

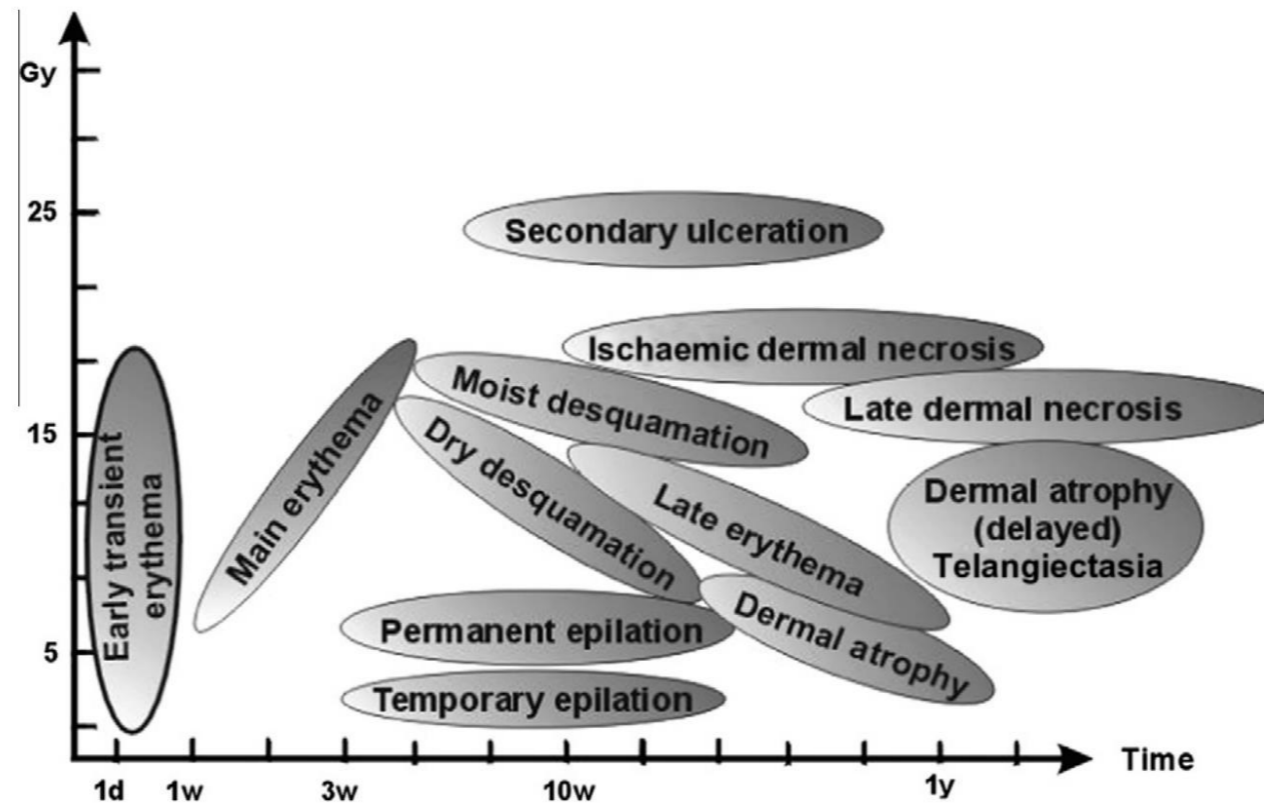


# Avaliação dos efeitos da radiação em procedimentos intervencionistas

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Cristini Barbosa de Souza  
[daiane.cristini@ifsc.edu.br](mailto:daiane.cristini@ifsc.edu.br)

# O que diz a ICRP?

"É evidente que não há limiares rígidos para dose ou tempo de aparecimento de alterações cutâneas induzidas por radiação, porque os indivíduos variam em sua sensibilidade e capacidade de resposta a radiação (Balter et al, 2010). Os limites de dose são dados para uma pessoa média, mas deve ser entendido que variam de indivíduo para indivíduo. **Para a maioria dos pacientes, clinicamente reações cutâneas importantes ocorrem apenas quando a dose de pele absorvida é maior que 5 Gy.**" (ICRP 120, 2013).



