

## Safety of imagiologic exams in pregnancy Segurança dos exames imagiológicos na gravidez

Eduardo Baptista\*, Ana Patrícia Domingues\*\*, Hálío Duarte\*\*\*, Elsa Vasco\*\*\*\*, Paulo Moura\*\*\*\*\*  
Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra; Instituto Português de Oncologia do Porto

### Abstract

Various imaging modalities are available for diagnostic purpose during pregnancy to assess maternal conditions, which may include the use of intravenous contrast agents. In these cases, exposure to ionizing radiation, high magnetic fields, ultrasound, contrast material and its effects on the foetus are of concern to the patient and to the clinician. This concern opposes to the potential risks to the pregnant patient when, out of unnecessary concern over radiation, she forgoes a necessary imaging procedure. Actually, most diagnostic radiologic procedures are associated with little, if any, known significant foetal risks. No significant deterministic effect of ionizing radiation is expected to occur below a dose of 100mGy and although the risk of carcinogenesis increases after exposure to ionizing radiation, it remains low in absolute terms. There has been no documented damage to a developing foetus caused by ultrasound or magnetic resonance imaging exposure. The use of radioactive isotopes of iodine is contraindicated for therapeutic use during pregnancy. Intravenous administration of iodinated contrast agents is generally safe during pregnancy, however these should be used with caution due to the risk of foetal hypothyroidism. Paramagnetic contrast agents have not been studied in humans, but animal studies suggest that these are unlikely to cause harm.

No single diagnostic imagiologic exam is considered a threat to the well-being of the embryo/foetus. Thus, therapeutic abortion is not indicated in this situation. An appropriate benefit-risk evaluation is always necessary to properly care for the pregnant patient.

**Keywords:** Pregnancy; Ionizing radiation; Ultrasonography; Magnetic resonance imaging; Contrast media.

### INTRODUÇÃO

A utilização de exames imagiológicos durante a gravidez aumentou significativamente nas últimas décadas. Embora a ecografia e ressonância magnética (RM) sejam as técnicas de eleição para a avaliação fetal, a tomografia computadorizada (TC) é por vezes necessária para avaliação de afecções maternas no decorrer da gravidez, estando muitas vezes indicada a administração intra-venosa de produtos de contraste.

A exposição de mulheres grávidas aos diversos tipos

de radiação e meios de contraste utilizados na imagiologia diagnóstica ou de intervenção não é um assunto isento de controvérsia. Os exames imagiológicos nos quais são usados raios X são os que geram maior preocupação, quer nos utentes, quer nos profissionais de saúde, devido à crença generalizada de que a mínima exposição à radiação ionizante é prejudicial e poderá condicionar anomalias fetais. Os possíveis efeitos deletérios sobre o embrião ou feto em desenvolvimento contrapõem-se, no entanto, ao risco da não realização de um determinado exame ou procedimento imagiológico clinicamente indicado, devido a uma excessiva preocupação com os efeitos das radiações ionizantes na gravidez em curso. Um diagnóstico protelado ou falhado pela não utilização de um determinado exame radiológico pode ser mais nocivo para a saúde materna e do próprio feto do que os potenciais riscos da utilização da radiação ionizante. O presente artigo tem por objectivo realizar uma revisão da literatura mais recente acerca da segurança dos diversos procedimentos ima-

\*Interno de Ginecologia/Obstetria dos Hospitais da Universidade de Coimbra – Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra

\*\*Assistente de Obstetria da Maternidade Dr. Daniel de Matos – Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra

\*\*\*Interno de Radiologia do Instituto Português de Oncologia do Porto

\*\*\*\*Chefe de Serviço de Obstetria da Maternidade Dr. Daniel de Matos – Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra

\*\*\*\*\*Director de Serviço de Obstetria da Maternidade Dr. Daniel de Matos – Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra e Professor Associado da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

giológicos, bem como do uso de agentes de contraste na mulher grávida.

## RADIAÇÃO IONIZANTE

### Definição e quantificação da exposição

As radiações ionizantes definem-se como ondas electromagnéticas de alta energia (raios X ou raios  $\gamma$ ) que, ao interagirem com a matéria, desencadeiam uma série de ionizações, transferindo energia aos átomos e moléculas presentes no campo irradiado e promovendo assim alterações físico-químicas intra-celulares<sup>1</sup>.

Conhecendo os princípios e efeitos biológicos das radiações ionizantes, bem como os limiares de dose associados a efeitos nocivos sobre o embrião ou feto, podemos determinar os riscos e justificar a utilização de determinados exames radiológicos em benefício da grávida. De forma a compreendermos os efeitos relacionados com a exposição à radiação ionizante devemos entender as grandezas físicas utilizadas para a quantificar, definidas no Quadro I. A utilização destas unidades de dose é importante para a quantificação da radiação absorvida pelo embrião ou feto durante a realização de um exame radiológico.

### Efeitos biológicos da radiação ionizante

As radiações ionizantes têm, por definição, a capacidade de alterar as características físico-químicas das moléculas de um tecido biológico. As células mais sensíveis a estes efeitos são aquelas com maior taxa de replicação, isto é, maior actividade mitótica. Esta radiosensibilidade é também inversamente proporcional ao grau de diferenciação das células expostas, ou

seja, quanto menos diferenciada é uma célula, mais sensível ela é aos efeitos biológicos das radiações. Assim, as células humanas mais sensíveis à radiação ionizante são as da epiderme, da medula óssea e as espermatogónias. Pelo contrário, os miócitos e as células nervosas, que são bem diferenciadas e apresentam baixa actividade mitótica, são bastante resistentes à radiação<sup>1</sup>.

