

ANGIOLOGIA E CIRURGIA VASCULAR

www.elsevier.pt/acv



ARTIGO ORIGINAL

Risco da exposição à radiação ionizante durante procedimentos endovasculares

Sérgio Eufrásio^{a,*}, Patrick Sousa^b, Nelson Oliveira^a, Frederico Gonçalves^a,
Gonçalo Alves^a, Hugo Rodrigues^a, Gonçalo Rodrigues^a, Anita Quintas^a,
Rudolfo Abreu^a, José Aragão Morais^a, João Albuquerque e Castro^a,
Maria Emília Ferreira^a, Maria João Manzano^b e Luís Mota Capitão^a

^a Serviço de Angiologia e Cirurgia Vascular, Hospital de Santa Marta, Centro Hospitalar Lisboa Central, Lisboa, Portugal

^b Área de Saúde Ocupacional, Hospital de Santa Marta, Centro Hospitalar Lisboa Central, Lisboa, Portugal

Recebido a 22 de abril de 2013; aceite a 15 de julho de 2013

PALAVRAS-CHAVE

Exposição ocupacional
à radiação;
Dosimetria;
Procedimentos
endovasculares;
Protecção radiológica

Resumo

Objectivos: Com a generalização dos procedimentos endovasculares, cresce a preocupação com os efeitos deletérios que a execução continuada de tais procedimentos radiológicos acarreta. Com este trabalho pretendeu-se avaliar e quantificar a distribuição pela equipa cirúrgica da exposição à radiação dispersa, emitida por um aparelho portátil de radioscopia com arco cirúrgico (arco em C), durante a utilização em bloco operatório.

Material e métodos: O registo e avaliação da dose de radiação foram efectuados em sala do bloco operatório reproduzindo as condições habituais em que decorrem os procedimentos endovasculares. Para a simulação geométrica do tórax do doente foi utilizado um fantoma cilíndrico de polimetilmetacrilato (PMMA) com 15 cm de espessura. A radiação dispersa foi medida para o local do cirurgião, ajudante, anestesista e enfermeira instrumentista, através de um monitor de radiação portátil RaySafe Xi Survey Detector, tendo sido ajustada a medição para a avaliação da taxa de dose de exposição à radiação em mGy/s a diversas alturas do solo e distâncias do doente. Utilizou-se ainda o detetor RaySafe Xi R/F para a medição da taxa de dose de exposição na superfície de entrada da pele do doente. As medições foram efectuadas em modo de fluoroscopia pulsada de 4 quadros por segundo (qps), subtração digital e roadmap, com a combinação dos três modos de magnificação electrónica disponíveis (Mag1, Mag2 e Mag3). Em todos os casos foi considerada a Dose 3, o nível de dose máxima do aparelho que fornece a melhor qualidade de imagem através do controlo automático em tempo real do contraste e do brilho.

Resultados: A análise dos dados permitiu determinar a distribuição da radiação dispersa pela equipa assistente, constatando-se como nível máximo de exposição, a altura ao solo de 120 cm no modo de subtracção digital e roadmap. A este nível, a intensidade da radiação dispersa em

*Autor para correspondência.

Correio eletrónico: sergioeuf@gmail.com (S. Eufrásio).

relação à taxa de dose de exposição na superfície de entrada da pele do doente é distribuída em 0,47% pelo cirurgião, 0,21% pelo anestesista, 0,32% pelo ajudante e 0,13% pela enfermeira instrumentista. A utilização de subtração digital e roadmap aumentou o nível de radiação cerca de 5 vezes em relação à fluoroscopia pulsada a 4 qps, tanto na taxa de dose de exposição na superfície de entrada da pele do doente como na radiação dispersa pela equipa. Quando utilizados os meios de proteção radiológica os níveis de radiação foram consideravelmente inferiores.

Conclusões: Atendendo à dispersão prevista da radiação determinou-se que a proximidade da ampola aumenta a quantidade de radiação dispersa que atinge o corpo. Quando utilizado o equipamento de proteção individual, os níveis de radiação dispersa são consideravelmente menores e permitem doses acumuladas abaixo dos limites aceitáveis.

© 2013 Sociedade Portuguesa de Angiologia e Cirurgia Vascul. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos os direitos reservados.