Representação gráfica mostrando a sobreposição dos efeitos do tecido na pele com a dose e o tempo.

# Faixas de Dose na Pele (Gy)

Na radiologia diagnóstica, as exposições à radiação de pacientes com lesões cutâneas eram extremamente raras.

Vários artigos relatam lesões de pele após intervenções guiadas por fluoroscopia (FGI), especialmente após intervenções coronárias percutâneas e neuroembolizações.

A FGI é de grande preocupação com relação à segurança da radiação, uma vez que o método podem aplicar doses a pacientes que excedam 5 Gy.

Tabela 1. Lesões da pele induzidas por radiação em relação à dose e ao tempo de início. Adaptado da publicação ICRP 85/2000

Effect	Approximate threshold dose (Gy)	Time of onset
Skin		
Early transient erythema	2	2–24 h
Main erythema reaction	6	~1.5 weeks
Temporary epilation	3	~3 weeks
Permanent epilation	7	~3 weeks
Dry desquamation	14	~4 weeks
Moist desquamation	18	~4 weeks
Secondary ulceration	24	>6 weeks
Late erythema	15	8–10 weeks
Ischemic dermal necrosis	18	>10 weeks
Dermal atrophy (1st phase)	10	>52 weeks
Telangiectasis	10	>52 weeks
Dermal necrosis (delayed)	>12	>52 weeks
Skin cancer	Unknown	>15 years

**Os pacientes devem ser orientados e seguidos conforme sugerido por Balter et al. 2010.**

# Níveis substanciais de dose de radiação (SRDL)

- Um "nível de gatilho" ou "nível de dose de radiação substancial" (SDRL) é um valor de referência apropriadamente selecionado, geralmente do kerma 5 (Ka, r), indicando um risco aumentado de reações teciduais na pele.

**A dose máxima na pele (PSD) não pode ser facilmente medida ou calculada. Atualmente, ainda não é relatado rotineiramente em equipamentos angiográficos.**

**SRDL: cujo valor indica risco de um efeito cutâneo clinicamente importante.**

Tabela 2. Níveis substanciais de dose de radiação que devem desencadear o acompanhamento dos pacientes para detectar reações cutâneas clinicamente relevantes. Adapted from NCRP report Nr 168 (2010) (10) and NCRP 120 (2013)

Peak skin dose	3 Gy
Cumulative air KERMA at RP	5 Gy
Kerma area product	500 Gy cm <sup>2</sup>
Fluoroscopy time	60 min <sup>a</sup>

NCRP National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, USA

<sup>a</sup> Institutions performing procedures with potentially high dose levels shall measure and record dose metrics, and shall not rely on fluoroscopy time alone

# Níveis substanciais de dose de radiação (SRDL)

- As doses devem ser monitoradas durante o procedimento.
- Um membro da equipe pode fazê-lo (o médico intervencionista deve ser notificado periodicamente).
- Se o SDRL for excedido, deve-se considerar o que deve ser feito para reduzir a taxa de aplicação de radiação ou adiar a conclusão do procedimento, se qualquer um deles for clinicamente apropriado.
- Um procedimento nunca deve ser interrompido apenas porque uma determinada dose de radiação foi excedida.