Os efeitos adversos da radiação ionizante sobre os tecidos humanos, podem ser de três tipos<sup>2,3</sup>:

- Morte celular e efeitos teratogénicos
- Carcinogénese
- Efeitos genéticos ou mutações nas células germinativas

No entanto, pouca ou nenhuma informação está disponível acerca da frequência ou magnitude dos efeitos genéticos adversos nas futuras gerações, pelo que a sua estimativa é difícil ou mesmo impossível.

Os efeitos biológicos das radiações ionizantes podem-se classificar em dois tipos:

- Efeitos determinísticos: resultam da lesão a múltiplas células e dependem directamente da dose de radiação à qual o tecido foi exposto. Apresentam um limiar de dose para a sua ocorrência. No entanto nem sempre é possível a identificação clara deste limiar. São exemplos a morte celular (das células malignas sujeitas a radioterapia), as queimaduras de pele, a esterilidade e a ocorrência de cataratas. Estes efeitos da radiação no feto podem incluir malformações, distúrbios do crescimento, atraso mental e morte fetal.
- Efeitos estocásticos: podem resultar de lesão a uma única célula e não são imediatamente aparentes, podendo manifestar-se meses ou anos após a exposição, nem sempre permitindo estabelecer uma relação causa-efeito. Não existe uma relação directa entre estes

**QUADRO I. GRANDEZAS FÍSICAS PARA QUANTIFICAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A RADIAÇÃO IONIZANTE**

<b>Dose absorvida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- energia depositada por um feixe de fotões de alta energia (raios X ou <math>\gamma</math>) num tecido biológico e seus efeitos sobre os tecidos</li> <li>- energia depositada por quilograma de tecido</li> <li>- Unidades: rad (radiation absorbed dose) ou gray (Gy)</li> <li>- 1Gy = 100rad*</li> </ul>
<b>Dose equivalente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- leva em consideração a dose de radiação absorvida e também as características da radiação e a forma como a energia libertada se transfere para os tecidos</li> <li>- Unidades: rem (roentgen equivalent man) ou sievert (Sv)</li> <li>- 1Sv = 100rem*</li> </ul>

\*Para as radiações electromagnéticas X ou  $\gamma$ , considera-se que 1rad equivale a 1rem e, naturalmente, a dose absorvida de 1Gy proporcionará uma dose equivalente de 1Sv.

efeitos e a dose de radiação, não existindo um limiar de dose para a sua ocorrência. No entanto, o risco de ocorrência aumenta com a dose de radiação à qual o tecido foi exposto. Podem assim ocorrer com qualquer dose de radiação, estando muitas vezes relacionados com baixas doses, como aquelas decorrentes de exposições ocupacionais frequentes. Os mais frequentes são as mutações genéticas (nomeadamente em células reprodutoras) e a carcinogénese<sup>1</sup>. Para a gestante os efeitos biológicos da radiação io-

nizante são semelhantes aos da mulher não grávida, pelo que serão apenas discutidos os efeitos da radiação ionizante no embrião e feto. Estes podem dividir-se em quatro tipos<sup>2</sup>: morte intra-uterina; malformações; distúrbios de crescimento/desenvolvimento e efeitos mutagénicos/carcinogénicos.

A gravidade, o tipo de efeitos determinísticos e a probabilidade de ocorrência de efeitos estocásticos da radiação ionizante sobre o embrião/feto dependem da dose absorvida e da idade gestacional.

**QUADRO II. PROVÁVEIS EFEITOS DETERMINÍSTICOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE *IN UTERO*<sup>4</sup>**

Idade Gestacional (semanas de amenorreia)	Idade Gestacional (semanas pós-concepção)	<50 mGy (<5 rad)	50-100 mGy (5-10 rad)	>100 mGy (>10 rad)
0-2ª semanas* (0-14 dias)	Antes da concepção	Nulos	Nulos	Nulos
3ª-4ª semanas† (15-28 dias)	1ª e 2ª semanas (1-14 dias)	Nulos	Provavelmente nulos	Possível aborto espontâneo
5ª-10ª semana‡ (29-70 dias)	3ª-8ª semana (15-56 dias)	Nulos	Potenciais efeitos cientificamente incertos e provavelmente indetectáveis clinicamente	Possíveis malformações (maior risco com aumento da dose)
11ª-17ª semana§ (71-119 dias)	9ª-15ª semana (57-105 dias)	Nulos	Potenciais efeitos cientificamente incertos e provavelmente indetectáveis clinicamente	Risco aumentado de défice de QI e atraso mental (maior frequência e gravidade com aumento da dose)
18ª-27ª semana   (120-189 dias)	16ª-25ª semana (106-175 dias)	Nulos	Nulos	Défice de QI não detectados em doses diagnósticas
>27 semanas¶ (>189 dias)	>25 semanas (>175 dias)	Nulos	Nulos	Nulos em doses diagnósticas

<sup>1</sup>O óvulo é susceptível aos efeitos genéticos da radiação ionizante (efeito estocástico), no entanto nunca foram observados efeitos genéticos hereditários estatisticamente significativos, incluindo nas populações expostas à radiação da bomba atómica ( $\approx 200\text{mGy}$ ), de acidentes nucleares ou de radioterapia. Assim a probabilidade de efeitos hereditários decorrentes de uma dose de radiação típica de um exame imagiológico é praticamente inexistente.