KEYWORDS

Occupational radiation exposure; Dosimetry; Endovascular procedures; Radiation protection

The risk of exposure to ionizing radiation during endovascular procedures

Abstract

Objectives: The resource to endovascular procedures has become progressively more frequent and has increased concerns regarding the deleterious effects from radiation exposure. The purpose of this investigation is to evaluate and quantify scattered radiation exposure to which the patient and the surgical team are exposed, produced by a portable C-arm radiology unit during its use in the operating theatre.

Material and methods: Radiation dose was measured in a controlled operating room with reproduction of usual conditions experienced during endovascular procedures in our operating theatre. A 15 cm polimetilmetacrilate phantom was used as a geometrical simulation of the thorax. The scattered radiation was measured in several positions which were determined according to the usual distribution of the surgical and anesthesiological team in the room and at several heights. Radiation quantification was accomplished with resource to a portable radiation monitor RaySafe Xi Survey Detector, adjusting dose rate in mGy/s. Additionally, a RaySafe Xi R/F detector was used to measure the skin entrance exposure of the simulated patient. Readings were taken in pulsed fluoroscopy mode at a frequency of 4 frames per second (fps), digital subtraction mode and roadmap mode. The different magnifications available (Mag 1, 2 and 3) were also combined with each of these modes. In all situations, x-ray unit radiation dose was settled on level 3 which usually provides the best quality images with automatic real-time control of contrast and brightness.

Results: Data analysis determined the distribution of scattered radiation among all elements of the surgical team. Maximum level of exposures was found at a height of 120 cm in digital subtraction and roadmap modes. In this setting, surgical team scattered radiation exposure rates relative to patient skin entrance exposure rates were 0.47% for the surgeon, 0.21% for the anesthesiologist, 0.32% for the first assistant and 0.13% for the instrumenting nurse. The use of digital subtraction and roadmap increased levels of radiation exposure to patient and surgical team 5 times in comparison to pulsed fluoroscopy mode at 4 fps. When personal radiation protection shielding was used, radiation levels were considerably inferior.

Conclusions: Proximity to the radiation x-ray tube increases significantly the amount of scattered radiation received. With the use of personal radiation shielding, the exposure is considerably lower and recommended radiation dose limits are not exceeded.

© 2013 Sociedade Portuguesa de Angiologia e Cirurgia Vascul. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introdução

É difícil imaginar a Medicina do século XXI sem a utilização de Raio X. De facto, desde a sua descoberta em 1895 a sua aplicação diversificou-se por inúmeras técnicas de diagnóstico e de terapêutica que abrangeram todas as áreas do conhecimento da Medicina. A Cirurgia Vascul em particular, que cedo usufruiu desta radiação para a execução

de exames angiográficos de diagnóstico, intensificou nas últimas duas décadas essa utilização, fruto da generalização do uso da radiação em exames de diagnóstico a que se associou a capacidade de tratamento endovascular. Tal intensificação na utilização da radiação X, pode acarretar efeitos nefastos para a saúde dos profissionais se medidas de proteção individual não forem consideradas¹. Pretende-se com este trabalho, determinar a quantidade de radiação

dispersa emitida por um aparelho de radioscopia portátil durante a sua utilização no bloco operatório, avaliando a sua distribuição pelos elementos da equipa, quer quanto à sua posição na mesa operatória, quer quanto à zona corporal envolvida. Por fim, pretendeu-se determinar o impacto dos meios de protecção radiológica individual na quantidade de radiação absorvida.

Material e métodos

A determinação da taxa de dose de exposição à radiação dispersa foi efectuada em sala do bloco operatório reproduzindo as condições habituais em que decorrem os procedimentos endovasculares. O aparelho de radioscopia portátil utilizado foi um Siemens Arcadis Advantix. As medições foram realizadas utilizando um fantoma para simular um doente padrão posicionado sobre uma marquesa de bloco operatório convencional, radiotransparente, que permite a realização de procedimentos endovasculares. O aparelho de radioscopia foi posicionado com a ampola de raios X debaixo da marquesa. O fantoma é um bloco cilíndrico constituído por PMMA com 15 cm de espessura e 32 cm de diâmetro, utilizado habitualmente na avaliação dosimétrica do doente. Por baixo do fantoma foi colocado um detector RaySafe Xi R/F para avaliação da radiação incidente no doente, com o objectivo de medir a taxa de dose de exposição na superfície de entrada da pele. A radiação dispersa foi avaliada para as posições de cirurgião, ajudante, anestesista e enfermeira instrumentista. As distâncias do centro do fantoma ao monitor de radiação dispersa são de 50, 80, 80 e 100 cm respectivamente. Para cada posição foi medida a taxa de dose de exposição aos 24, 50, 75, 100, 120, 150 e 165 cm de altura ao solo. Para estas determinações correspondem as distâncias de 75 cm e de 165 cm, à posição das gónadas e do cristalino, respectivamente, num adulto com 170 cm de altura. A avaliação foi feita com o monitor

