

Avaliação do perfil dosimétrico do setor de hemodinâmica

Hemodynamics sector's dosimetric profile evaluation

Luciano de Oliveira Santos¹, Erik Lima¹, Felipe Favaro Capeleti¹, Rafael Eidi Goto¹,
Homero José de Farias e Melo¹, Leandro Nobeschi¹

Resumo

Introdução: Os avanços tecnológicos das últimas décadas permitiram que a cardiologia intervencionista se expandisse visivelmente propiciando o diagnóstico e terapêutica de cardiopatias através de procedimentos médicos pouco invasivos guiados por imagens radiológicas de escopia. Devido à necessidade de aproximação ao paciente e ao tubo de raios-X durante todo o procedimento existe um risco potencial para o aumento da dose nos IOEs. **Objetivo:** Traçar o perfil dosimétrico da sala de hemodinâmica durante um procedimento padrão utilizando-se medidores de alta precisão. **Método:** A dosagem de radiação foi realizada no serviço de Hemodinâmica da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo que utiliza um equipamento modelo MAVIG INNOVA IGS 5 da marca General Electric-GE e no Hospital Santa Isabel, que utiliza um equipamento modelo ALLURA XPER FD 20 da marca PHILIPS. A medição consistiu em observar alterações na dose acumulada principalmente nos pontos em que se concentram os profissionais durante os procedimentos, quando da interposição de barreira plumbífera através da distribuição da dose nestes pontos. **Resultados:** O estudo mostrou que a dose pode ser reduzida em até 90% com a interposição da barreira plumbífera de proteção. Foi possível observar a redução de 75% da dose ao aplicarmos a lei do inverso do quadrado da distância nos principais pontos estudados. **Conclusão:** O uso de aparatos de proteção proporcionou diminuir a alta taxa de dose e a probabilidade de ocorrência dos efeitos biológicos da radiação ionizante.

Palavras-chave: Hemodinâmica, Exposição ocupacional, Proteção radiológica, Raios X, Radiologia intervencionista

Abstract

Introduction: The technological advances of the last decade allowed the interventional cardiology to expand visibly providing the diagnostic and therapeutic of cardiopathies through less invasive medical procedures guided by radiological images of endoscopy. Due to the need for the presence of the patient and the x-ray tube during all the procedure a potential risk exist in the increase of the dose for the Occupational Exposed Individual (IOEs). **Objective:** Trace a dosimetric profile of the hemodynamic room during the standard procedure using measuring equipments of high precision. **Method:** Radiation dosing was performed at the Hemodynamics Service of Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, which uses a MAVIG INNOVA IGS 5 model equipment from General Electric-GE and at Hospital Santa Isabel, which uses an ALLURA XPER FD 20 model equipment. PHILIPS brand. The measurement consisted of observing changes in the accumulated dose, mainly in the points where the professionals are concentrated during the procedures, when the lead barrier is interposed through the dose distribution in these points. **Results:** The study showed that the dose can be reduced by up to 90% with the interposition of the protective lead barrier. It was possible to observe a 75% reduction in the dose when applying the inverse law of the square of the distance in the main points studied. **Conclusion:** The use of protective devices has reduced the high dose rate and the likelihood of the biological effects of ionizing radiation.

Keywords: Hemodynamics, Occupational exposure, X rays, Radiation protection, Radiology Interventional.

Introdução

A Radiologia Intervencionista (RI) compreende procedimentos diagnósticos e terapêuticos minimamente invasivos realizados por acesso percutâneo, geralmente com anestesia local ou sedação. São guiados através de imagens fluoroscópicas, localizando lesões vasculares e realizando seus respectivos tratamentos. A fluoroscopia proporciona uma imagem em movimento, em tempo real, permitindo sua aplicação em exames nos quais se deseja obter imagens dinâmicas de estruturas e funções do organismo^(1-2,4)

1. Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo. Cursos de Graduação em Tecnologia em Radiologia e Sistemas Biomédicos. São Paulo – SP - Brasil

Trabalho realizado: Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo. Cursos de Graduação em Tecnologia em Radiologia e Sistemas Biomédicos. São Paulo – SP - Brasil

Endereço para correspondência: Leandro Nobeschi.

Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, Diretoria de Cursos Tecnológicos – São Paulo. Rua Dr. Cesário Mota Jr, 61 – 11º andar – Vila Buarque – São Paulo – SP – Brasil. E-mail: leandro.nobeschi@fcmasantacasasp.edu.br

Os avanços tecnológicos das últimas décadas permitiram que a Cardiologia intervencionista se expandisse visivelmente, propiciando o diagnóstico e a terapêutica de cardiopatias através de procedimentos médicos pouco invasivos; para tal, utiliza-se o método de cateterismo, prática que consiste na inserção de finos cateteres na dinâmica circulatória, possibilitando assim o diagnóstico por injeção do meio de contraste radiológico. Permite também tratar isquemias coronárias pela desobstrução mecânica do vaso (Angioplastia, ACP) bem como a introdução de dispositivos, chamados de *stents* que impedem a re-estenose (estreitamento recorrente da artéria desobstruída). Outros procedimentos diagnósticos e terapêuticos realizados são: ventriculografia, aortografia, arteriografia pulmonar, biópsia endocárdica, estudos de cardiopatia valvular, valvuloplastia pulmonar, colocação de marca-passo, entre outros^(1-3,9).