<sup>2</sup>Neste período o único efeito determinístico da radiação ionizante é o abortamento<sup>5</sup>, embora para doses inferiores a 50mGy (limite superior das doses usadas em exames imagiológicos) esta taxa seja quase nula. Os embriões expostos que sobrevivem desenvolvem-se normalmente.

<sup>3</sup>Durante o período embrionário ou de organogénese major o embrião está sujeito a malformações na maioria dos órgãos e restrição generalizada do crescimento. O limiar para estes efeitos é de 100-200mGy<sup>5</sup>. A vulnerabilidade à radiação depende do estágio de desenvolvimento das células em diferenciação.

<sup>4</sup>No período fetal precoce o sistema nervoso central (SNC) é bastante radiosensível, devido à elevada taxa mitótica neuronal e à ocorrência de migração neuronal nesta fase. Atraso mental e micro ou hidrocefalia, são os efeitos teratogénicos mais frequentemente identificados. O limiar para a ocorrência de algum grau de atraso mental estima-se entre os 60 e os 310mGy<sup>6</sup>, situando-se acima das doses utilizadas num exame radiológico correctamente realizado (<50mGy). Foram também observados défices no Quociente de Inteligência (QI) provocados pela exposição à radiação ionizante nesta fase que, no entanto, não se verificaram para doses inferiores a 100mGy.

<sup>5</sup>Durante o período fetal intermédio o risco de atraso mental continua a existir, mas é inferior ao verificado entre as 11 e as 17 semanas. A dose limiar para ocorrência de atraso mental severo é de  $\approx 250\text{-}280\text{mGy}$ . A redução de QI é também inferior àquela observada no período fetal precoce. O limiar para outros tipos de malformações fetais, neste período, é de cerca de 1000mGy.

<sup>6</sup>No período fetal tardio doses excepcionalmente elevadas de radiação ionizante seriam necessárias para produzir algum tipo de efeito determinístico. Os riscos associados aos exames radiológicos são estocásticos, principalmente o potencial carcinogénico.

Os efeitos determinísticos da radiação ionizante *in utero* ao longo da gestação estão resumidos no Quadro II.

O período de organogénese é aquele em que a sensibilidade aos potenciais efeitos teratogénicos da radiação ionizante é superior. Os danos ao embrião/feto decorrem da morte celular induzida pela radiação, distúrbios na migração e na proliferação celular<sup>7</sup>. Tratando-se de efeitos determinísticos, apenas se verificarão se ultrapassado determinado limiar de dose de exposição.

A ocorrência de efeitos estocásticos resultantes da exposição à radiação ionizante utilizada em medicina é possível, mas os dados disponíveis não são consistentes. É difícil estabelecer com exactidão a relação causal entre a exposição à radiação ionizante e o surgimento de um determinado efeito estocástico devido ao prolongado tempo de latência para a manifestação de uma neoplasia de causa radiogénica. Os principais estudos sobre os efeitos estocásticos das radiações foram realizados através da análise de populações submetidas a explosões nucleares, como Hiroshima e Nagasaki<sup>8-11</sup>, ou a acidentes nucleares, como Chernobyl<sup>12-14</sup>. No entanto estes estudos avaliam populações submetidas a uma exposição aguda de altas doses de radiação ionizante não reflectindo a realidade dos profissionais de saúde e pacientes que estão sujeitos a pequenas doses durante a realização de exames radiológicos de rotina.

No Quadro III apresenta-se o aumento de risco para o desenvolvimento de leucemia em crianças expostas a radiação ionizante na vida intra-uterina em comparação com outros grupos de risco.

A exposição do feto a doses de até 1mGy está asso-

ciada a um risco carcinogénico acrescido inferior a 1/10000. A maioria dos exames radiológicos de estruturas anatómicas localizadas abaixo do joelho ou acima do diafragma inserem-se nesta categoria pelo que não deve ser excluída a sua realização durante a gravidez, quando clinicamente indicado. Com doses superiores, como aquelas a que o feto é exposto durante a realização de uma TC pélvica (10-50mGy), o risco carcinogénico pode duplicar, ainda que, em termos absolutos se mantenha baixo (inferior a 1/250).

A relação deste risco com a idade gestacional da exposição à radiação é incerta, mas admite-se que seja relativamente constante desde o período de organogénese até ao termo.

### Exposição à radiação ionizante durante a gravidez

As radiografias simples de crânio, tórax, coluna cervical, torácica e das extremidades (com a possível excepção da anca) expõem o feto a uma dose mínima de radiação, que se pode considerar virtualmente nula ou indeterminável se tivermos em conta que nestes exames podem ser tomadas medidas de protecção tais como o uso de protectores de chumbo sobre o abdómen ou a colimação adequada do feixe de raios X, utilizando equipamentos devidamente calibrados. Embora com doses de exposição ao embrião/feto superiores, também as radiografias simples do abdómen e da coluna lombar podem ser realizadas sem risco para este, devendo reduzir-se a dose de radiação ao mínimo indispensável para obtenção de imagens com qualida-

**QUADRO III. RISCO DE DESENVOLVER LEUCEMIA APÓS EXPOSIÇÃO INTRA-UTERINA A RADIAÇÃO IONIZANTE E EM OUTROS GRUPOS DE RISCO<sup>15</sup>**

Grupo de risco	Risco aproximado	Aumento de risco sobre a média
Gémeo idêntico com leucemia	1/3	1000
Policitemia irradiada	1/6	500
Síndrome de Bloom	1/8	375
Sobrevivente de Hiroshima	1/60	50
Síndrome de Down	1/95	30
Gémeo com leucemia	1/720	4
<b>Criança exposta <i>in utero</i> a raios X*</b>	<b>1/2000</b>	<b>1,5</b>
Crianças americanas <15 anos	1/2800	1

