

# Radiação Ionizante e o Anestesista

Dr Donovan Wong<sup>1†</sup>

<sup>1</sup> Consultor Associado, Departamento de Anestesia, Queen Mary Hospital, Hong Kong

Editado por: Dr Clara Ching Mei Poon, Consultora, Departamento de Anestesia, Queen Mary Hospital, Hong Kong

† Email do autor correspondente: drdonovanwong@gmail.com

Publicado em 28 Julho 2020



**Tradução e supervisão pela Comissão de Educação Continuada / Sociedade Brasileira de Anestesiologia**

## PONTOS-CHAVE

A radiação ionizante é uma forma de energia que tem efeitos terapêuticos e também efeitos biológicos potencialmente danosos. O uso clínico da radiação deve ser limitado a doses mais baixas, o suficiente para se atingir o objetivo clínico.

Medidas de segurança pessoal incluem conscientização sobre os riscos, distância da fonte de radiação, uso de blindagem e desenvolvimento de protocolos para evitar e lidar com acidentes radiológicos.

Dosímetros podem ser usados para estimar a exposição pessoal cumulativa à radiação. Deve-se evitar exceder o limite recomendado em sua organização.

Deve-se ter cuidado especial para minimizar a exposição de indivíduos em risco como gestantes, crianças e aqueles sujeitos a exposições repetidas.

## INTRODUÇÃO

A radiação ionizante é energia de partículas de ondas eletromagnéticas que é suficientemente potente para efetuar alterações em átomos. Tal energia pode ser encontrada em ambientes hospitalares e tem potencial para causar efeitos biológicos.

Com um número cada vez maior de procedimentos radiológicos sendo realizados, anestestistas, demais profissionais de saúde, pacientes e o público em geral podem ser inadvertidamente expostos à radiação ionizante. A radiação ionizante tem potencial para causar danos, que podem surgir de maneira determinista (relativa à dose) ou estocástica (aleatória). Exemplos de danos induzidos pela radiação incluem queimaduras, apoptose celular, câncer e mutações genéticas hereditárias.

Apesar de sua importância, a conscientização a respeito do risco da radiação ionizante para os sistemas biológicos geralmente é insuficiente entre os médicos.<sup>1,2</sup> Isto se atribui parcialmente à nossa incapacidade de perceber a presença da radiação ionizante. O que constitui uma dose segura é questionável, porém, para minimizar o risco, precisamos minimizar a exposição desnecessária à radiação.

Três princípios regem o uso seguro da radiação: (1) os benefícios desejados da radiação clínica devem ser maiores que o potencial de dano, (2) a radiação deve ser limitada às doses “mais baixas razoavelmente atingíveis/praticáveis” para alcançar o objetivo clínico,<sup>3</sup> e (3) medidas de segurança pessoal e institucional devem ser seguidas para mitigar o dano em potencial causado pela radiação.

## O que é Radiação Ionizante?

Radiação ionizante é a energia liberada de uma fonte atômica na forma de energia eletromagnética, tal como raios-x, raios-gama e radiação ultravioleta ou emissão de partículas, por exemplo, partículas alfa, beta e neutrons. A radiação ionizante viaja de sua fonte até a velocidade da luz, mas não é prontamente perceptível aos nossos sentidos.

Um exame online está disponível para educação médica continuada auto-direcionada (self-directed continuous medical education \_ CME). O tempo estimado de realização do exame é 01 (uma) hora. Favor registrar o tempo gasto e relatar ao seu órgão credenciador se desejar obter pontos de CME. Será emitido um certificado ao passar no exame. Ver política de credenciamento aqui [here](#).