Entre os benefícios da RI e da Hemodinâmica podemos citar: técnicas minimamente invasivas segura e altamente eficazes, rápido reestabelecimento do paciente, cortes cirúrgicos de pequena extensão, diminuição da probabilidade de infecções, redução do tempo de internação e a diminuição dos custos hospitalares⁽¹⁻²⁾.

Por outro lado, existe um risco potencial para o aumento da dose em profissionais que atuam nesta área, principalmente devido à necessidade de aproximação ao paciente e, conseqüentemente, do tubo de raios X durante o procedimento. Outros fatores podem modificar o risco de radiação para a equipe, como a altura do profissional, o local de posicionamento na sala, a posição do tubo em relação à mesa e ao paciente, o uso adequado de vestimentas e anteparos de proteção radiológica e principalmente o tempo total ao qual a equipe foi exposta^(1,3).

Para minimizar essa alta taxa de dose e diminuir a probabilidade de ocorrência dos efeitos biológicos da radiação ionizante, todos os profissionais envolvidos devem portar os aparatos de proteção radiológica durante todo o procedimento, que incluem: aventais de chumbo, protetor de tireoide, luvas e óculos plumbíferos, vidros de chumbo de 0.5mm para proteção, e dosímetros para monitorização individual. A ICRP – Comissão Internacional de Proteção Radiológica recomenda ainda que sejam usados dois dosímetros na altura do tórax, sendo um sobre as proteções e outro por baixo destas; desta maneira, será proporcionada uma estimativa mais segura das doses recebidas pelos profissionais^(1-2,4,10).

O uso de todos esses equipamentos de proteção é indispensável e se faz de extrema importância na prática da radiologia, uma vez que o uso dos aventais podem reduzir em até 50% a dose dos profissionais, e o uso dos óculos podem evitar o surgimento da catarata; dosímetros adicionais ainda podem ser utilizados próximos as extremidades, pescoço e cabeça, afim de fazer a leitura de dose no cristalino, tireoide e extremidades⁽¹⁻⁵⁾. É importante ainda, haver um comprometimento dos profissionais de saúde e da instituição para que sejam seguidos os padrões de proteção e segurança estabelecidos pelos órgãos reguladores^(1-2,4,10)

Em todas as modalidades que envolvam o uso da radiação ionizante, seja ela no radiodiagnóstico ou na radiologia terapêutica, há grandes riscos biológicos associados, que são classificados em efeitos determinísticos e efeitos estocásticos. O primeiro necessita de um limiar de dose para ocorrer, ou seja, os efeitos só surgem acima de certa dose estipulada; quanto maior a dose, maior o efeito, surgindo pouco tempo após atingir esse limiar. Já o segundo, pode ocorrer com qualquer dose, não existindo assim, um limiar preconizado; os efeitos são sempre tardios e a gravidade não depende da dose, mas a probabilidade de sua ocorrência aumenta com ela. As exposições dos profissionais no setor de Hemodinâmica, estão associadas a ocorrência dos efeitos determinísticos, sendo a tireoide e o cristalino exemplos de órgãos sob risco de surgimento destes efeitos⁽⁷⁻¹¹⁾.

A ICRP estabelece ainda que nenhuma prática deve ser adotada com radiação ionizante, a menos que seus benefícios sejam superiores aos detrimientos causados por ela. Dessa maneira as técnicas envolvendo sua utilização devem ser otimizadas para que as doses ocupacionais recebidas devam ser “tão baixas quanto razoavelmente exequíveis”, conhecido como princípio ALARA – “As Low As Reasonably Achievable”, mas, compatíveis com os propósitos diagnósticos⁽⁴⁻⁶⁾.

A CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear preconiza através da norma CNEN NN 3.01 que a exposição normal dos indivíduos deve ser restringida de tal modo que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse, causadas pela possível combinação de exposições originadas por práticas autorizadas, excedam o limite de dose especificado na Tabela 1, salvo em circunstâncias especiais autorizadas pela mesma⁽⁸⁾.

O objetivo do nosso trabalho é traçar um perfil dosimétrico através de simulação, utilizando-se medidores de alta precisão para quantificação das doses. A medição será feita principalmente nos pontos em que geralmente se concentram os profissionais de saúde durante os procedimentos de Hemodinâmica, buscando-se observar se houve ou não redução de dose utilizando-se a interposição de barreira plumbífera e descrevendo como se distribuiu a dose nestes pontos.

