

Exposição à Radiação Ionizante na Sala de Hemodinâmica

Rogério Fachel de Medeiros¹, Rogério Sarmento-Leite¹, Cristiano de Oliveira Cardoso¹, Alexandre Schaan de Quadros¹, Elvira Risso¹, Leandro Fischer¹, Carlos A. M. Gottschall¹

RESUMO

Introdução: Com a evolução tecnológica e o crescimento da cardiologia intervencionista, os níveis de exposição aos raios X dos pacientes e da equipe técnica assim como o número de procedimentos de cateterismo têm aumentado consideravelmente. Isso tem impacto no inerente risco de exposição à radiação ionizante, ainda subestimado por muitos. Os níveis dessa exposição necessitam de mensuração e correção periódicas. Nosso objetivo foi investigar e aferir os níveis de radiação ionizante emitida por equipamentos de cinefluoroscopia. **Método:** Foram realizados ensaios técnicos para avaliar a taxa de kerma no ar de 8 equipamentos de hemodinâmica. **Resultados:** Apenas 2 (25%) dos 8 equipamentos apresentavam dosimetria dentro dos limites máximos de segurança. A média das doses foi 65% maior nos equipamentos com tecnologia *flat detector*. Após aplicação da manutenção supervisionada, verificou-se diminuição média de 42% nos valores dosimétricos. Todos os equipamentos foram aprovados nos ensaios de resolução espacial de alto e baixo contrastes, e a qualidade da imagem foi corroborada pela equipe médica. **Conclusão:** A maioria dos equipamentos analisados apresentava dosimetria acima dos limites máximos de segurança, particularmente com a tecnologia *flat detector*. Essas distorções foram corrigidas com medidas de supervisão simples, sem prejuízo à qualidade da imagem. Nossos resultados ressaltam a necessidade de criação de programas institucionais de qualidade visando à manutenção regular dos equipamentos e à incorporação criteriosa de novas tecnologias no intuito de minimizar os potenciais efeitos deletérios da radiação ionizante, promovendo maior segurança e economia.

DESCRITORES: Proteção radiológica. Fluoroscopia. Raios X.

ABSTRACT

Exposure to Ionizing Radiation in the Cardiac Catheterization Lab

Background: With the technological evolution and expansion of interventional cardiology, the levels of X-ray exposure of patients and technical staff as well as the number of catheterization procedures have increased considerably. This has an impact on the inherent risk of exposure to ionizing radiation which is still underestimated by many. The levels of exposure must be routinely measured and adjusted. Our objective was to investigate and measure ionizing radiation levels emitted by cath lab X-ray equipments. **Method:** Technical tests were conducted to evaluate the air kerma of 8 X-ray equipments. **Results:** Only 2 (25%) of the 8 equipments had dosimetry within maximum safety levels. The mean dose was 65% higher in devices with the flat detector technology. After supervised maintenance, there was a mean decrease of 42% in dosimetry values. All equipments were approved by the high and low contrast spatial resolution tests, and the image quality was approved by the medical team. **Conclusion:** Most of the equipments evaluated had dosimetry levels exceeding the maximum safety levels, especially those with the flat detector technology. These distortions were corrected by simple monitoring measures, without losses in image quality. Our results emphasizes the need to create institutional quality programs, to keep regular equipment maintenance and to exercise discretion in the incorporation of new technologies to minimize the potential effects of the deleterious effects of ionizing radiation, promoting greater safety and economy.

KEY-WORDS: Radiation protection. Fluoroscopy. X-rays.

¹ Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul – Fundação Universitária de Cardiologia (IC-FUC) – Porto Alegre, RS, Brasil.

Correspondência: Rogério Sarmento-Leite. Av. Princesa Isabel, 395 – Santana – Porto Alegre, RS, Brasil – CEP 90620-000

E-mail: sleite.pesquisa@cardiologia.org.br

Recebido em: 31/3/2010 • Aceito em 14/8/2010

Evidências experimentais e epidemiológicas correlacionam a exposição contínua à radiação ionizante, mesmo em baixas doses, ao desenvolvimento de tumores sólidos e hematológicos.¹ Em função disso, indivíduos expostos, especialmente trabalhadores da área de saúde, devem ser monitorados de forma permanente. A dose cumulativa em um período de cinco anos não pode ultrapassar 100 mSv, sem jamais desconsiderar que a dose máxima em um ano é de 50 mSv.^{1,2}

Em contrapartida, as doses de radiação a que os pacientes são submetidos não são usualmente monitoradas. Esse é outro aspecto preocupante, visto que a complexidade das intervenções tem aumentado, exigindo maior tempo de duração dos procedimentos assim como sua repetição.