[TAKE ONLINE TEST](#)

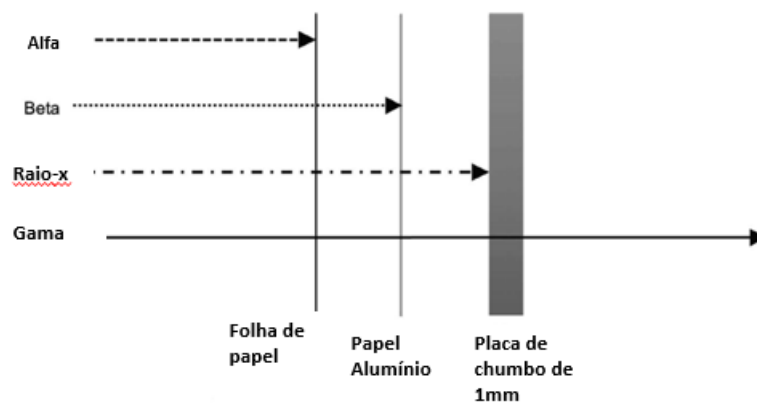


Figura 1. Penetração de várias formas de radiação ionizante.

Ela pode passar através da matéria ou pode interagir com a matéria a nível subatômico causando alterações às configurações da camada de elétrons e às propriedades físico-químicas. A capacidade da radiação de atravessar a matéria depende de sua natureza, conforme ilustrado na Figura 1. É a interação entre a radiação ionizante e a matéria que tem conferido a ela sua notável utilidade clínica, porém esta também é a razão pela qual a radiação é um risco potencial à saúde.

A radiação existe em todo o meio ambiente. Fontes naturais nos cercam, como a radiação cósmica do espaço, o gás radônio liberado por rocha sedimentar e até mesmo substâncias radioativas na água e nos alimentos que consumimos. A dose média anual de radiação de fundo que recebemos é de aproximadamente 2 a 3 mSv.<sup>4,5</sup> A radiação artificial no local de trabalho é alvo de preocupação específica, tal como a usada na medicina e na indústria, uma vez que geralmente é de uma dose eficaz mais alta, encontrada mais frequentemente, daí potencialmente mais danosa.

## Radiobiologia e Riscos da Radiação Ionizante

A radiobiologia é o estudo da radiação e seus efeitos nos sistemas biológicos,<sup>6</sup> os quais podem ser amplamente divididos em efeitos somáticos e genéticos ou hereditários. O dano causado pela radiação é dependente do tipo de radiação, dosagem, duração da exposição e a susceptibilidade do tecido ao dano. Os mecanismos de dano podem ser diretos, como a ionização direta de DNA interferindo com sua replicação, ou indiretos, como a radiólise da água, causando a formação de espécies reativas.<sup>4,6</sup> Estes eventos podem levar à apoptose celular, mutações genéticas e à formação de câncer.

A maior parte dos dados relativos aos efeitos da radiação resulta de estudos experimentais e epidemiológicos e relatos de casos. A exposição à radiação pode produzir efeitos dose-dependentes (efeitos determinísticos) ou uma predisposição aos efeitos de acaso (efeitos estocásticos). O dano relacionado à dosagem ocorre a nível celular e se manifesta como queimaduras por radiação, morte celular e necrose tecidual. O principal efeito estocástico é o desenvolvimento de câncer, o qual, baseado em um estudo de trabalhadores da indústria nuclear, sugere uma associação linear entre desenvolvimento de câncer e dose de radiação cumulativa.<sup>7</sup>

A Tabela 1 apresenta um catálogo simplificado de doses de radiação procedimentais, as quais irão variar conforme o paciente, equipamento e protocolos em uso. Como perspectiva, a dose anual média de radiação ambiental que recebemos está geralmente em torno de 2 a 3mSv. Um sievert (Sv) produziria sintomas de intoxicação por radiação, e uma dose letal de radiação é considerada como sendo uma média de 3,5 Sv, causando óbito a 50% da população exposta dentro de 60 dias.<sup>10</sup>

## Quantificação da Radiação Ionizante

A dose absorvida é a energia absorvida pela matéria proveniente da radiação e é uma medição física básica de exposição à radiação, sendo que a unidade física é o Gray (Gy):

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ joule de energia de radiação por quilograma de matéria Jkg}^{-1}$$

Esta é a dose física. A limitação clínica de se usar esta unidade é que ela não leva em conta as diferentes radiosensibilidades do tecido e os efeitos biológicos dos vários tipos de radiação ionizante.