de radiação portátil RaySafe Xi Survey Detector com incerteza na medição da taxa de dose até 10%. O registo da dose foi efectuado em folha de cálculo Excel, através de software informático próprio que conecta o detector a um computador portátil. Os modos de fluoroscopia avaliados foram a fluoroscopia pulsada a 4 qps, a subtração digital e o modo de roadmap. Para o cálculo do efeito dos meios de protecção individual foi utilizado uma espessura de 0,5 mm de protecção plumbífera para o avental e de 0,75 mm de protecção plumbífera para os óculos de protecção.

Resultados e Discussão

A análise dos dados recolhidos permitiu determinar a distribuição da radiação dispersa pela equipa assistente, constatando-se como nível máximo de radiação dispersa, a altura ao solo de 24 cm e de 120 cm, a que correspondem num adulto com 170 cm à altura calculada para as pernas e para o tórax. Se considerarmos a taxa de dose de exposição à radiação dispersa aos 100 cm de altura como 100%, no modo de fluoroscopia 4 qps, aos 24 cm e aos 120 cm, constatamos valores quase duplicados de exposição, com 182% e 170% respectivamente (fig. 1). Com a utilização de meios de protecção individual como o avental plumbífero com 0,5 mm de Pb e óculos de protecção com 0,75 mm de Pb, os valores descem para 2,3% aos 120 cm e 0,3% aos 165 cm, ao nível do cristalino.

A distribuição da radiação incidente no doente que dispersa pela equipa, durante o modo de Fluoroscopia a 4 qps, traduz valores de exposição com 0,39% para o cirurgião, 0,26% para o cirurgião ajudante, 0,17% para o anestesista e 0,11% para a enfermeira instrumentista. No modo de subtração digital ou roadmap a distribuição é de 0,47% para o cirurgião, 0,32% para o cirurgião ajudante, 0,21% para o anestesista, e 0,13% para a enfermeira instrumentista (fig. 2). Embora as percentagens de distribuição se mantenham sensivelmente

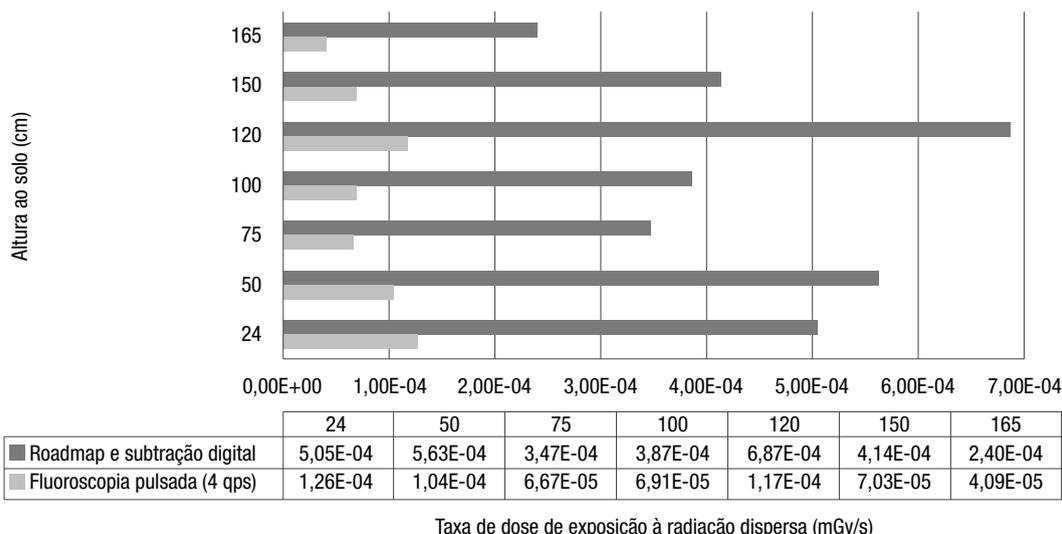


Figura 1 Taxas de dose de exposição à radiação dispersa, em função da altura e do modo de fluoroscopia sem magnificação electrónica, para a posição do cirurgião.

