, Bethesda, MD, USA.

NCRP (1977) *Medical Exposure of Pregnant and Potentially Pregnant Women* ("Exposición médica de mujeres embarazadas y potencialmente embarazadas"). NCRP Report No. 54. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, USA.

NCRP (1996) *Sources and Magnitude of Occupational and Public Exposures from Nuclear Medicine Procedures* ("Fuentes y magnitud de las exposiciones ocupacionales y del público en procedimientos de medicina nuclear"). NCRP Report No. 124. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, USA.

NCRP (1998) *Radionuclide Exposure of the Embryo/Fetus* ("Exposición a radionucleidos del embrión/feto"). NCRP Report No. 128. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, USA.

Russell, J.R., Stabin, M.G., Sparks, R.B. (1997) Placental transfer of radiopharmaceuticals and dosimetry in pregnancy ("Transferencia placentaria de radiofármacos y dosimetría en el embarazo"). *Health Phys.* 73, 747-755.

Russell, J.R., Stabin, M.G., Sparks, R.B. et al. (1997) Radiation absorbed dose to the embryo/fetus from radiopharmaceuticals ("Dosis absorbida de radiación en el embrión/feto debida a radiofármacos"). *Health Phys.* 73, 756-769.

Sharp, C., Shrimpton, J.A., Burry, R.F. (1998) *Diagnostic Medical Exposures: Advice on Exposure to Ionising Radiation during Pregnancy* ("Exposiciones médicas diagnósticas: Asesoramiento sobre la exposición a radiaciones ionizantes durante el embarazo"). National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon, UK.

Sinclair, W.K., Adestein, S.J., Brent, R.L. et al. (1994) *Considerations Regarding the Unintended Exposure of the Embryo, Fetus, or Nursing Child* ("Consideraciones acerca de la exposición inesperada del embrión, el feto y el lactante"). NCRP Commentary No. 9. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, USA.

Sneed, P., Albright, N., Wara, W. et al. (1995) Fetal dose estimates for radiotherapy of brain tumours during pregnancy ("Estimación de las dosis fetales debidas a la radioterapia de tumores cerebrales durante el embarazo"). *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. and Physics* 32, 823-830.

Stovall, M., Blackwell, C., Cundiff, I. et al. (1995) Fetal dose from radiotherapy with photon beams ("Dosis fetales debidas a la radioterapia con haces de fotones"): Report of the AAPM Radiation Therapy Task Group No. 36, *Med. Phys.* 22, 63-82.

Strahlenschutzkommission (1989) *Effects of Prenatal Irradiation* ("Efectos de la irradiación prenatal"). *Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 2*, Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart, New York.

Streffer, C., Molls, M. (1987) Cultures of preimplantation mouse embryos: A model for radiobiological studies ("Cultivos de embriones de ratón antes de la implantación: un modelo para estudios radiobiológicos"). En: Nygaard, O.F., Sinclair, W.K., Lett, J.T. (Eds.), *Advances in Radiation Biology* ("Avances en radiobiología"), Vol. 13. Academic Press, San Diego, New York, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto, pp. 169-213.

UNSCEAR (1993) Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1993 Report to the General Assembly, Annex H: Radiation effects on the developing human brain ("Fuentes y efectos de las radiaciones ionizantes. Comité de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas 1993 Informe a la Asamblea General. Anexo H: Efectos de las radiaciones sobre el cerebro humano en desarrollo"). UN Publications Sales No. E.94.IX.2. United Nations, New York, NY, USA.

Wagner, L., Lester, R., Saldana, L. (Eds.) (1997) Exposure of the Pregnant Patient to Diagnostic Radiations: A Guide to Medical Management ("Exposición de la paciente embarazada a radiaciones diagnósticas: una guía para el manejo médico") (2nd ed). Medical Physics Publishing, Madison, WI, USA.

WHO (OMS) (1992) Antenatal Care and Maternal Health: How Effective is it? A Review of Evidence ("Cuidado prenatal y salud maternal: ¿Cuán efectivo es? Una revisión de las evidencias"). World Health Organization MSM 92.4 (Organización Mundial de la Salud)

WHO (OMS) (1999) Care in Normal Birth: A Practical Guide ("Cuidados en un nacimiento normal: guía práctica"). World Health Organization MSM FRH/MSM/96-24, on-line version 99 (Organización Mundial de la Salud).

Yoshimoto, Y., DeLongchamp, R., Mabuchi, K. (1994) In utero exposed atomic bomb survivors: cancer risk update ("Sobrevivientes de la exposición a las bombas atómicas: actualización del riesgo de cáncer"). *Lancet* 344,345-346.