A dose equivalente (unidade: Sv, Jkg<sup>1</sup> é usada para descrever o efeito biológico da radiação em um tipo de órgão ou tecido.<sup>7</sup> Um fator de ponderação é usado para levar em conta os diferentes tipos de radiação e suas diferentes toxicidades nos tecidos. Esta é uma dose equivalente estimada.

	Dose de Radiação * (mSv)	Equivalentes de Raio-x de tórax	Tempo Comparável de Exposição à Radiação Natural ao Longo da Vida
Raio-x de tórax	0,1	1	10 dias
Raio-x abdominal	1	10	4 meses
TC cabeça	2	20	8 meses
TC tórax	7	70	2 anos
TC abdômen ou pelve	10	100	3,3 anos
PET/TC	5-20	50-200	20 meses-6,7 anos
Angiograma cerebral intervencionista	7-10	70-100	2-3,3 anos
Angiografia coronariana	5-15	50-150	20 meses-5 anos

Tabela 1. Dose de Radiação Eficaz de Procedimentos Radiológicos Comuns em Adultos. TC indica tomografia computadorizada; PET, tomografia com emissão de pósitrons. \*Dose eficaz aproximada. Há uma grande variação em função do equipamento usado, o tipo de estudo realizado e as características do paciente<sup>4,8,9</sup>

Por exemplo, o fator de ponderação de raios-x usados em radiologia diagnóstica é 1. A medicina nuclear e hospitais especializados no tratamento de câncer podem utilizar a radiação gama e beta (fator de ponderação 1) no ambiente clínico ou mesmo radiação de partículas alfa (fator de ponderação 20). Uma área da pele exposta a 1 Gy de raio-x ou radiação beta teria recebido uma dose equivalente de 1 Sv. Se a mesma área da pele receber 1 Gy de radiação de partículas alfa, a dose equivalente seria 20 Sv, refletindo dano potencial maior. O fator de ponderação é uma aproximação.

A dose eficaz é o efeito da radiação em todo o corpo, o que é a soma das doses equivalentes para cada um destes vários tecidos do corpo. Se o corpo for exposto a uma mistura de tipos de radiação, a dose equivalente seria calculada para cada um, para se chegar à dose eficaz. A Figura 2 mostra a relação entre a dose absorvida fisicamente, a dose equivalente e a dose eficaz de radiação.

## Fontes de Radiação Médica

Para os anestesiologistas, as formas de radiação mais frequentemente encontradas, como os raios-x, são geradas eletronicamente e podem ser ativadas e desativadas eletricamente, controlando, assim, a dose emitida. Outras fontes artificiais incluem radioisótopos e radiofármacos, que emitem radiação constantemente através da degradação radioativa e não podem ser desativados tão prontamente. Ao invés disso, são produzidas por reações nucleares e dependem de contenção em recipientes blindados para transferência e uso seguros.

A dose eficaz desses radiofármacos varia com o tipo de radiação da fonte, duração de exposição, distância e alvo tecidual. Ela também depende da exposição ser externa ou internalizada, como em uma cavidade corporal, por ingestão ou inalação.

Alguns exemplos de radiofármacos incluem o sestamibi, usado em exames de imagem cardíaca; o irídio-192, usado em braquiterapia; o tecnécio-99m, comumente usado em imagem nuclear; e iodo-131, usado no tratamento de doença da tireóide. Esses materiais radioativos carregam o risco de contaminação do meio ambiente e das pessoas. Devem ser usados em ambientes controlados por pessoal especificamente treinado.