Método

A avaliação foi desenvolvida no serviço de Hemodinâmica da Unidade Estratégica de Diagnóstico por Imagem da Irmandade de Santa Casa de Misericórdia de São Paulo e no Hospital Santa Isabel que utilizam um equipamento modelo MAVIG INNOVA IGS 5 da marca General Electric-GE e um equipamento modelo ALLURA XPER FD 20 da marca PHILIPS, respectivamente.

Os instrumentos utilizados para coleta de dados foram: câmara de ionização de 1.800 cm³ e monitor de radiação modelo Accu-Pro da marca Radcal; trena, tabela e proto-

Tabela 1

Limites de Dose Anuais preconizados pela CNEN.^[a]

Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto (IEOs)	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv ^[b]	1 mSv ^[c]
	Cristalino	20 mSv ^[b] (alterado pela resolução CNEN 114/2011).	15 mSv
Dose equivalente	Pele ^[d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	-----

[a] Para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano. [b] Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano. [c] Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano (alterado pela resolução CNEN 114/2011). [d] Valor médio em 1cm² de área, na região mais irradiada.

colos para coleta. Para espalhamento do feixe primário de radiação do primeiro equipamento foram utilizadas cinco placas de acrílico de 2 cm cada, 0,2 cm de cobre e espumas com 5 cm para apoiar as placas, totalizando 15,2 cm de espessura; para espalhamento do segundo equipamento foram utilizadas dez placas de acrílico de 2 cm cada, totalizando 20 cm de espessura.

Para os testes feitos no equipamento GE, foi escolhido o modo “Cardíaco – Cardíaco 1” na interface do sistema, usando-se os parâmetros selecionados automaticamente pelo aparelho através do CAE - Controle Automático de Exposição para um paciente de 15,2 cm mantendo-se o campo (magnificação) constante em 32 cm. Para as projeções e angulações do arco em C foi levado em consideração a posição rotineira que o médico utiliza durante os procedimentos de Hemodinâmica indicada por (A) como mostra a figura 1, estando a 1m de distância do centro do espalhador, onde o mesmo foi posicionado da mesma maneira que um paciente para a realização do procedimento de hemodinâmica como mostra a figura 2. A altura da mesa foi de 92 cm em relação ao piso. Todas as exposições foram feitas em modo de dose Normal com 15 FP/s.



Figura 1 - Esquema das medidas realizadas na sala de Hemodinâmica da Santa Casa. (A) A câmara está localizada a 1 metro do centro do espalhador primário de radiação.

As projeções com os respectivos parâmetros técnicos para o equipamento GE, selecionados automaticamente para um paciente normal de 15,2 cm de espessura estão descritas a seguir:



Figura 2 - Distância do centro do simulador até a posição da câmara de ionização, 1 metro.

- I. Em 0° – 63 kV e 13.4 mA (figura 3a).
- II. Em 30° – 62 kV e 11.8 mA (figura 3b).
- III. Em 50° - 71 kV e 15.5 mA (figura 3c).
- IV. Em -30°– 66 kV e 15.6 mA (figura 3d).
- V. Em -50° – 72 kV e 15.6 mA

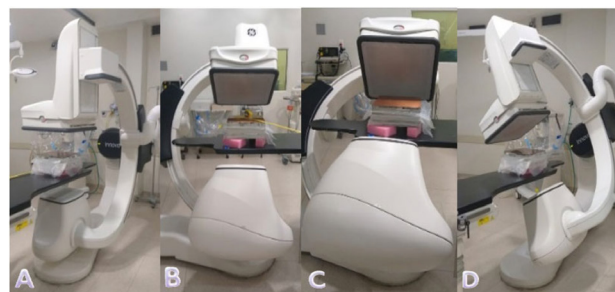


Figura 3. (a) Arco C em 0°, (b) 30°, (c) 50°, (d) -30°.

A câmara foi posicionada no ponto (A) na altura do abdome de uma pessoa de estatura mediana como mostra figura 4.

As medições foram efetuadas seguindo o roteiro descrito abaixo:

- a) A câmara de ionização foi posicionada no ponto de medida (A);
- b) Realizou-se uma exposição em modo normal anotando-se as leituras e os parâmetros técnicos (kV e mA) no formulário de coleta para o equipamento GE, na projeção I.



Figura 4. Visão geral do posicionamento dos materiais. Câmara de ionização (A), simulador de acrílico (B), barreira plumbífera de proteção (C).

- c) Repetiu-se o passo b) para as outras quatro projeções.
- d) Em seguida, o teste foi efetuado interpondo a barreira plumbífera de proteção com equivalência a 0,5 mm de chumbo, próximo ao espalhamento primário de radiação como mostra a figura 4. As leituras com a câmara de ionização foram tomadas em taxa de kerma no ar.