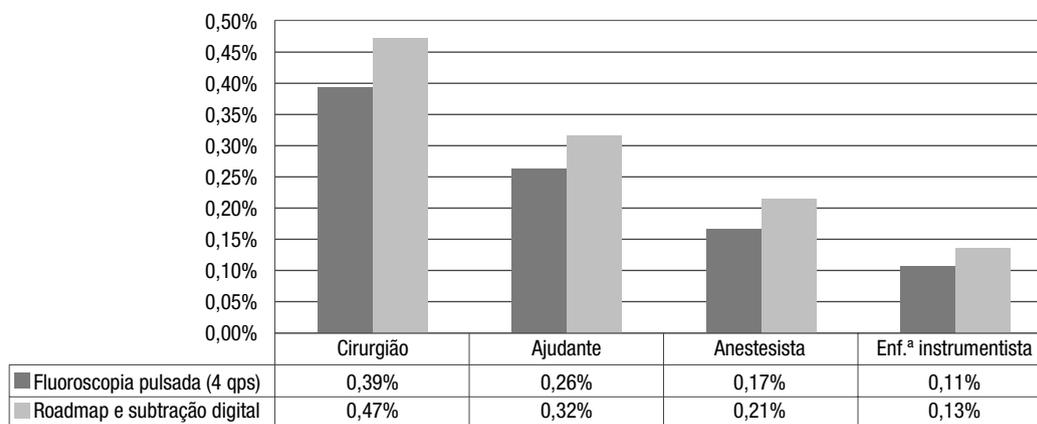


Figura 2 Distribuição da exposição à radiação dispersa pela equipa, no plano a 120 cm da altura, em relação à taxa de dose de exposição na superfície de entrada da pele do doente em modo de fluoroscopia pulsada a 4 qps ($2,99E-02$ mGy/s – 100%), em roadmap e subtração digital ($1,46E-01$ mGy/s – 100%).

sobreponíveis nos dois modos de fluoroscopia, a apreciação dos valores de taxa de dose de exposição revelam que esta é cerca de cinco vezes superior quando são utilizados os modos de Roadmap e subtração digital, com conseqüente aumento proporcional da exposição por cada elemento da equipa. Também é de notar que, embora o cirurgião ajudante e o anestesista se encontrem à mesma distância relativamente ao centro do fantoma, as suas doses de exposição diferem. Este fato pode dever-se à assimetria do nosso dispositivo experimental tendo em conta o alinhamento do feixe de raios X com o fantoma, ou ainda, devido ao efeito anódico presente na ampola de raios X.

A magnificação electrónica, disponível em três modos de intensidade no aparelho utilizado, permite a ampliação da imagem e é cada vez mais útil à medida que o tratamento endovascular envolve vasos de menor calibre. Com a análise

dos dados constatou-se uma diminuição progressiva da exposição à radiação dispersa em função do aumento da magnificação electrónica. No modo de fluoroscopia pulsada a 120 cm, com magnificação de Mag 1, 2 e 3, as taxas de dose de exposição são de 77%, 61% e 43%, respectivamente, do obtido para a mesma altura sem magnificação em modo de fluoroscopia 4 qps (fig. 3). Inversamente a exposição à superfície de entrada do doente aumenta cerca de três vezes na fluoroscopia 4 qps e cerca de duas vezes na subtração digital e roadmap, com a utilização de magnificação Mag3, quando comparada ao mesmo modo de fluoroscopia, sem magnificação (fig. 4).

Se assumirmos que durante um ano o cirurgião realiza cerca de 100 procedimentos endovasculares, com 25 minutos de fluoroscopia cada, 80% da qual em modo fluoroscopia 4 qps e 20% em modo de subtração digital, a sua dose anual