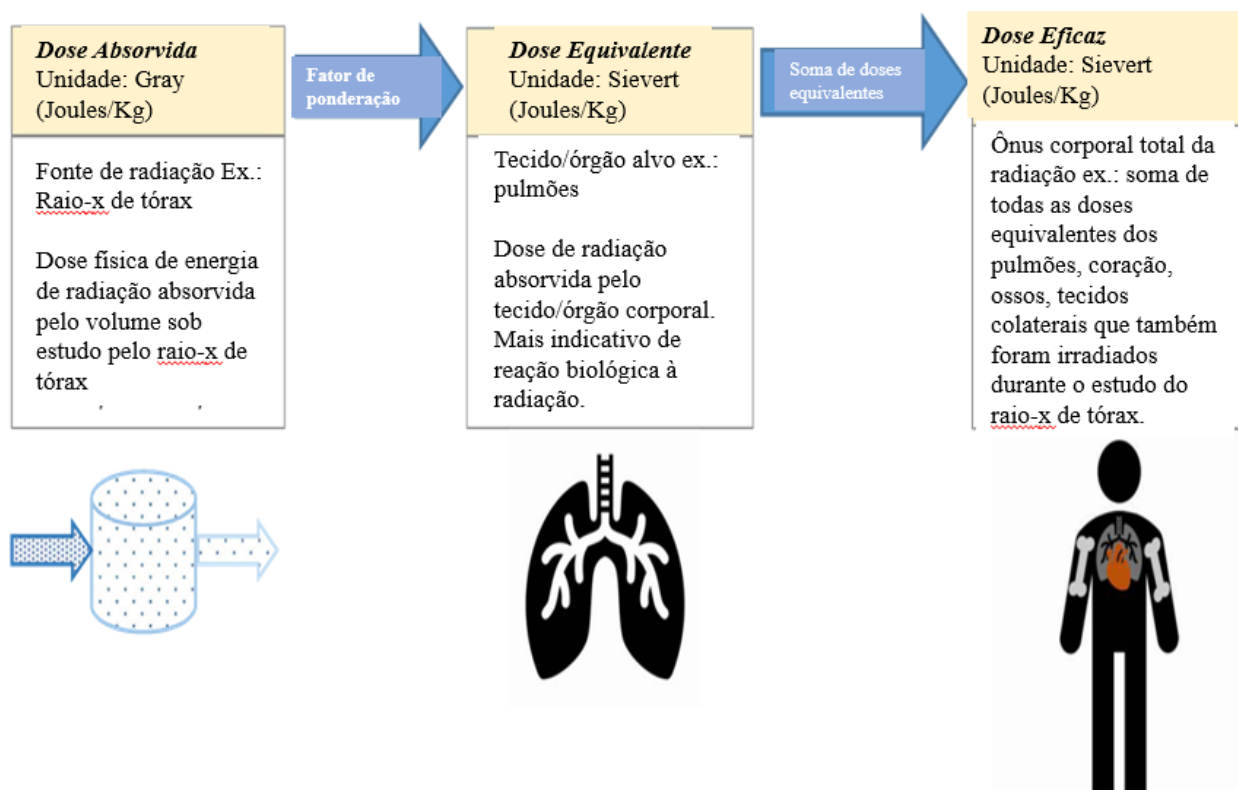


Figura 2. Relação entre a dose absorvida fisicamente, a dose equivalente e a dose eficaz de radiação.

## RADIAÇÃO IONIZANTE E O ANESTESISTA

Algumas fontes de radiação ionizante são as seguintes:

- Centro cirúrgico: uso de raio-x em ortopedia ou fluoroscopia em cirurgia vascular;
- Sala de radiologia intervencionista : para serviço de trombectomia em AVC agudo;
- Radiologia diagnóstica: sedação de paciente pediátrico para tomografia computadorizada;
- Sala de endoscopia: colangiopancreatografia retrógrada endoscópica;
- Departamento de medicina nuclear: sedação ou anestesia para braquiterapia ou radioterapia por feixe externo;
- Tratamento de acidentes e emergencial: reanimação de pacientes com contaminação radiológica.