Para os testes feitos no equipamento da Philips, foi escolhido o modo “Cardíaco” na interface do aparelho, usando-se os parâmetros selecionados automaticamente através do CAE para um paciente de 20 cm de espessura. Para todas as análises a altura da mesa em relação ao piso foi de 90 cm; buscou-se posicionar o tubo da mesma maneira utilizada durante os procedimentos de Hemodinâmica, geralmente de Cateterismo cardíaco, conforme pesquisado com técnicos em Radiologia que atuam no setor. Para todas as análises foi levado em consideração a posição rotineira que o médico utiliza durante os procedimentos, ficando a 1 metro de distância do centro do espalhador, indicada por (W) na figura 5.



Figura 5. Foto da Sala de Hemodinâmica estudada do Hospital Santa Isabel, onde (W) refere-se ao ponto que geralmente o médico se concentra durante os procedimentos.

Para as medições no equipamento Philips do Hospital Santa Isabel, o campo foi fixado em 48cm e o modo de dose

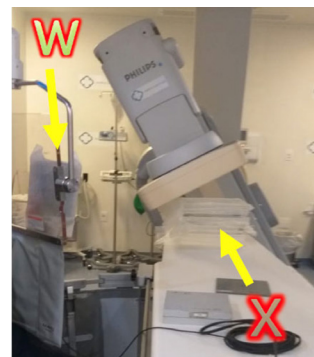


Figura 6. Visão geral do posicionamento dos materiais mostrando a câmara de ionização (W) a frente do visor plumbífero e o simulador de acrílico (X) para espalhamento do feixe primário de radiação.

no Normal 15 FP/s; a câmara de ionização foi posicionada no ponto (W) na altura do abdome de uma pessoa de estatura mediana como mostra figura 6. Foram feitas angulações no tubo de 0°, 15°, 30°, 45°, -15°, -30° e -45°, a fim de verificar sua influência nas doses em projeções feitas comumente para o procedimento de cateterismo cardíaco, conforme mostram as figuras 7 e 8.

Realizou-se as exposições e os valores obtidos foram anotados no formulário de coleta do equipamento Philips. As projeções com os respectivos parâmetros selecionados automaticamente para um paciente de 20 cm de espessura estão descritas a seguir:

- I. Em 0° – 68 kV e 6.6 mA (figura 7a).
- II. Em 15° – 69 kV e 7.3 mA (figura 7b).
- III. Em 30° – 73 kV e 8.3 mA (figura 7c).
- IV. Em 45° – 82 kV e 9 mA (figura 7d).
- V. Em -15° – 69 kV e 7.2 mA (figura 8e).
- VI. Em -30° – 73 kV e 8.1 mA (figura 8f).
- VII. Em -45° – 77 kV e 8.8 mA (figura 8g).

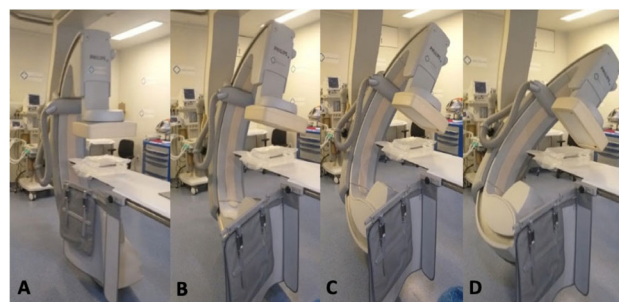


Figura 7. (a) Arco C em 0°, (b) em 15°, (c) em 30°, (d) em 45°.

As medições foram efetuadas seguindo o roteiro descrito abaixo:

- a) A câmara de ionização foi posicionada no ponto de medida (W);
- b) Realizou-se uma exposição em modo normal anotando-se as leituras e os parâmetros técnicos (kV e mA) no formulário, na projeção I.

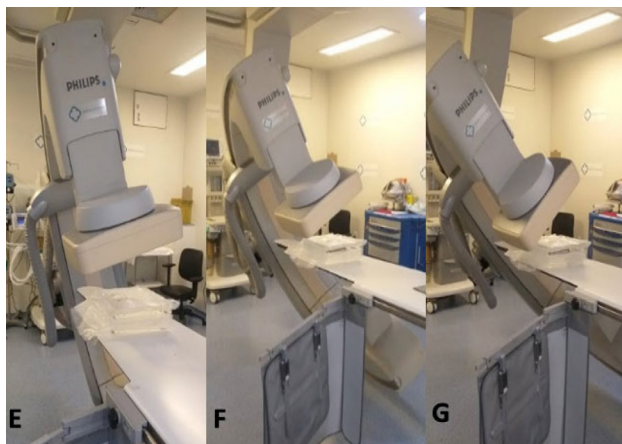


Figura 8. (e) Arco C em -15°, (f) em -30°, (g) em -45°.