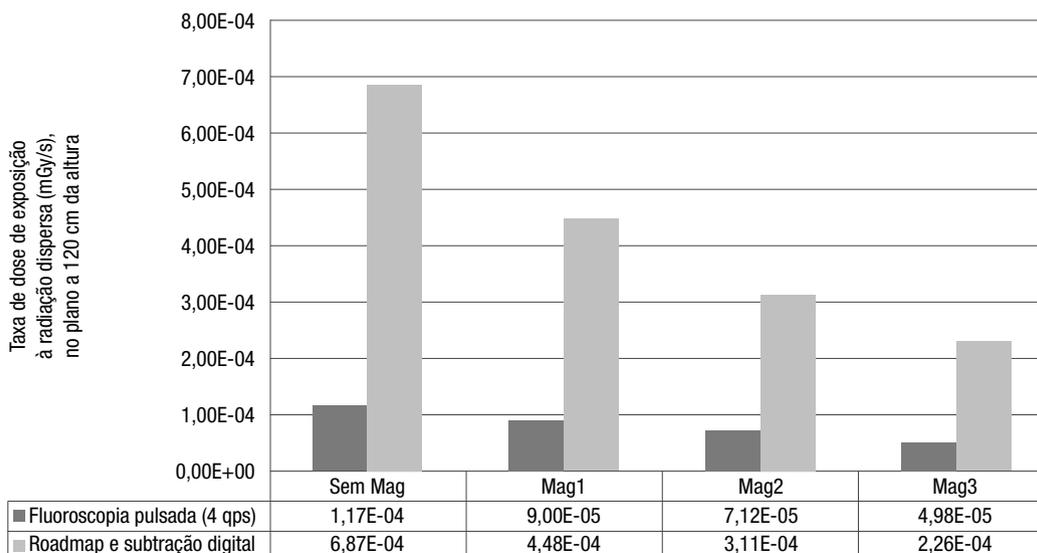


Figura 3 Taxa de dose de exposição à radiação dispersa pelo cirurgião, no plano a 120 cm da altura, em função da magnificação electrónica e modo de fluoroscopia.

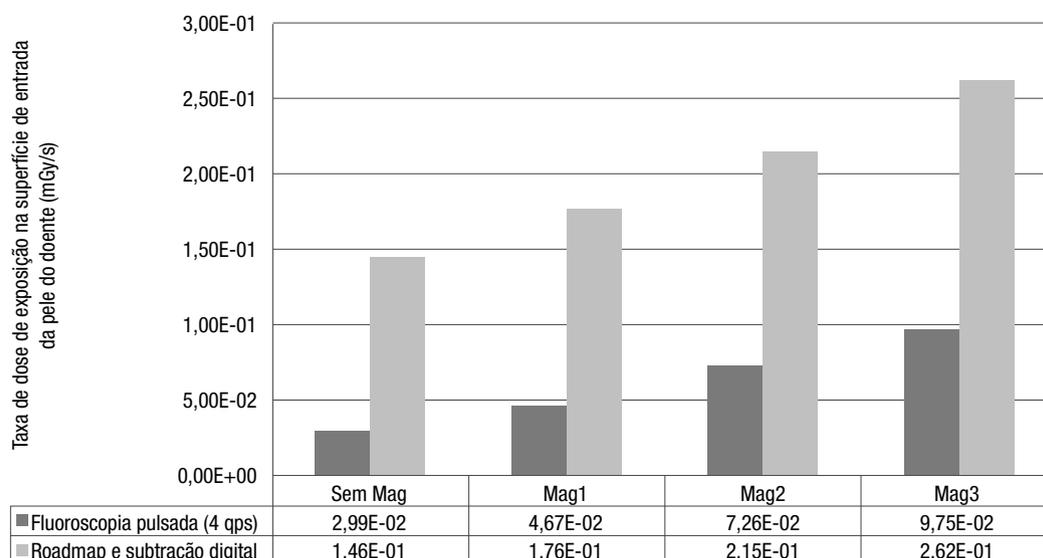


Figura 4 Taxa de dose de exposição na superfície de entrada da pele do doente (mGy/s) em função do nível da magnificação electrónica e do modo de fluoroscopia.

de corpo inteiro devido à exposição à radiação dispersa, sem protecção individual, é estimada em 34,6 mGy. A dose equivalente anual no cristalino sem óculos de protecção seria estimada em 12,1 mGy.

Com base na lei do inverso do quadrado da distância é possível estimar a dose de exposição acumulada na mão, ao longo dos mesmos procedimentos. Embora esta lei não seja respeitada para fontes dispersas de radiação a curtas distâncias, esta permite obter um valor subestimado da exposição. Definindo uma distância de 15 cm da mão ao centro do volume de exposição do doente, estima-se a sua dose anual de exposição à radiação dispersa na mão em 384,4 mGy.

Conclusões

A utilização prolongada de radiação tem efeitos nefastos comprovados na saúde. A percepção do risco pode influenciar o comportamento na utilização dos aparelhos de radioscopia e de protecção individual. Segundo as recomendações da International Commission on Radiation Protection^{2,3} os limites de dose equivalente para o cristalino e para as mãos são de 20 mSv/ano e de 500 mSv/ano, respetivamente.