A segurança radiológica está sujeita à regulamentação nacional, como o Regulamento de Radiação Inionizante (Exposição Médica) do Reino Unido \_ *United Kingdom's Ionising Radiation (Medical Exposure) Regulations*.<sup>11</sup> As diretrizes e recomendações se baseiam em dados das autoridades internacionais tais como a Comissão Internacional de Proteção Radiológica \_ *International Commission on Radiological Protection* ou o Órgão Internacional de Energia Atômica \_ *International Atomic Energy Agency*. A implementação deste regulamento é coordenada a nível institucional por um consultor em proteção radiológica/ radioativa ou físico clínico.

A segurança radiológica é determinada, em última análise, pela equipe de trabalho e as partes envolvidas, como os anestesiologistas, precisam contribuir para uma cultura de segurança. Fazemos isto mantendo uma comunicação próxima com nossa equipe multidisciplinar ao iniciarmos um procedimento de radiação. Ao fazermos isto, podemos tomar medidas de proteção adequadas durante episódios de alta utilização de radiação, tais como angiografia fluoroscópica durante procedimentos vasculares.<sup>12</sup>

Um dosímetro que se possa vestir é recomendado para a equipe, incluindo os anestesiologistas que frequentemente trabalham nestes ambientes, para ajudar a alertar o indivíduo acerca da exposição cumulativa à radiação. Há diversos tipos, como detectores tipo crachá-filme, termoluminescentes e eletrônicos.

## MEDIDAS GERAIS DE SEGURANÇA

Deve-se fazer uma avaliação de risco-benefício antes de expor os pacientes à radiação médica. Os grupos de risco que exigem considerações especiais incluem mulheres em idade fértil ou gestantes, crianças e pacientes com uma história de exposição cumulativa à alta radiação.

Sugere-se que a dose eficaz de corpo inteiro de exposição à radiação ocupacional não deva exceder 20 mSv por ano, calculada como uma média ao longo de 5 anos com uma dose máxima de 50 mSv em um único ano,<sup>13</sup> e o feto em desenvolvimento não deve receber mais do que 1 mSv de radiação além da radiação natural de fundo.

### Treinamento e Ensino

Uma abordagem segura do uso da radiação exige ensino e treinamento do pessoal envolvido e geralmente é coordenada por um consultor em proteção radioativa. Devem-se implementar protocolos que ajudem a orientar as ações durante incidentes importantes como incêndio, falta de energia e vazamento radioativo, especialmente quando se está trabalhando em um departamento de medicina nuclear. Exercícios de simulação devem ser realizados para treinar o gerenciamento da equipe clínica, dos pacientes e do público nestes cenários.

Se a anestesia for realizada nestas salas de radioterapia, recomenda-se que seja desenvolvido um protocolo e um exercício de simulação de evacuação de segurança. Esta medida serve para preparação prévia no caso de haver necessidade de remover um paciente de uma fonte de radiação fora de controle, por exemplo no caso de derramamento de um radiofármaco ou falha do aparelho de braquiterapia.

### Ambiente e Equipamentos

Um ambiente adequado deve ser disponibilizado para o uso de radiação de modo a limitar a exposição desnecessária de outras pessoas. Estas áreas são frequentemente construídas com blindagem nas paredes, pisos e tetos, e incorporadas às aberturas, como portas. Em nosso hospital, a radiação máxima permitida que escapa destas áreas restritas é limitada a 3 mSv para áreas de raio-x e 1 mSv para áreas de medicina nuclear. Estas áreas devem ter acesso restrito para pessoal não autorizado, com advertências visuais e auditivas acerca da radiação. Em muitos casos, estes locais podem estar afastados do bloco cirúrgico.