**O nível de disparo é definido em relação à dose limite para reações teciduais em que 1% de todos os indivíduos expostos demonstram a reação tecidual esperada estabelecido pela *Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe (CIRSE)***

Cardiovasc Intervent Radiol (2020) 43:1114–1121  
<https://doi.org/10.1007/s00270-020-02517-2>



REVIEW

RADIATION PROTECTION

## Unintended and Accidental Exposures, Significant Dose Events and Trigger Levels in Interventional Radiology

Werner Jaschke<sup>1</sup> · Gabriel Bartal<sup>2</sup> · Colin J. Martin<sup>3</sup> · Eliseo Vano<sup>4</sup>

Received: 10 March 2020 / Accepted: 2 May 2020 / Published online: 20 May 2020  
© The Author(s) 2020

### Eventos de gatilho:

1. Lesão de radiação observada
2. O paciente teve vários procedimentos nos últimos 12 meses
3. Procedimento errado realizado
4. Procedimento realizado no paciente errado
5. Gravidez desconhecida no momento do procedimento

# Reações e Limiares de Dose

As reações cutâneas relacionadas à exposição à radiação podem ser distinguidas como:

- Imediatas, agudas, sub agudas (de 24 h a 2 meses)
- Crônicas (mais de 2 meses a anos)

Reações cutâneas imediatas induzidas por radiação ocorrem em menos de 2 semanas.

- A **reação cutânea imediata mais comum** é a **reação eritematosa** que pode ocorrer de algumas horas até 24 horas após a exposição de mais de 2 Gy.

# Reações e Limiares de Dose

**A 'pedra angular' da prevenção da pele induzida por radiação lesões é minimizar a dose de radiação e monitorar pacientes que são expostos a uma dose cutânea cumulativa acima dos limiares!**

**Table 3** Cutaneous radiation injury: factsheet for physicians. CDC Stacks/Center of Disease Control and Prevention, USA; <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/23969> [26]

Grade	Skin dose <sup>a</sup>	Prodromal stage	Latent stage	Manifest illness stage	Third wave of erythema <sup>b</sup>	Recovery	Late effects
I	>2 Gy (200 rad) <sup>c</sup>	1–2 dias após a exposição ou não observado	Nenhuma lesão evidente por 2 weeks semanas após a exposição <sup>d</sup>	2–52 weeks post-exposure, lasting 20–30 days. redness of skin, slight edema possible, aumento da pigmentação 6 a 7 semanas após a exposição, descamação seca, dry desquamation 1–3 semanas após a exposição, vermelhidão da pele, sensação de calor, prurido e dor.	Not observed	Complete healing expected 28–40 days after exposure (3–6 meses pós-desquamation (3–6 months post-exposure))	Possible slight skin atrophy cutânea leve Possible skin cancer exposição ao cancer
II	>15 Gy (1500 rad)	6–24 h pós-exposição com sensação imediata de calor com duração de 2 dias	Nenhuma lesão evidente por 1–3 semanas após a exposição	1–3 weeks post-exposure: redness of skin, sense of heat, edema, pain, pruritus, and blisters with moist desquamation possible. Epithelialization later posterior.	10–16 weeks post-exposure, injury of blood vessels, edema and increasing pain. Epilation may subside, but new ulcers and necrotic areas possible	Healing depends on size of injury and the possibility of more cycles of erythema	Possible skin atrophy or recurrence of ulcers Possible telangiectasia (up to 10 years post-exposure) Possible skin cancer decades after exposure

Dose range is given for patients with normal radiosensitivities in the absence of mitigating or aggravating physical or clinical factors. Response to radiation does not apply to the skin of the scalp. Threshold dose and timing are not absolute values, but rather the best appraisal values. Signs and symptoms are expected to appear earlier as skin dose increases

Taken from: Cutaneous radiation injury: factsheet for physicians. CDC Stacks/Center of Disease Control and Prevention, USA; <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/23969> [26]

<sup>a</sup> Absorbed dose to at least 10 cm<sup>2</sup> of the basal cell layer of the skin

<sup>b</sup> Especially with beta exposure

<sup>c</sup> The Gray (Gy) is a unit of absorbed dose and reflects an amount of energy deposited in a mass of tissue (1 Gy = 100 rad)

<sup>d</sup> Skin of the face, chest and neck will have a shorter latent phase than the skin of the palms of the hands and the skin of the feet