Diversos trabalhos demonstraram que quando o feto é submetido a baixas dose de radiação ( $\approx 20\text{mGy}$ ) o risco de desenvolvimento de neoplasias na infância, em particular a ocorrência de leucemia, está aumentado por um factor de 1,5 a 2,0 quando comparada à incidência natural e que 1 em cada 2000 crianças expostas à radiação ionizante *in utero* desenvolverá leucemia na infância<sup>2,16,17</sup>. Contudo as incertezas nestas estimativas são grandes, pelo que apenas é possível dizer que doses de radiação na ordem dos 10mGy estão associadas a um aumento perceptível do risco de neoplasia na infância, em particular de leucemia.

de diagnóstica<sup>3,18</sup>. Com exceção dos clisteres opacos e dos trânsitos baritados do intestino delgado, a maioria dos exames fluoroscópicos resultam em doses de radiação ionizante para o feto de cerca de 0,01mGy<sup>19</sup>.

Num exame de TC de crânio, coluna cervical, coluna dorsal ou tórax, a dose de radiação absorvida a nível do abdómen é superior em comparação aos exames de radiologia convencional, no entanto é ainda bastante reduzida não constituindo risco para o feto<sup>6,20</sup>. Ainda assim é importante o uso de protectores de chumbo sobre o abdómen materno de forma a minimizar a dose absorvida pelo feto. Em exames de TC abdominal, pélvica ou da coluna lombar, nos quais existe uma maior dose de exposição fetal, esta poderá ser reduzida, ajustando diversos parâmetros técnicos da realização do exame sem interferir com a acuidade diagnóstica<sup>21-24</sup>. Desta forma, embora uma TC pélvica possa resultar numa exposição fetal de cerca de 50mGy, esta pode ser reduzida até aos 2,5mGy, usando uma técnica de baixa dosagem<sup>25</sup>.

A TC helicoidal consiste na utilização de aparelhos

com múltiplas fileiras de detectores (multicorte) permitindo um varrimento contínuo do paciente e conferindo-lhe indiscutíveis vantagens a nível de rapidez e qualidade de imagem. No entanto esses benefícios são acompanhados de um aumento significativo da dose de radiação absorvida pelo paciente que poderá chegar a 90-180%<sup>23</sup>.

Como se pode verificar pela análise do Quadro IV, a maioria dos exames de radiologia diagnóstica expõem o útero a doses de radiação inferiores a 20mGy. Até mesmo os estudos de TC multicorte do abdómen e da pélvis podem, se aplicadas condições técnicas apropriadas, utilizar doses de exposição fetal inferiores a 35mGy. Apenas os exames de radiologia de intervenção pélvicos guiados por fluoroscopia podem resultar em dose de radiação fetal de cerca de 100mGy.

## ECOGRAFIA

A ecografia é um exame imagiológico que envolve a

**QUADRO IV. DOSES DE EXPOSIÇÃO FETAL A RADIAÇÃO NOS EXAMES RADIOLÓGICOS MAIS FREQUENTES<sup>26</sup>**

Exame imagiológico	Dose absorvida* (mGy)
Exames de muito baixa dose (<0,1mGy)	
Radiografia coluna cervical (AP e perfil)	<0,001
Radiografia membros	<0,001
Mamografia (duas incidências)	0,001-0,01
Radiografia tórax (duas incidências)	0,0005-0,01
Exames de dose baixa a média (0,1-10mGy)	
Radiografia	
Abdominal	0,1-3
Coluna lombar	1-10
Anca	2
Pielografia intravenosa	5-10
Clister opaco de duplo contraste	1-20
Tomografia computadorizada (TC)	
Cabeça e pescoço	1-10
Tórax	0,01-0,66
Medicina Nuclear	
Cintigrafia osteo-articular (Tc-99m)	4-5
PET (F-18)	1,1-2,43
Exames de alta dose (10-50mGy)	
TC coluna lombar	35
TC abdominal	1,3-35
TC pélvico	10-50

\*a dose absorvida pelo feto varia consoante a idade gestacional, biótipo materno e os parâmetros de realização do exame.

utilização de ultra-sons, que não constituem uma forma de radiação ionizante. Não existem quaisquer estudos que documentem a existência de efeitos adversos para o embrião ou feto como resultado da exposição aos ultra-sons. A energia resultante da exposição aos ultra-sons foi arbitrariamente limitada aos 94mW/cm<sup>2</sup> pela *U.S. Food and Drug Administration*<sup>27</sup>. Não existem contra-indicações à realização de qualquer tipo de exame ecográfico materno durante a gravidez.

A ecografia constitui o principal exame para o estudo imagiológico do embrião/feto. No entanto durante a utilização do *doppler* na gravidez a intensidade de energia pode atingir níveis elevados, efeito este que poderá ser exacerbado quando o feixe ultrassónico é mantido numa posição específica por um período prolongado de tempo<sup>28</sup>. A *International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* desaconselha o uso rotineiro do *doppler* pulsado no primeiro trimestre. Quando usado o *doppler*, o índice térmico (estimativa do aumento de temperatura que ocorre nos tecidos onde incide o feixe de ultra-sons) deverá ser sempre mantido <1,0 e o tempo de exposição não deve ultrapassar os 5 a 10 minutos<sup>29</sup>.

## RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Em RM são aplicados campos magnéticos por forma a alterar o estado energético dos prótons de hidrogénio, não recorrendo à utilização de radiação ionizante<sup>30</sup>. Durante um exame de RM o feto é exposto a um campo magnético  $\pm 10.000$  vezes superior ao campo magnético da Terra (50 $\mu$ T).

Os potenciais riscos ligados à exposição do embrião ou feto aos campos magnéticos da ressonância magnética enquadram-se em três categorias:

- Riscos relacionados com a exposição ao campo magnético estático, com possíveis danos biológicos relacionados com migração, proliferação e diferenciação celular, podendo levar ao abortamento.
- Riscos relacionados com exposição aos campos de radiofrequência pulsados, condicionando aquecimento dos tecidos e danos secundários principalmente relacionados com a organogénese. Alguns autores sugeriram inclusivamente que a redução da temperatura na sala onde o exame se realiza para menos de 24°C poderia reduzir os potenciais efeitos do aquecimento tecidual no feto em desenvolvimento<sup>31</sup>.

- Riscos relacionados com exposição aos campos magnéticos de gradiente, que são particularmente elevados na realização de exames de RM fetal, com potencial deletério para o ouvido fetal, especialmente após as 24 semanas de gestação<sup>32,33</sup>.

Num estudo em que foram avaliadas 35 mulheres grávidas submetidas a RM de 1,5T, no terceiro trimestre, não foram documentados quaisquer efeitos deletérios relevantes nos meses seguintes ao parto que fossem atribuíveis à exposição aos campos magnéticos da RM. Em nove destes recém-nascidos, vigiados durante nove anos após a realização do exame, também não foram verificados quaisquer efeitos resultantes da exposição à RM<sup>34</sup>.

Num outro estudo também não se verificou aumento estatisticamente significativo na ocorrência de doença ou incapacidade nos recém-nascidos de mulheres expostas à RM durante a gravidez<sup>35</sup>. O mesmo se verificou num estudo de seguimento de 3 anos de 20 crianças expostas ao campo magnético de uma RM de 0,5T<sup>36</sup>. Embora mais investigação seja necessária, outros autores não descrevem qualquer dano documentado no feto humano resultante da exposição aos campos magnéticos da RM<sup>32</sup>.

Um estudo tendo como objectivo a quantificação numérica do aumento de temperatura tecidual em gestantes sujeitas a exames de RM de 1,5T e 3,0T concluiu que, quando os parâmetros de segurança para a exposição em adultos são respeitados, os efeitos fetais da RM mantêm-se dentro dos limites de segurança internacionais<sup>37</sup>.

As recomendações do *American College of Radiology* (ACR) para a segurança em imagiologia por RM não fazem qualquer distinção entre o risco da exposição aos campos magnéticos durante o primeiro trimestre de gravidez e os seguintes. Advertem apenas para uma adequada avaliação dos riscos e benefícios previamente à realização dos exames de RM.

A exposição do feto ao ruído acústico originado pela RM é também alvo de preocupação, visto que níveis de ruído na ordem dos 80-120dB podem ser produzidos durante um estudo de RM<sup>32</sup>. A quantificação exacta do nível de ruído ao qual o feto é exposto é difícil, visto que o som é atenuado à sua passagem pelo abdómen materno. Essa atenuação estima-se em cerca de 30dB<sup>38</sup>. A *American Academy of Pediatrics* indica os 90dB como o limite acima do qual poderá ocorrer dano para a audição.

Globalmente, pode considerar-se a RM como um exame seguro durante a gravidez. Embora muitos au-

tores sugeriram que a realização deste exame imagiológico deva ser reservada para o segundo e terceiro trimestres da gravidez, o ACR eliminou as restrições à realização da RM relacionadas com idade gestacional, devido à falta de evidência documentada dos efeitos deletérios da RM sobre o embrião ou feto.

## MEDICINA NUCLEAR

Os exames de medicina nuclear são realizados através da marcação de uma determinada substância química com um radioisótopo. Assim, a exposição fetal à radiação  $\gamma$  depende das propriedades físicas e bioquímicas do radioisótopo utilizado<sup>39</sup>.

O tecnécio(Tc)-99m é um dos radioisótopos usados mais frequentemente em exames de medicina nuclear osteo-articular, cerebral, renal e cardiovascular. Este tipo de exames resultam habitualmente numa exposição uterina, embrionária e fetal inferior a 5mGy<sup>39,40</sup>.

Um dos exames de medicina nuclear mais frequentemente usado durante a gravidez é cintigrafia de ventilação-perfusão, utilizada na suspeita clínica de tromboembolismo pulmonar. Macroagregados de albumina marcados com Tc-99m são usados no estudo de perfusão enquanto gás xénon (Xe-127 ou Xe-133) é inalado para o estudo de ventilação. Neste exame, embora dois tipos de isótopos radioactivos sejam usados, a dose de radiação à qual o feto é exposto é de apenas aproximadamente 0,5mGy<sup>41</sup>.

Num estudo comparativo entre a exposição fetal à radiação na cintigrafia de ventilação-perfusão e na TC helicoidal para estudo de tromboembolismo pulmonar, concluiu-se que, apesar da dose de radiação absorvida pelo feto na cintigrafia ser bastante reduzida (0,1-0,37mGy), as doses médias às quais o feto era exposto durante a TC helicoidal eram ainda inferiores. Embora estas variassem com a idade gestacional, verificaram-se dose fetais médias <0,06mGy nos três trimestres da gravidez.