A radiação ionizante mais alta utilizada em salas de radioterapia significa que o paciente anestesiado é geralmente monitorizado fora da linha de visão, frequentemente à distância dentro da sala de controle altamente blindada. Deve haver a instalação de telemetria do monitor fisiológico, bem como câmeras que permitam a monitorização visual do paciente. Deve-se manter comunicação próxima com o operador da radioterapia, especialmente em casos onde é necessário ter acesso rápido ao paciente. A blindagem densa pode limitar a eficácia da comunicação por aparelhos móveis.

Equipamentos de proteção adequados devem ser usados, como por exemplo o avental de chumbo de 0,35 a 0,5 mm de espessura ou equivalente, proteção para tireóide, óculos e cobertura para proteger órgãos radiosensíveis ao se trabalhar com raios-x.<sup>12</sup> A equipe de trabalho regularmente exposta à radiação deve receber dosímetros para monitorar o excesso de dose cumulativa. Pode-se também usar outros aparelhos de proteção como barreiras móveis de raio-x ou telas de vidro.

### Distância

A radiação se comporta de acordo com a lei do inverso da distância ao quadrado, onde a intensidade é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte. Portanto, a uma distância de 2 m da fonte de radiação, um indivíduo estaria sujeito a um quarto da dose de radiação se comparado a um indivíduo que se encontra a 1 m da fonte. A uma distância de 4 m, a intensidade de radiação seria 1/16 da radiação recebida a 1 m. As medidas para distanciar o anestesista da fonte de radiação enquanto atende o paciente anestesiado incluem o uso de monitorização remota e aparelhos de anestesia equipados com circuitos de respiração estendida e tubulação de bomba de infusão. Uma sala de controle blindada a partir da qual se possa monitorizar a anestesia seria útil para oferecer proteção ideal da radiação direta e espalhada.

## CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS

Os riscos radiológicos podem se apresentar como incidentes industriais, militares ou relacionados ao terrorismo e podem envolver muitas vítimas.<sup>10</sup> É imperativo que haja participação das autoridades relevantes, como o corpo de bombeiros, para coordenar a descontaminação das vítimas, uma vez que estas podem continuar a emitir radiação, colocando outras pessoas em risco. Caso este tipo de atendimento clínico ocorra em seu local, um planejamento de contingência deve ser implementado para tais incidentes.

Os indivíduos expostos podem apresentar sintomas de toxicidade aguda por radiação, especialmente se a dose foi excepcionalmente alta (ex., chegando a 1 Gy).<sup>14</sup> Os sintomas iniciais podem ser não específicos, como mal estar generalizado. Síndromes específicas são possíveis e estão relacionadas aos sistemas de órgãos afetados. A ingestão de material radioativo pode resultar em síndrome gastrointestinal, onde

a perturbação da mucosa pode produzir sinais e sintomas como náusea, vômito, diarreia e desequilíbrio eletrolítico. Outros padrões reconhecidos de toxicidade aguda podem acometer os sistemas cutâneo, hematológico e cerebrovascular e, quando agravados, podem levar à falência múltipla de órgãos.

O objetivo de tratamento no contexto de síndrome de toxicidade aguda por radiação é remover a fonte através da descontaminação ou distanciamento, oferecendo terapia de suporte e administração de antídoto, quando adequado. Assim como há fármacos radiosensíveis para aumentar os efeitos celulares da radiação, há fármacos radioprotetores, como aminofostina,<sup>15</sup> que servem para mitigar os efeitos adversos, geralmente agindo como captadores de radicais livres. Alguns fármacos como o azul da Prússia são usados como antídotos para envenenamento por cério ou tálio, e o iodeto de potássio é usado para a ingestão de iodo radioativo.<sup>10</sup>

A terapia de suporte inclui também o tratamento de sintomas com líquidos, antieméticos, antibióticos para evitar infecções oportunistas, além de terapia de nutrição parenteral. O fator estimulador de colônias de granulócitos, a eritropoietina e o transplante de células hematopoiéticas têm sido usados para sustentar a hematopoiese.<sup>14</sup> A vigilância, na forma de exames de sangue para monitorar a ocorrência de leucopenia e desequilíbrio eletrolítico, ajudará na orientação das terapias de suporte.