# Exames com potenciais dose para pacientes

Tabela 1. Exames com potenciais dose para pacientes

1	Shunt de stent portossistêmico intra-hepático transjugular (TIPS)
2	Drenagem biliar percutânea/implante de stent, biópsia, remoção de cálculo, manobra de encontro
3	Quimioembolização hepática/embolização arterial abdominal
4	Embolização arterial pélvica
5	EVAR torácico e/ou abdominal
6	Neuroembolização/cabeça (malformação arteriovenosa [AVM], aneurisma, tumor)
7	Neuroembolização/coluna (AVM, aneurisma, tumor)
8	Trombectomia mecânica (acidente vascular cerebral)
9	Radioterapia interna seletiva (radioembolização SIRP/Y-90)
10	Implante transcater de válvula aórtica (TAVI)
11	Intervenções coronárias percutâneas (implante de stent coronário, ablação, etc.)
12	Vertebroplastia percutânea e cifoplastia



# O que tem sido feito?

- A introdução da dose em **tempo real** o monitoramento diminuiu o número de procedimentos de alta dose dentro do primeiro ano após a introdução.
- Em equipamentos angiográficos de última geração, o intervencionista obtém informações em tempo real da dose em função dos seguintes parâmetros:
- KERMA no ponto de referência (Kref)
- KERMA area product (KAP)
- Tempo de fluoroscopia.

**Uma outra abordagem para reduzir a radiação dispersa é protegê-la diretamente na fonte, ou seja, o paciente. Isso pode variar de cortinas esterilizadas revestidas, por exemplo, com bismuto, a tapetes de proteção contra radiação à base de chumbo**



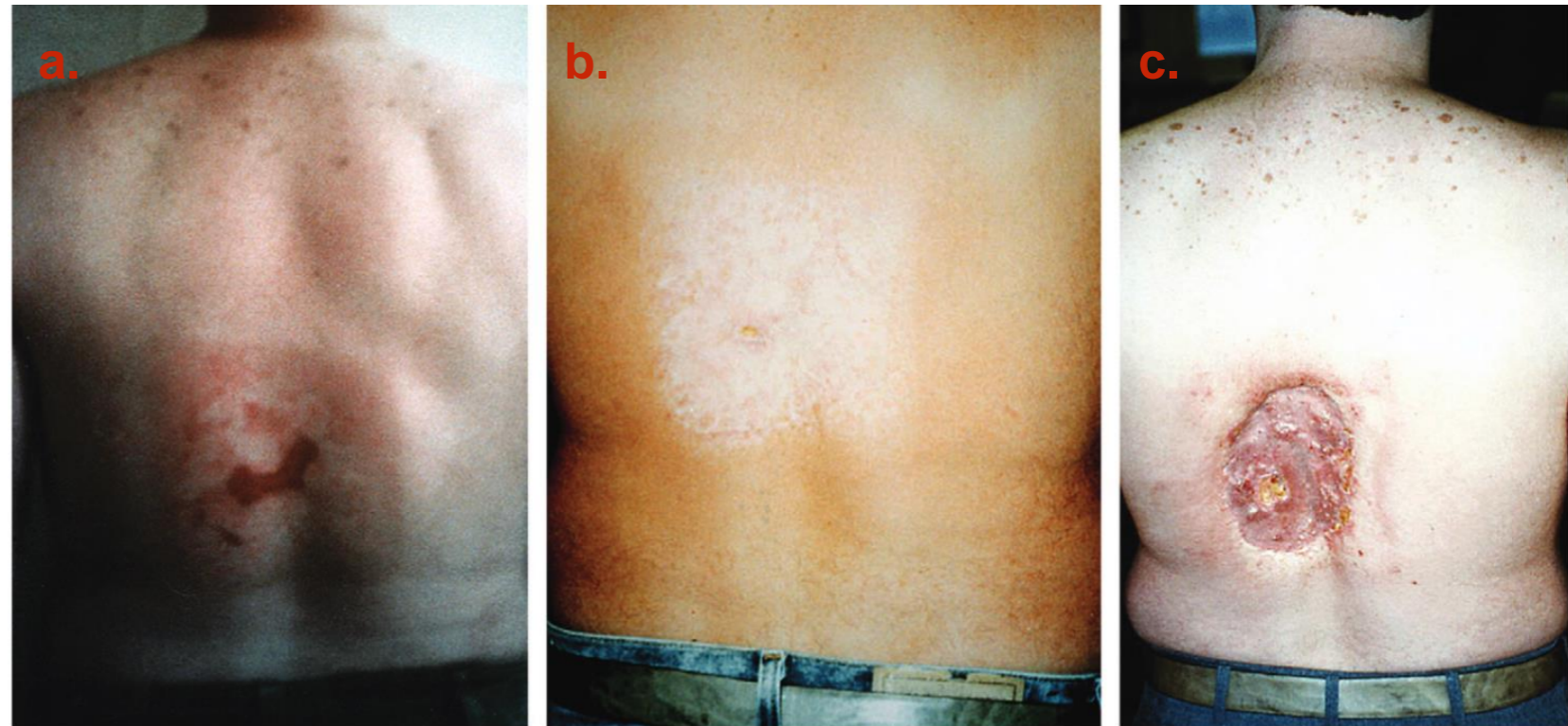
► **Fig. 4** Patient shielding with a femoral notch for intervention access.