O iodo radioactivo atravessa facilmente a barreira placentária e pode afectar adversamente a tiróide fetal, particularmente após as 12 semanas. Os isótopos radioactivos do iodo usados no tratamento do hipertiroidismo estão contra-indicados na gravidez e como tal estes tratamentos devem ser suspensos até ao parto. Se a realização de uma cintigrafia da tiróide for considerada indispensável no decurso da gestação, o I-123 ou o Tc-99m deverão ser usados no lugar do I-131<sup>41</sup>.

A tomografia de emissão de positrões (PET) utili-

za a fluordesoxiglicose (FDG) marcada com flúor (F)-18 para avaliação metabólica dos tecidos, sendo importante na abordagem dos doentes oncológicos. A sua utilização na gravidez é extremamente rara e a literatura relativa à segurança dos exames imagiológicos na gravidez geralmente omite a PET ou a PET-CT (acoplada à tomografia computadorizada) devido à falta de dados relativos aos riscos da exposição fetal. A F-18 FDG tem capacidade de atravessar a barreira placentária acumulando-se no feto. Ainda assim as doses de exposição fetal à radiação derivadas da F-18 FDG são baixas, variando habitualmente entre 1,1 e 2,43 mGy. A PET-CT implica um acréscimo de dose de exposição fetal de 6 a 14 mGy, mantendo-se assim abaixo do limiar estimado para ocorrência de efeitos determinísticos<sup>42</sup>.

## PRODUTOS DE CONTRASTE

Por diversas ocasiões, para melhor acuidade diagnóstica, são usados produtos de contraste, administrados por via endovenosa, em diversos procedimentos imagiológicos. Em radiologia convencional e em tomografia computadorizada os contrastes mais usados são compostos iodados e em estudos de ressonância magnética é usado habitualmente o gadolínio. Ambos os tipos de contraste referidos são hidrossolúveis e atravessam a barreira placentária, embora este movimento seja dificultado pelo seu elevado peso molecular<sup>43</sup>.

Em mulheres com diminuição da função renal, o agente de contraste permanece durante mais tempo na circulação materna atingindo concentrações mais elevadas no sangue fetal.

### Contrastes iodados

Não estão descritos quaisquer efeitos teratogénicos resultantes da administração de agentes de contraste iodados durante a gravidez. Embora não existam estudos em humanos, os testes realizados em animais não demonstraram a existência de efeitos deletérios resultantes da exposição aos agentes iodados<sup>43</sup>.

O principal efeito nocivo dos compostos iodados é a potencial interferência com o funcionamento da tiróide no período neonatal, nomeadamente a ocorrência de hipotiroidismo.

Os casos de hipotiroidismo fetal após administração de agentes iodados durante a gravidez são relativamente raros. Nos últimos 30 anos, não houve registo de qualquer caso de hipotiroidismo ou outros efeitos

adversos resultantes da administração endovenosa de agentes de contraste iodados hidrossolúveis na realização de pielografias, angiografias ou exames de TC<sup>44,45</sup>.

Num estudo retrospectivo de 343 recém-nascidos de mulheres às quais foi administrada uma única dose de um agente de contraste iodado durante a gravidez por suspeita de tromboembolismo pulmonar, apenas um recém-nascido cuja mãe foi exposta a múltiplos fármacos durante a gravidez, apresentava hipotireoidismo após o parto. Deste estudo se concluiu que existe baixa probabilidade de que uma dose única de contraste iodado hidrossolúvel administrada por via endovenosa, possa interferir com a função tiroideia do recém-nascido por forma a afectar o seu desenvolvimento<sup>46</sup>.

As recomendações do ACR referem não existir evidência de efeitos mutagénicos ou teratogénicos secundários à exposição fetal ao iodo, embora não esteja também demonstrada a ausência de risco<sup>47</sup>.

Assim, recomenda-se que os agentes de contraste iodados sejam usados em mulheres grávidas quando: não existam exames alternativos; a informação obtida pelo exame imagiológico seja de relevância para a mãe e feto durante a gravidez e seja considerada imprudente a protelação do exame até ao final da gravidez<sup>26</sup>.

### Contrastes paramagnéticos

Os compostos de gadolínio são os principais meios de contraste usados em RM. Não foi documentada a ocorrência de quaisquer efeitos mutagénicos ou teratogénicos após a administração inadvertida de meios de contraste baseados em gadolínio durante a gravidez<sup>43,48,49</sup>. Apesar de não estudados adequadamente em humanos, os estudos experimentais em animais demonstraram um aumento da incidência de abortamento espontâneo, atraso de desenvolvimento, anomalias viscerais e esqueléticas quando administradas doses de gadolínio muito superiores às usadas em RM<sup>50</sup>.

O íon de gadolínio na sua forma livre é neurotóxico, no entanto a sua ligação a um agente quelante forma um complexo estável, protegendo contra este tipo de efeitos adversos.

Os quelatos de gadolínio atravessam a barreira placentária e podem-se acumular na cavidade amniótica. No entanto alguns estudos demonstraram que apenas 0,01% da dose de gadolínio está presente na circulação fetal 4 horas após a administração do contraste e que apenas vestígios são detectados após 24 horas<sup>43</sup>.

Ainda que seja extremamente improvável que o ga-

dolínio administrado nas doses habitualmente usadas tenha algum efeito adverso sobre o feto em desenvolvimento, os seus efeitos a longo prazo não são conhecidos. Assim é actualmente recomendado que o gadolínio seja usado apenas quando considerado essencial para o diagnóstico, e quando os benefícios do seu uso sejam claramente superiores aos riscos<sup>47</sup>.