- c) Repetiu-se para as outras seis projeções.
- d) As leituras com a câmara de ionização foram tomadas em taxa de kerma no ar. Neste estudo não foi feito o uso de barreira plumbífera, e todas as angulações propostas tanto no primeiro quanto no segundo equipamento são estimativas e as mais comumente observadas, uma vez que dependendo da complexidade de cada caso, podem haver mudanças no protocolo de procedimento.

Após efetuado todas as coletas para os pontos (A) e (W), foram tomadas medidas até os pontos (B), (C) e (D); (X), (Y) e (Z), como mostram as figuras 9 e 10. Esses são os principais pontos onde geralmente se concentram os outros profissionais de saúde envolvidos nos procedimentos, como a equipe de enfermagem e o médico anestesiológista; as distâncias foram tomadas a partir dos pontos (A) e (W) como referência. Aplicando a lei do inverso do quadrado da distância, foi possível obter o gráfico de estimativa de dose recebida pelos pontos (B), (C), (D), (X), (Y) e (Z).

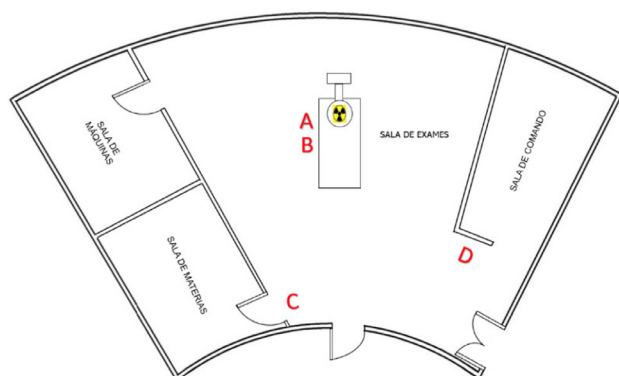


Figura 9. Representação do layout da sala de Hemodinâmica da Santa Casa com a sinalização dos pontos medidos.

A tabela 2 resume de forma simplificada a distância de cada ponto nos dois equipamentos.

Os valores de dose obtidos foram planilhados e o gráfico do perfil de distribuição dosimétrica na sala foi

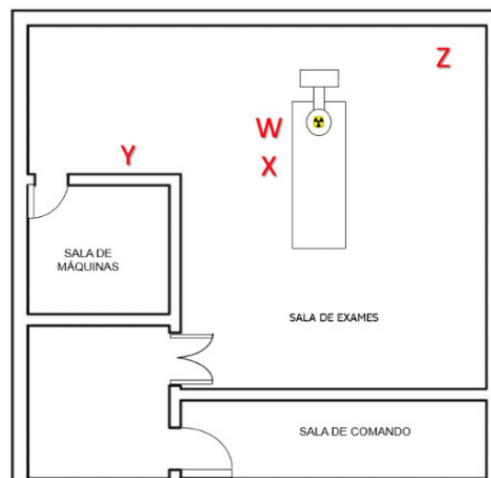


Figura 10. Representação do layout da sala de Hemodinâmica do Hospital Santa Isabel com a sinalização dos pontos medidos.

Tabela 2

Distância de cada ponto de medição da sala em relação a (A) e (W)

GE Allura		Philips FD 20	
Ponto	Distância	Ponto	Distância
B	1 m	X	1 m
C	3 m	Y	2 m
D	4 m	Z	3 m

obtido através da ferramenta Microsoft Excel. Nenhum pesquisador foi submetido a doses de radiação, uma vez que o posicionamento dos materiais foi feito em etapa anterior ao processo de irradiação e os dados foram coletados na estação de trabalho, protegido através de blindagens. O projeto para desenvolvimento do trabalho foi encaminhado e avaliado pelo IPITEC - Instituto de Pesquisa, Inovação Tecnológica e Educação da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo e pela Comissão Científica da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, onde obtivemos a autorização de ambas instituições para coleta dos dados; uma vez que a pesquisa não envolve seres humanos e nem animais, não foi necessária a submissão via Plataforma Brasil.

Resultados

A Tabela 3 apresenta os resultados em termos de taxa de dose em mGy/min no ponto (A) para cada projeção, com média e desvio padrão. A Tabela 4 descreve as estimativas de dose para profissionais nos pontos (B), (C) e (D) a partir do ponto (A), aplicando-se a lei do inverso do quadrado da distância.