König AM et al. Personal Radiation Protection...Fortschr Röntgenstr 2019; 191: 512–521 This document was downloaded for personal use only. Unauthorized distribution is strictly prohibited.

# Relatos de Casos



Lesão por radiação em uma mulher de 60 anos após procedimento neurointervencionista bem-sucedido para o tratamento de AVC agudo. O tempo estimado de fluoroscopia foi de mais de 70 minutos; 43 séries de imagens foram realizadas durante o curso do procedimento. A cabeça não foi raspada. Observe a depilação focal no couro cabeludo e a lesão cutânea no pescoço, mas não no couro cabeludo. Nenhuma estimativa de dose estava disponível para este caso.



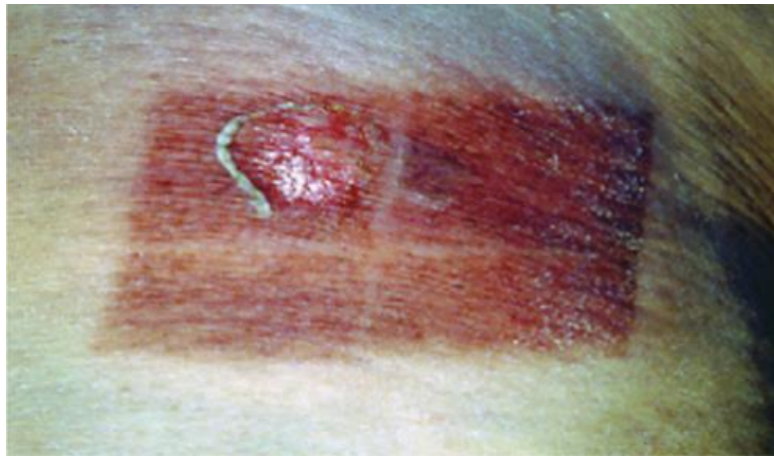
Lesão por radiação em um homem de 40 anos submetido a angiografia coronária múltipla e procedimentos de angioplastia.

As imagens mostram a sequência de tempo de uma lesão por radiação grave.

Essas imagens geralmente fornecem a primeira dica para pacientes individuais de que a lesão está relacionada a um procedimento fluoroscópico anterior.

- (a) 6–8 semanas após a exposição, surge eritema prolongado com área central levemente roxeada, sugestivo de isquemia.
- (b) Em 16-21 semanas, pele despigmentada com área central de necrose é vista.
- (c) Aos 18-21 meses, é observada necrose profunda com bordas atróficas.