## RESUMO

Os avanços em radiologia e medicina nuclear acarretam inúmeros benefícios diagnósticos e terapêuticos para o tratamento clínico de pacientes. À medida em que tais procedimentos se tornam mais comuns, é necessário que os profissionais de saúde estejam cientes dos riscos e perigos. A Organização Mundial da Saúde cita o atendimento médico como a principal fonte de exposição do público à radiação artificial, de forma que os médicos devem se responsabilizar pelo seu uso.

Com a prática responsável, é improvável que os profissionais de saúde excedam os limites recomendados para exposição à radiação ou que sofram de efeitos agudos da toxicidade por radiação.<sup>12</sup> Para atingirmos este objetivo, continuamos a compartilhar a responsabilidade com nossos colegas multidisciplinares para proteção de pacientes, da equipe e do público em relação ao dano potencial da radiação ionizante.

## REFERÊNCIAS

1. Shiralkar S, Rennie A, Snow M, Galland RB, Lewis MH, Gower-Thomas K. Doctors' knowledge of radiation exposure: questionnaire study. *BMJ*. 2003;327(7411):371-372.
2. Dauda AM, Ozoh JO, Towobola OA. Medical doctors' awareness of radiation exposure in diagnostic radiology investigations in a South African academic institution. *SA J Radiol*. 2019;23(1):1707. doi:10.4102/sajr.v23i1.1707
3. Valentin J. ICRP publication 105: radiological protection in medicine. *An. ICRP* 37 (6). 2007. [https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB\\_37\\_6](https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_37_6)
4. Lin EC. Radiation risk from medical imaging. *Mayo Clin Proc*. 2010;85(12):1142-1146. doi:10.4065/mcp.2010.0260
5. Taylor J, Chandramohan M, Simpson KH. Radiation safety for anaesthetists. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain* 2013;13(2):59-62.
6. Suntharalingam N, Podgorsak EB, Hendry JH. Basic radiobiology. In: Podgorsak EB, ed. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. Vienna: IAEA publication; 2005:485-508.
7. Richardson DB, Cardis E, Daniels RD, et al. Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS). *BMJ*. 2015;351. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.h5359>
8. Patel S, Reddy U. Anaesthesia for interventional neuroradiology. *BJA Educ*. 2016;16(5):147-152.
9. Mettler FA Jr, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. *Radiology*. 2008;248(1):254-263.
10. Hagby M, Goldberg A, Becker S, Schwartz D, Bar-Dayyan Y. Health implications of radiological terrorism: perspectives from Israel. *J Emerg Trauma Shock*. 2009;2(2):117-123.
11. British Institute of Radiology, Society and College of Radiographers and The Royal College of Radiologists. *A Guide to Understanding the Implications of the Ionising Radiation (Medical Exposure) Regulations in Diagnostic and Interventional Radiology*. London: The Royal College of Radiologists; 2015.
12. Ho P, Cheng SWK, Wu PM, et al. Ionizing radiation absorption of vascular surgeons during endovascular procedures. *J Vasc Surg*. 2007;46(3):455-459.
13. International Atomic Energy Agency. *Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation*, IAEA Safety Standards Series No. SSG-46. Vienna: IAEA; 2018.
14. López M, Martín M. Medical management of the acute radiation syndrome. *Rep Pract Oncol Radiother*. 2011;16(4):138146.

15. Kouvaris JR, Kouloulis VE, Vlahos LJ. Amifostine: the first selective-target and broad-spectrum radioprotector. *Oncologist*. 2007;12(6):738-747. doi:10.1634/theoncologist.12-6-738



This work by WFSA is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>