A tabela 5 mostra os resultados em termos de taxa de dose em mGy/min no ponto (W) para cada projeção, apresentando a média e desvio padrão. A tabela 6 descreve as estimativas de dose para profissionais nos pontos (X), (Y)

Tabela 3

Doses medidas no ponto (A) com as diferentes angulações - MAVIG INNOVA IGS 5 General Electric-GE

Projeção	Sem barreira de proteção					Com barreira de proteção				
	Dose em mGy/min			Média	Desvio padrão	Dose em mGy/min			Média	Desvio padrão
I 0°	12,2	12,4	12,34	12,31	0,083	0,18	0,16	0,17	0,17	0,008
II 30°	23,3	22,9	23,2	23,13	0,169	0,45	0,48	0,47	0,47	0,012
III 50°	50,5	50,2	49,8	50,17	0,286	0,58	0,59	0,57	0,58	0,008
IV (-30°)	19,5	19,48	19,18	19,39	0,146	0,27	0,28	0,29	0,28	0,008
V (-50°)	25,8	25,75	25,11	25,55	0,314	0,58	0,57	0,55	0,57	0,012

Tabela 4

Estimativa de dose em mGy/min para os pontos (B), (C) e (D) onde geralmente se concentram os profissionais de enfermagem e o médico anestesiológico.

Projeção	PONTO B - (1m)		PONTO C - (3m)		PONTO D - (4m)	
	Sem interposição	Com interposição	Sem interposição	Com interposição	Sem interposição	Com interposição
I 0°	3,07	0,0425	0,19	0,0026	0,04	0,0006
II 30°	5,78	0,1175	0,36	0,0073	0,09	0,0018
III 50°	12,54	0,145	0,78	0,0090	0,19	0,0022
IV (-30°)	4,84	0,07	0,30	0,0043	0,07	0,0010
V (-50°)	6,38	0,1425	0,09	0,0089	0,09	0,0022

Tabela 5

Doses medidas no ponto (W) com as diferentes angulações ALLURA XPER FD 20 PHILIPS

Projeção	Sem barreira de proteção				
	Dose em mGy/min		Média	Desvio padrão	
I 0°	10,73	10,81	10,8	10,78	0,0355
II 15°	16,25	16,23	16,39	16,29	0,071
III 30°	29,11	29,13	29,33	29,19	0,099
IV 45°	47,56	47,32	47,31	47,39	0,115
V (-15°)	11,78	11,96	11,9	11,88	0,074
VI (-30°)	14,43	14,46	14,42	14,43	0,016
VII (-45°)	19,59	19,64	19,39	19,54	0,108

e (Z) a partir do ponto (W), aplicando-se a lei do inverso do quadrado da distância.

Discussão

Na tabela 3 é possível observar que quando o tubo de raios X ocupa a angulação de 50° sua dose é de 50,17 mGy/min no ponto (A), a mais alta comparado a outras posições, sem a utilização de barreira plumbífera. Ao interpor a proteção com 0,5 mm de chumbo, essa dose cai para cerca de 0,58 mGy/min nas mesmas condições, uma redução em quase 100% do total da dose. Quando observamos a projeção I (angulação em 0°), conseguimos analisar que ela propicia quase ¼ da dose na projeção III: cerca de 12,31

mGy/min mesmo sem os aparatos de proteção radiológica; quando interposto a barreira plumbífera, essa dose reduz para 0,17 mGy/min.

Ao analisar a tabela 4 é possível estimar que a maior dose que o profissional ocupando o ponto (B) recebe é quando o tubo está em 50° na projeção III, sendo de 12,54 mGy/min sem a interposição, e 0,14 mGy/min com a interposição de barreira plumbífera. Se o profissional que estiver ocupando a posição (B) estiver a 2 metros do médico que está a 1 metro do centro do espalhador, essa dose cairia para 3,13 e 0,03 mGy/min sem e com o uso de barreira plumbífera. A menor dose que o profissional recebe é na projeção I, quando o tubo está em 0°, em torno de 3,07 mGy/min sem a interposição de barreira e 0,04 mGy/min com a

Tabela 6

Estimativa de dose em mGy/min para os pontos (X), (Y) e (Z) onde geralmente se concentram os profissionais de enfermagem e o médico anestesiológico.

Projeção	Sem a interposição de barreira plumbífera		
	PONTO X (1m)	PONTO Y (2m)	PONTO Z (3m)
I 0°	2,69	0,67	0,16
II 15°	4,07	1,01	0,25
III 30°	7,29	1,82	0,45
IV 45°	11,84	2,96	0,74
V (-15°)	2,97	0,74	0,18
VI (-30°)	3,60	0,90	0,22
VII (-50°)	4,88	1,22	0,30

interposição. Nota-se que na projeção II quando o tubo está a 30°, o profissional estaria recebendo 5,78 mGy/min sem o uso de barreira e 0,11 mGy/min com seu uso. Dobrando a distância para 2 metros do médico, o profissional estaria sujeito a receber 1,44 mGy/min e 0,02 mGy/min sem e com o uso de barreira.

O profissional posicionado em (C) a 3 metros de distância de (A), está propício a receber maiores doses quando o tubo está angulado em 30° e 50°, com valores de 0,36 e 0,78 mGy/min sem barreira e 0,0073 e 0,0090 mGy/min com a interposição. Neste ponto observa-se uma queda brusca de dose em comparação com (B), isso se dá principalmente devido a distância tomada do centro do espalhador do feixe primário. Diferente de (B) a projeção -50° é a que propicia menos dose para o ponto (C) ficando em torno de 0,09 mGy/min sem interposição de barreira e ficando abaixo de zero ao interpor a proteção.