# Relatos de Casos



a. (a) Eritema precoce e descamação úmida em desenvolvimento em uma mulher diabética causada por uma exposição radiográfica de localização. Observe o campo radiológico bem demarcado e a proteção da região da pele protegida pela mira de chumbo no campo. (Imagem cortesia de B. R. Thomadsen, PhD, University of Wisconsin, Madison.)

b. (b) Cura de descamação úmida por meio de regeneração epitelial, tanto de células-tronco epiteliais que se estendem para dentro da margem da área irradiada quanto da sombra da cruz de chumbo no campo. (Imagem cortesia de B. R. Thomadsen, PhD, University of Wisconsin, Madison.)



Lesão por radiação devido a campos de radiação sobrepostos em mulher de 80 anos. São mostradas a região superior da lesão 12 semanas após a dose cutânea máxima de aproximadamente 10 Gy e a região da linha média da lesão (com sobreposição) 10 semanas após a dose cutânea máxima de aproximadamente 8 Gy na área de sobreposição.

As reações diminuíram em 6 meses (de acordo com a entrevista por telefone) (não mostrado).

# Relatos de Casos



**Figure A1:** NCI skin toxicity grade 1. Two fluoroscopically guided procedures were performed through overlapping skin ports in a 65-year-old man. Note enhanced reaction in the overlap zone. The first procedure was performed 6 weeks before and the second procedure, 2 weeks before this photograph was obtained.

Dois procedimentos guiados por fluoroscopia foram realizados através de portas cutâneas sobrepostas em um homem de 65 anos. Observe a reação intensificada na zona de sobreposição.

O primeiro procedimento foi realizado 6 semanas antes e o segundo procedimento, 2 semanas antes da obtenção desta fotografia.



a.

**Figure A2:** NCI skin toxicity grade 2. (a) Subacute radiation dermatitis from fluoroscopy during coronary artery stent placement. Photograph obtained 2 months after fluoroscopy.



b.

(b) A lesão progrediu para hiperpigmentação, esclerose e ulceração 5 meses após a fluoroscopia.

# Relatos de Casos



a.

b.

Figura 13 Lesão por radiação em homem de 50 anos. A fotografia foi obtida 2 meses após o tratamento com uma dose cutânea máxima de aproximadamente 10 Gy.

(b) Mesmo paciente 6 meses após o tratamento.

# Relatos de Casos



Ulceração 4 meses após um procedimento ablativo eletrofisiológico no qual o braço do paciente foi acidentalmente posicionado dentro do campo de radiação durante o procedimento de 10 horas. A dose máxima estimada na pele foi de 15-20 Gy. Após a cirurgia plástica, a ulceração do paciente foi curada e sua dor foi resolvida.



a.

b.

Figure A8: NCI skin toxicity grade 4. (a) Central area of deep necrosis surrounded by indurated and depigmented skin within an area of prolonged erythema at 20 weeks after coronary angioplasty in a 60-year-old man. (b) Same patient 38 weeks after the procedure.

(b) Mesmo paciente 38 semanas após o procedimento.

# Relatos de Casos

Mulher obesa de 57 anos, fumante, foi submetida a ICP.

O tempo de procedimento foi de aproximadamente 6 horas. Não há dados disponíveis sobre a dose de radiação.

As primeiras manifestações foram bolhas na pele das costas na região lombar. Dois meses depois, uma úlcera profunda apareceu no mesmo local.

Foi extremamente doloroso. No ano seguinte, a paciente foi submetida a um procedimento de cirurgia plástica, com dois retalhos de rotação para fechar a ferida. Os retalhos de rotação posteriormente sofreram necrose, deixando uma úlcera de aproximadamente 20,20 cm.

Durante os anos seguintes, o tratamento conservador foi realizado em um centro especializado em queimados. A cobertura da ferida foi realizada com derme suína em conjunto com terapia antiinflamatória e antibacteriana e tratamento com oxigênio hiperbárico.

Este tratamento levou ao fechamento progressivo da ferida. Após 3 anos de tratamento (5 anos após a ICP), as dimensões da úlcera foram reduzidas para 3,5 cm.