Ainda segundo estas recomendações, a avaliação anual do dosímetro de corpo inteiro permite uma dose efetiva de 6 mSv/ano para o trabalhador categoria B e de 20 mSv/ano para o trabalhador categoria A.

Da análise dos resultados obtidos determinou-se que, globalmente, os valores de exposição à radiação dispersa pela equipa são aceitáveis e diminutos se forem utilizados meios de protecção individual. Em maior risco determinaram-se as extremidades inferiores, fruto da ausência de cortinas de chumbo na marquês, as mãos pela proximidade à ampola e ao campo de exposição e o cristalino, pela ausência frequente de utilização de óculos de protecção com chumbo. Efectuaram-se cálculos, tendo em conta hipotéticos modos

conjugados de fluoroscopia, variação da duração e do número de procedimentos. Os valores de dose de exposição registados encontram-se dentro dos parâmetros aceitáveis, para uma utilização regular, semelhante à que é usual nos serviços de Cirurgia Vascular.

A dose na mão do cirurgião não foi determinada, por se tratar de um elemento móvel durante a cirurgia, cuja dose de exposição à radiação pode ser avaliada com maior precisão através de um dosímetro de extremidade. Contudo a simulação apresentada permite inferir que é um órgão alvo de dose de radiação não desprezível, sobretudo em procedimentos longos e que requerem proximidade do campo de exposição do doente, podendo em casos extremos, atingir o limite de dose anual aceitável de radiação. A utilização de luvas com protecção de chumbo permite uma redução significativa do risco.

O cérebro, enquanto órgão não protegido da radiação, continua sob investigação, preocupações recentes foram levantadas quanto ao risco de aparecimento de tumores cerebrais em profissionais com elevada exposição à radiação durante procedimento endovasculares⁴.

Se em relação à equipa cirúrgica o risco pode ser minimizado com a utilização de meios de protecção radiológica, especial preocupação deve ser tida com o doente.

Procedimentos prolongados, com utilização de magnificação electrónica ou de subtração digital e roadmap, podem condicionar queimaduras na pele do doente⁵.

Como meio para diminuir a quantidade de radiação incidente no doente e consequente radiação dispersa, preconiza-se a aproximação do intensificador de imagem ao doente e o controlo eficaz do tempo, modo de fluoroscopia e magnificação.

Só uma monitorização dos valores de radiação e da adequação dos meios de protecção radiológica pode permitir condições de segurança para a equipa médica e para o doente.

Os autores reconhecem como limitação do estudo o fato das doses avaliadas de radiação dispersa se referirem a

posições estáticas da equipa assistente e por conseguinte estarem subvalorizadas se ocorrer aproximação do elemento à ampola de raio X. A utilização da ampola durante procedimentos endovasculares em doentes produzirá doses de radiação dispersa variáveis consoante o tipo de tecidos ou órgãos envolvidos, que podem divergir dos valores obtidos com a utilização de um fantoma.

Deve ser reconhecida que a utilização de magnificação electrónica e de modos de subtração digital e roadmap aumentam consideravelmente a taxa de dose de radiação incidente no doente. A ampliação da imagem, recorrendo à magnificação electrónica, aumenta a taxa de dose de exposição na superfície de entrada da pele do doente e reduz a radiação dispersa pela equipa assistente. Sempre que possível, deve ser dada preferência à utilização da fluoroscopia pulsada pois permite reduzir a taxa de dose de exposição na superfície de entrada da pele do doente e consequentemente a radiação dispersa pela equipa assistente.

Bibliografia

1. Brown KR, Rzucidlo E. Acute and chronic radiation injury. *J Vasc Surg.* 2011;53:15S-21S.
2. Alexakhin RM, Cousins C, Gonzalez AJ, Menzel H, Pentreath RJ, Shandala N et al. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication. *Ann ICRP.* 2007;372-4.
3. Stewart FA, Akleyev AV, Hauer-Jensen M, Hendry JH, Kleiman NJ, MacVittie TH et al. ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context ICRP. ICRP Publication 118. *Ann ICRP.* 2012;41.
4. Roguin A, Goldstein J, Bar O. Brain tumours among interventional cardiologists: a cause for alarm? Report of four new cases from two cities and a review of the literature. *EuroIntervention.* 2012;7:1081-6.
5. Vlietstra RE, Wagner LK, Koenig TR, Mettler FA. Radiation burns as a severe complication of fluoroscopically guided cardiological interventions. *J Int Cardiol.* 2004;17:131-42.