Quando analisamos o ponto (D), que está a 4 metros de (A) chegamos à conclusão de que houve ainda mais redução das doses em quase todas as projeções com e sem a interposição da barreira plumbífera. A projeção III, com angulação do tubo em 50° é a que propicia maior dose, cerca de 0,19 mGy/min, isso devido ao feixe estar incidindo de forma pósterio-anterior no espalhamento primário de radiação como mostrado na figura 3-c.

Scremin et al.^[11] desenvolveram uma pesquisa voltada para a exposição ocupacional e demonstrou que o uso de uma barreira protetora plumbífera equivalente a 0,5 mm de chumbo, na forma de cortina, reduz em até 90% a dose recebida na região do tórax pelo médico durante um cateterismo cardíaco e, para a equipe de enfermagem, a redução pode chegar a 80%.

A tabela 5 refere-se aos testes feitos na Hemodinâmica do Hospital Santa Isabel no equipamento Philips Allura; através da descrição dos dados é possível observar que as angulações que propiciam maiores dose para o profissional que ocupa o ponto (W) são: 30°, 45° e -45°, com valores de 29.19, 47.39 e 19.54 mGy/min; chamando atenção para a

projeção de 45° com dose de 47,39 mGy/min a 1 metro de distância do centro do espalhador. Essa mesma dose chegaria a 11,84 mGy/min com distância de 2 metros sem o uso de barreira plumbífera. A menor dose coletada é quando o tubo se encontra a 0°, cerca de 10,78 mGy/min, que poderia ser facilmente alcançada em 2,69 mGy/min ao levarmos 2 metros de distância do centro do espalhador.

Ao analisarmos a tabela 6, é possível estimar que a maior dose que o profissional ocupando o ponto (X) recebe é quando o tubo se encontra na projeção IV a 45°, sendo de 11,84 mGy/min sem o uso de barreira; essa dose poderia chegar a 2,96 mGy/min caso o profissional estivesse a 2 metros de distância do ponto (W). As projeções que menos acarretam dose são a I e V (0° e -15°) com valores de dose em 2,69 e 2,97 mGy/min; dobrando as distâncias de ambas projeções, esses valores chegariam a 0,67 e 0,74 mGy/min, representando uma redução em mais de 70% mesmo sem o uso de barreira plumbífera.

Os valores de (Y) e (Z) podem ser comparados como uma decrescente de (X), principalmente devido suas distâncias, concluindo que o comportamento de posicionamento dentro da sala determina diferenças significativas nas doses recebidas, chegando a 11,84 mGy/min no ponto (X), 2,96 mGy/min no ponto (Y) e 0,74 mGy/min no ponto (Z) na projeção de 45°, mesmo sem a utilização de barreira plumbífera de proteção.

A radiação recebida pelos profissionais é relacionada principalmente, à radiação espalhada. Com a interposição da barreira plumbífera de 0.5 mm de chumbo, a dose é reduzida significativamente para o médico ocupando a distância de 1 metro do centro do espalhador primário de radiação. Para o restante dos profissionais essa redução também se mostrou consideravelmente alta, analisando que suas doses ficaram todas abaixo de zero. Vale ressaltar que a barreira plumbífera e saíote com equivalência de chumbo são utilizados pelo médico que está mais próximo da fonte de raios X e do espalhamento primário de radiação; mesmo sem o uso destes aparatos, os demais profissionais encontram-se em uma região de sombra, resultante da interposição do médico que está com os aparatos de radioproteção entre o paciente e a posição que ele assume na sala de procedimentos, fazendo com que a dose resultante em outros pontos se torne menor. Para os demais profissionais envolvidos nos procedimentos, se mostra a importância de adotar posicionamentos bem definidos dentro da sala.

A variação e mudança de ângulos durante os procedimentos de radiologia intervencionista, sobretudo, de cardiologia intervencionista, se tornam ainda mais necessários e de extrema importância para que sejam evitados possíveis danos de pele no paciente, como por exemplo o surgimento de eritemas e descamação, uma vez que a fonte de raios X esta contornando tecidos radiosensíveis.