O teste de radiosensibilidade in vitro demonstrou que o paciente apresentava radiosensibilidade normal. A lesão e a recuperação prolongada foram atribuídas à exposição à radiação, obesidade e tabagismo pesado.

# Relatos de Casos



Aspecto das costas da paciente após a cirurgia inicial e necrose dos retalhos de rotação. A úlcera tem aproximadamente 20 x 20 cm



Aspecto das costas da paciente 5 anos após a intervenção coronária percutânea. Após 3 anos de tratamento com derme suína em conjunto com terapia antiinflamatória e antibacteriana e tratamento com oxigênio hiperbárico, a úlcera é reduzida em tamanho para 3 x 1,5 cm (seta). A qualidade de vida do paciente melhorou muito.



# Recomendações para pacientes

- Em resumo, o equipamento angiográfico moderno fornece ferramentas muito úteis para diminuir e monitorar a dose do paciente e, portanto, evitar lesões na pele.
- O intervencionista que realiza procedimentos com doses potencialmente altas deve informar os pacientes sobre o risco de lesões na pele.
- O relatório do procedimento deve incluir medidas de dose, como Kref cumulativo e KAP cumulativo.
- Se vários procedimentos forem realizados na mesma região do corpo, um resumo de todas as métricas de dose deve ser incluído no relatório final.
- Se um nível limite for excedido, o intervencionista deve fornecer uma justificativa e documentar que o paciente foi informado sobre as reações cutâneas potenciais e a necessidade do procedimento.
- Na maioria dos casos, uma dose excessiva na pele do paciente pode ser evitada por meio de mudanças de prática simples e clinicamente viáveis.

# Resumo das recomendações para pacientes

## Aconselhamento geral a ser fornecido aos pacientes e médicos que tratam

---

0–2 Gy	Não há necessidade de informar o paciente, pois não deve haver efeitos visíveis
2–5 Gy	Avise ao paciente que o eritema pode ser observado, mas deve desaparecer com o tempo
5–10 Gy	Aconselhe o paciente a realizar o autoexame ou peça a um parceiro para examinar os efeitos da pele (eritema, coceira) por cerca de 2 a 10 semanas após o procedimento
10–15 Gy	O acompanhamento médico é apropriado; os efeitos na pele podem ser prolongados, pode ocorrer dor e necrose
>15 Gy	O acompanhamento médico é essencial: a ferida induzida por radiação pode progredir para ulceração e necrose

---

# Recomendações para pacientes

Faixa de dose na Pele (Gy)	Recomendações para o usuário
0 – 2	Não há necessidade de informar o usuário, pois não deve haver efeitos visíveis; se o usuário relatar alterações na pele, deve tratar em resposta aos sinais e sintomas.
2 – 5	Avise ao indivíduo que o eritema pode ser observado, mas deve desaparecer com o tempo; recomende ao usuário a informá-lo se as alterações na pele causarem desconforto físico.
5 – 10	Aconselhar o usuário para realizar o autoexame ou pedir uma outra pessoa para examinar os efeitos de pele por cerca de 2 a 10 semanas após o procedimento; indique ao usuário onde efeitos de pele são mais prováveis de ocorrer; se ocorrer eritema cutâneo e prurido, o usuário deve chamar o radiologista; reações cutâneas são frequentemente tratadas conservadoramente; pode aconselhar o usuário a ser examinado pelo dermatologista ou outro médico responsável pelo tratamento e informar que a lesão pode ser devido à radiação; radiologista deve igualmente informar o médico com os detalhes do exame de onde os efeitos da pele relacionadas com a radiação são susceptíveis de ocorrer.
10 – 15	Acompanhamento médico é apropriado; as recomendações são as mesmas que para doses de 5 – 10 Gy, mas também deve avisar dermatologista ou outro médico responsável pelo tratamento que os efeitos da pele podem ser prolongados devido à dose de radiação, e que o tratamento profilático para a infecção e monitoramento da progressão da ferida é necessário; dor pode tornar-se uma preocupação se as doses estiverem na faixa mais alta deste nível.
> 15	Acompanhamento médico é essencial; tipo e frequência dependerão da dose de radiação estimada; as recomendações são as mesmas que para doses de 10 – 15 Gy; contudo se deve avisar ao médico responsável de que as feridas podem progredir à úlcera ou necrose.
Nota: Aplicável à faixa normal de radiosensibilidade do usuário na ausência de fatores físicos ou clínicos atenuantes ou agravantes.	