### CONCLUSÃO

Os efeitos determinísticos da radiação ionizante resultam de danos a múltiplas células, dependem directamente da dose de radiação e apresentam um limiar para a sua ocorrência. Após exposição a doses de radiação ionizantes inferiores a 100mGy não é esperada a ocorrência de qualquer efeito determinístico com significado clínico<sup>51</sup>. Tendo em conta as doses de radiação às quais o embrião/feto é exposto durante a realização dos exames de radiologia diagnóstica mais frequentes, pode considerar-se que estes não apresentam qualquer risco de morte fetal, malformações, atraso de crescimento ou de desenvolvimento neurológico<sup>52</sup>. Mesmo uma grávida com suspeita de tromboembolismo pulmonar, que fosse sujeita a radiografia de tórax, cintigrafia de ventilação-perfusão, angiografia pulmonar por TC e angiografia pulmonar convencional, seria exposta a apenas cerca de 1,5mGy.

Os efeitos estocásticos da radiação ionizante são aleatórios, podem resultar de lesão a apenas uma célula levando a carcinogénese e não apresentam um limiar de dose para a sua ocorrência, podendo ocorrer mesmo após exposição a doses baixas. Embora após a realização de exames com doses de exposição fetal de até 50mGy, como a TC pélvica, o risco carcinogénico estimado possa duplicar, este mantém-se baixo em termos absolutos (<1/250).

Deste modo, nenhum exame radiológico por si expõe o embrião/feto a uma dose de radiação X capaz de afectar o seu bem-estar ou desenvolvimento, pelo que, a interrupção médica da gravidez não se justifica pela exposição a um único exame radiológico.

A classificação de determinado procedimento como 'seguro' ou 'não seguro' deverá ser sempre feita em função do benefício do mesmo. Assim na realização de qualquer exame imagiológico, particularmente em mulheres grávidas ou potencialmente grávidas, deve ser usado o mínimo de radiação que possibilite a obtenção de um exame adequado (*ALARA – As Low As Reasonably Achievable*).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Biral AR. Radiações ionizantes para médicos, físicos e leigos. 1ª ed. Florianópolis:Insular; 2002.
2. Brent RL. The effect of embryonic and foetal exposure to x-ray, microwaves and ultrasound: counselling the pregnant and non-pregnant patient about these risks. *Semin Oncol.* 1989; 16:347-68.
3. Hall EJ. Scientific view of low-level radiation risks. *Radiographics.* 1991; 11:509-518.
4. American College of Radiology practice guideline for imaging pregnant and potentially pregnant adolescents and women with ionizing radiation 2008 (Resolution 26).
5. International Commission on Radiological Protection. Pregnancy and Medical Radiation. ICRP Publication 84; 2000:1-43.
6. Miller RW. Discussion: severe mental retardation and cancer among atomic bomb survivors exposed in utero. *Teratology.* 1999; 59:234-235.
7. Koren G. Maternal-fetal toxicology. 2nd ed. New York: Marcel Dekker; 1994.
8. Kato H. Mortality in children exposed to the A-bombs while in utero, 1945-1969. *Am J Epidemiol.* 1971; 93:435-442.
9. Schull WJ, Otake M, Neel JV. Genetic effects of the atomic bombs: a reappraisal. *Science.* 1981; 213:1220-1227.
10. Darby SC, Doll R, Pike MC. Detection of late effects of ionizing radiation: why deaths of A-bomb survivors are a valuable resource. *Int J Epidemiol.* 1985; 14:637-639.
11. Otake M, Schull WJ, Yoshimaru H. A review of forty-five years study of Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. Brain damage among the prenatally exposed. *J Radiat Res.* 1991; 32:249-264.
12. Petridou E, Trichopoulos D, Dessypris N, Flytzani V, Haidas S, Kalmanti M, et al. Infant leukaemia after in utero exposure to radiation from Chernobyl. *Nature.* 1996; 382:352-353.
13. Castronovo FP. Teratogen update: radiation and Chernobyl. *Teratology.* 1999; 60:100-106.
14. Rytomaa T. Ten years after Chernobyl. *Ann Med.* 1996; 28:83-87.
15. D'Ippolito G, Medeiros RB. Exames radiológicos na gestação. *Radiol Bras.* 2005; 38:447-450.
16. Stewart A. Detecting the health risks of radiation. *Med Confl Surviv.* 1999; 15:138-148.
17. Stewart A, Kneale GW. Radiation dose effects in relation to obstetric x-rays and childhood cancers. *Lancet.* 1970; 1:1185-1188.
18. Plaut S. Radiation protection in the X-ray department. 1st ed. London: Butterworth & Heinemann; 1993.
19. International Commission on Radiological Protection. Biological Effects After Prenatal Irradiation (Embryo and Fetus). ICRP Publication 90; 2003:1-200.
20. Padovani R, Contento G, Fabretto M, Malisan MR, Barbina V, Gozzi G. Patient doses and risks from diagnostic radiology in North-east Italy. *Br J Radiol.* 1987; 60:155-165.
21. Kalra MK, Prasad S, Saini S, Blake MA, Varghese J, Halpern EF et al. Clinical comparison of standard-dose and 50% reduced-dose abdominal CT: effect on image quality. *Am J Roentgenol.* 2002; 179:1101-1106.
22. Nickoloff EL, Dutta AK, Lu ZF. Influence of phantom diameter, kVp and scan mode upon computed tomography dose index. *Med Phys.* 2003; 30:395-402.
23. Thomson FJ, Paulson EK, Yoshizumi TT, Frush DP, Nelson RC. Single versus multi-detector row CT: comparison of radiation doses and dose profiles. *Acad Radiol.* 2003; 10:379-385.
24. Heneghan JP, McGuire KA, Leder RA, DeLong DM, Yoshizumi T, Nelson RC. Helical CT for nephrolithiasis and ureterolithiasis: comparison of conventional and reduced radiation-dose techniques. *Radiology.* 2003; 229:575-580.
25. Moore MM, Shearer DR. Fetal dose estimates for CT pelvimetry. *Radiology.* 1989; 171:265-267.
26. Tremblay E, Thérèse E, Thomassin-Naggara I, Trop I. Guidelines for use of medical imaging during pregnancy and lactation. *Radiographics.* 2012; 32:897-911.
27. Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy. ACOG Committee Opinion No. 299. American College of Obstetricians and Gynecologists. *Obstet Gynecol.* 2004; 104:647-651.
28. Abramowicz JS, Kossoff G, Maršál K, Ter Haar G. Safety statement, 2000: International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 16:594-596.
29. Salvesen K, Lees C, Abramowicz J, Brezinka C, Ter Haar G, Maršál K. ISUOG statement on the safe use of Doppler in the 11 to 13 + 6-week fetal ultrasound examination. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2011; 37:628.
30. Curry TS 3rd, Dowdey JE, Murry RC, editors. Christensen's physics of diagnostic radiology. 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1990.
31. Adair ER, Black DR. Thermoregulatory responses to RF energy absorption. *Bioelectromagnetics.* 2003; 24:17-38.
32. De Wilde JP, Rivers AW, Price DL. A review of the current use of magnetic resonance imaging in pregnancy and safety implications for the fetus. *Prog Biophys Mol Biol.* 2005; 87:335-353.
33. Kanal E. Pregnancy and the safety of magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 1994; 2:309-317.
34. Kok RD, de Vries MM, Heerschap A, van den Berg PP. Absence of harmful effects of magnetic resonance exposure at 1.5 T in utero during the third trimester of pregnancy: a follow-up study. *Magn Reson Imaging.* 2004; 22:851-854.
35. Myers C, Duncan KR, Gowland PA, Johnson IR, Baker PN. Failure to detect intrauterine growth restriction following in utero exposure to MRI. *Br J Radiol.* 1998; 71:549-551.
36. Baker PN, Johnson IR, Harvey PR, Gowland PA, Mansfield P. A three-year follow-up of children imaged in utero with echo-planar magnetic resonance. *Am J Obstet Gynecol.* 1994; 170:32-33.
37. Hand JW, Li Y, Hajnal JV. Numerical study of RF exposure and the resulting temperature rise in the foetus during a magnetic resonance procedure. *Phys Med Biol.* 2010; 55:913-930.
38. Glover P, Hykin J, Gowland P, Wright J, Johnson I, Mansfield P. An assessment of the intrauterine sound intensity level during obstetric echo-planar magnetic resonance imaging. *Br J Radiol.* 1995; 68:1090-1094.
39. Cunningham FG, Gant NF, Leveno KJ, Larry C. Williams obstetrics. 21st ed. New York: McGraw-Hill; 2001.
40. Mettler FA, Guibertau MJ. Essentials of nuclear medicine imaging. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1998.
41. Ginsberg JS, Hirsh J, Rainbow AJ, Coates G. Risks to the fetus of radiologic procedures used in the diagnosis of maternal venous thromboembolic disease. *Thromb Haemost.* 1989; 61:189-196.