Cascón^[12] diz que o estudo dos efeitos determinísticos se baseia na análise da distribuição espacial e temporal das doses sobre o tecido. Com uma dose única de 6 a 8 Gy, em

Tabela 7

Limites de dose e tempo de exposição para aparecimento dos efeitos determinísticos em pacientes. Adaptado^[12]

Efeitos	Dose limite (Gy)	Tempo de aparecimento	Minutos de fluoroscopia a taxa de dose de 0.02 Gy/min (20 mGy/min)	Minutos de fluoroscopia com taxa de dose de 0.2 Gy/min (200 mGy/min)
Eritema temporário transitório	2	2 – 24 h	100	10
Depilação temporária	3	Aprox. 3 semanas	150	15
Depilação permanente	7	Aprox. 3 semanas	350	35
Descamação seca	14	4 semanas	700	70
Ulceração secundária	24	6 semanas ou mais	1.200	120
Necrose	18	10 semanas	900	90

um campo de 5 cm², surge um eritema, que aumenta na primeira semana, mas desaparece progressivamente depois de 10 dias. Com o aumento da dose, a reação eritematosa chega a um máximo em 2 semanas e dura de 20 a 30 dias. No caso de doses ainda maiores, podem ocorrer a descamação seca ou úmida e, inclusive, a necrose. Esses efeitos estão associados aos efeitos determinísticos e o limiar de dose e tempos de exposição para seu aparecimento estão descritos na tabela 7.

Conclusão

Abordar a distribuição de dose na Hemodinâmica é pertinente e de suma importância para a proteção radiológica e segurança de todos os profissionais envolvidos; em todas as áreas que envolvam o uso da radiação ionizante, seja na radiologia terapêutica ou diagnóstica, deve-se estabelecer um rigoroso programa de controle de qualidade e um efetivo comprometimento dos profissionais e da instituição para que sejam seguidos os padrões de proteção e segurança, garantindo assim que, as doses individuais de profissionais (IOEs) e de indivíduos do público submetidos a procedimentos não ultrapassem os limites de doses anuais conforme preconiza a norma CNEN NN 3.01, Resolução 114/11. A formação e capacitação em radioproteção é fundamental para todos os profissionais envolvidos em procedimentos intervencionistas e para todos aqueles que façam uso das radiações ionizantes, é importante que tenham grande conhecimento e treinamento, não só na parte médica e técnica, como também nos conceitos de proteção radiológica, a fim de que se possa ser efetivamente aplicado os princípios básicos de proteção.

É necessário que se inclua todos os profissionais atuantes: médico, equipe de enfermagem, anestesologista e profissional das técnicas radiológicas nos programas de segurança e proteção radiológica, para que possam efetivamente estarem preparados para prática profissional e para melhor manuseio da fonte e do equipamento. O ensino em proteção e segurança radiológica devem fazer parte dos cursos de graduação e pós-graduação que irão atuar diretamente ou indiretamente com o uso das radiações ionizantes,

com isso, os futuros profissionais estarão mais preparados e sábios para atuar com segurança em sua rotina.

Referências

1. Canevaro L. Aspectos físicos e técnicos da radiologia intervencionista. Rev Bras Fís Méd. 2009; 3(1):101-15.
2. Bontrager KL, Lampignano JP. Tratado de posicionamento radiográfico e anatomia associada. 8ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2015. 666 p.
3. Canevaro L. Radiologia Intervencionista. [Internet]. [citado 2020 jul 12]. Disponível em: http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermedia/images/documentos/Radiologia_intervencionista.pdf Silva LP, Maurício MCL, Canevaro LV, Oliveira PS. Avaliação da exposição dos médicos à radiação em procedimentos hemodinâmicos intervencionistas. Radiol Bras. 2008; 41(5): 319-23.
4. Moura R, Bacchim N, Fernando A. Proteção radiológica aplicada à radiologia intervencionista. J Vasc Bras. 2015; 14(3):197-9.
5. Okuno E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. Est Avanç. 2013; 27(77):185-200.
6. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Norma CNEN NN 3.01, resolução 164/14, março de 2014. Diretrizes básicas de proteção radiológica. [Internet] 2014. [citado 2020 Jul 12]. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>.
7. Gronchi CC. Exposição ocupacional as radiações ionizantes nos serviços de hemodinâmica. Tese (Mestrado). São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN); 2014.
8. Arruda JA, Lemke VMG, Mariani Junior J, Barbosa AHP, Quadros AS, Pedra CAC, et al. Posicionamento da sociedade brasileira de cardiologia e da sociedade brasileira de hemodinâmica e cardiologia intervencionista sobre centro de treinamento e certificação profissional em hemodinâmica e cardiologia intervencionista. Arq Bras Cardiol. 2020; 114(1):137-93.
9. Silva AJ. Avaliação da dose ocupacional oriunda dos procedimentos especiais guiados por fluoroscopia: cateterismo cardíaco. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 2011.
10. Scremin SCG, Schelin HR, Tilly JJG. Avaliação da exposição ocupacional em procedimentos de hemodinâmica. Radiol Bras. 2006; 39(2):123-6.
11. Cascón A. Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. Rev Argent Cardiol. 2009; 77(2):123-8.

Trabalho recebido: 16/12/2020

Trabalho aprovado: 14/05/2021

Trabalho publicado: 17/05/2021