Balter, 2010 Apud Mazuim, 2020

# Recomendações para pacientes

## **12 Passos importantes para minimizar a dose do paciente e evitar lesões cutâneas induzidas por radiação**

1. Mantenha o receptor de imagem o mais próximo possível do paciente
2. Maximize a distância entre o paciente e o tubo de raios X
3. Adapte as configurações do tubo (corrente do tubo, ponto focal, filtração, tempo de exposição e tensão do tubo) ao tamanho do paciente (geralmente feito por exposição automática ao controle)
4. Use fluoroscopia pulsada, reduza a taxa de quadros e / ou a dose sempre que possível
5. Use colimação, de preferência virtual (fora da fluoroscopia)
6. Evite ampliação direta
7. Evite vistas em ângulo (lembre-se de que apenas 3 cm de aumento no diâmetro do corpo dobra a dose na pele)
8. Use roteiro ou loops de fluoroscopia armazenados em vez de corridas
9. Use a retenção da última imagem (LIH) em vez de uma única imagem
10. Evite TC de feixe cônico desnecessário, fluoroscopia longa e várias execuções
11. Altere os campos de entrada do feixe em procedimentos longos, se possível
12. Reduza ao mínimo os campos de entrada do feixe sobrepostos no FGI sequencial

# Referências

ICRP, 2013. Radiological protection in cardiology. Publicação ICRP 120. Ann. ICRP 42 (1). Disponível em: [https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB\\_42\\_1](https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_42_1).

JASCHKE, W., SCHMUTH, M., TRIANNI, A., BARTAL, G. Radiation-Induced Skin Injuries to Patients: What the Interventional Radiologist Needs to Know. *Cardiovasc Intervent Radiol.* v40. p. 1131–1140. 2017. Disponível em: <<https://link.springer.-com/article/10.1007/s00270-017-1674-5>>.

BALTER, S; MILLER, D. L. Patient skin reactions from interventional fluoroscopy procedures. *American Journal of Roentgenology*, v. 202, n. 4, p. W335-W342, 2014. Disponível em: <<https://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/AJR.13.12029>>. Acesso em 27 ago. 2019.

BALTER S, H. J.W., MILLER D.L., WAGNER L.K., ZELEFSKY M.J. Fluoroscopically guided interventional procedures: a review of radiation effects on patients' skin and hair. *Radiology.* 254(2):326-41. 2010. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.-gov/20093507/>>. Acesso em 13 abr. 2019.

Jaschke W, Bartal G, Martin CJ, Vano E. Unintended and Accidental Exposures, Significant Dose Events and Trigger Levels in Interventional Radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2020 Aug;43(8):1114-1121. doi: 10.1007/s00270-020-02517-2. Epub 2020 May 20. PMID: 32435834; PMCID: PMC7369256.

Harries D, Platten DJ. Improving the effectiveness and efficiency of a skin dose investigation protocol in interventional radiology. *BMJ Open Qual.* 2020 Jan;9(1):e000722. doi: 10.1136/bmjopen-2019-000722. PMID: 31986118; PMCID: PMC7011901.

König AM, Etzel R, Thomas RP, Mahnken AH. Personal Radiation Protection and Corresponding Dosimetry in Interventional Radiology: An Overview and Future Developments. *Rofo.* 2019 Jun;191(6):512-521. English, German. doi: 10.1055/a-0800-0113. Epub 2019 Jan 31. PMID: 30703826.