42. Takalkar AM, Khandelwal A, Lokitz S, Lilien DL, Stabin MG. 18F-FDG PET in pregnancy and fetal radiation dose estimates. *J Nucl Med* 2011; 52:1035–1040.

43. Webb JA, Thomsen HS, Morcos SK. The use of iodinated and gadolinium contrast media during pregnancy and lactation. *Eur Radiol*. 2005; 15:1234-1240.

44. Atwell TD, Lteif AN, Brown DL, McCann M, Townsend JE, Leroy AJ. Neonatal thyroid function after administration of IV iodinated contrast agent to 21 pregnant patients. *Am J Roentgenol*. 2008; 191:268-271.

45. Chen MM, Coakley FV, Kaimal A, Laros RK. Guidelines for computed tomography and magnetic resonance imaging use during pregnancy and lactation. *Obstet Gynecol*. 2008; 112:333-340.

46. Bourjeily G, Chalhoub M, Phornphutkul C, Alleyne TC, Woodfield CA, Chen KK. Neonatal thyroid function: effect of a single exposure to iodinated contrast medium in utero. *Radiology*. 2010; 256:744-750.

47. American College of Radiology. ACR committee on drugs and contrast media. *ACR Manual on Contrast Media*. 7th ed. Reston: American College of Radiology; 2010.

48. Kanal E, Barkovich AJ, Bell C, Borgstede JP, Bradley WG Jr, Froelich JW, et al; ACR Blue Ribbon Panel on MR Safety. ACR guidance document for safe MR practices: 2007. *Am J Roentgenol*. 2007; 188:1447-1474.

49. Garcia-Bourmissen F, Shrim A, Koren G. Safety of gadolinium during pregnancy. *Can Fam Physician*. 2006; 52:309-310.

50. Colletti PM, Sylvestre PB. Magnetic resonance imaging in pregnancy. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 1994; 2:291-307.

51. Wrixon AD. New ICRP recommendations. *J Radiol Prot*. 2008; 28:161-168.

52. Brent RL. Saving lives and changing family histories: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures during and before pregnancy. *Am J Obstet Gynecol*. 2009; 200:4-24.