Com base nas normas vigentes no Brasil (Portaria 453 – Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância Sanitária – Portaria/MS/SVS nº 453)², todos os equipamentos de radiodiagnóstico médico devem fazer parte de um programa de qualidade e proteção radiológica.³⁻⁷ A normativa visa a evitar que os equipamentos sejam operados fora das condições exigidas e a assegurar que as ações reparadoras necessárias sejam executadas mediante um programa adequado de manutenção preventiva. E a corretiva visa a determinar os valores representativos das doses administradas a profissionais, pacientes e ambiente. Sabe-se que padrões de calibração e parâmetros técnicos (distância detector-paciente, número de quadros por segundo, tempo de fluoroscopia e aquisição, e magnificação das lentes) estão diretamente associados a valores dosimétricos impingidos aos pacientes (taxa de kerma no ar máxima na entrada da pele) e à equipe técnica. Assim, deve-se conhecer os valores dosimétricos do equipamento, pois, dependendo dos níveis, uma limitação das doses se torna indispensável para evitar danos aos pacientes e à equipe assistencial.^{8,9}

A realização de manutenções corretivas e preventivas tem demonstrado que alterações dos parâmetros de calibração dos equipamentos são comuns.¹⁰ Essas anomalias de calibração, além de estarem associadas à emissão de radiação fora dos padrões exigidos, estão relacionadas a alterações dos parâmetros técnicos de funcionamento dos tubos (tensão e corrente), determinando a diminuição de sua vida útil.^{11,12}

Para avaliar e otimizar os níveis de exposição à radiação este trabalho propõe a construção e a implementação sistemática de um método de aferição da radiação ionizante emitida por equipamentos de hemodinâmica.

MÉTODO

Ensaio técnico que avaliou as taxas de emissão de radiação ionizante. Foram avaliados 8 equipamentos de cinefluoroscopia com angiografia (2 com sistema *flat*

detector e 6 com sistema convencional de intensificador de imagem).

O programa de aferição foi centrado na realização do ensaio técnico de taxa de kerma no ar máxima na entrada da pele do paciente, determinado pela Portaria/MS/SVS nº 453. Conforme estabelecido pela legislação nacional, os limites de dose de utilização no modo fluoroscopia devem ser obrigatoriamente ≤ 50 mGy/min. Assim, esse parâmetro foi utilizado como referencial de valor máximo aceitável. Os testes foram realizados em um momento basal e repetidos após manutenção supervisionada dos equipamentos. Essa manutenção consistiu na realização de recalibração do equipamento, em que os valores dosimétricos eram ajustados e os preceitos de qualidade de imagem eram reavaliados e validados.

Dessa forma, procedeu-se à:

- verificação dos valores dosimétricos basais de cada equipamento;

- comparação dos valores dosimétricos entre os equipamentos de cinefluoroscopia com sistema de detecção *flat detector* e intensificador de imagem convencional;

- comparação dos valores dosimétricos pré e pós-manutenção corretiva;

- realização de ensaios de resolução de alto contraste (ensaio previsto na Portaria/MS/SVS nº 453, que tem o objetivo de averiguar os preceitos de qualidade de imagem);

- realização de ensaios de discriminação de baixo contraste (ensaio previsto na Portaria/MS/SVS nº 453, que tem o objetivo de averiguar os preceitos de qualidade de imagem);

- aplicação de um questionário ao responsável técnico e a dois médicos usuários (Pergunta: As imagens fluoroscópica e cinefluoroscopia estão dentro de um nível de qualidade aceitável?).

O instrumental necessário para as medições consistiu de:

- uma câmara de ionização (Figura 1A);

- um eletrômetro (Figura 1B);

- um simulador (*phantom*) atenuador de chumbo com 0,3 cm de espessura (Figura 2);

- um espaçador com dimensões mínimas de 5 cm, que permite posicionar a câmara de ionização abaixo do *phantom*;

- trena métrica para registrar as distâncias (tubo de raios X *phantom* e detector *phantom*).

A sequência de realização do teste consiste de quatro passos:

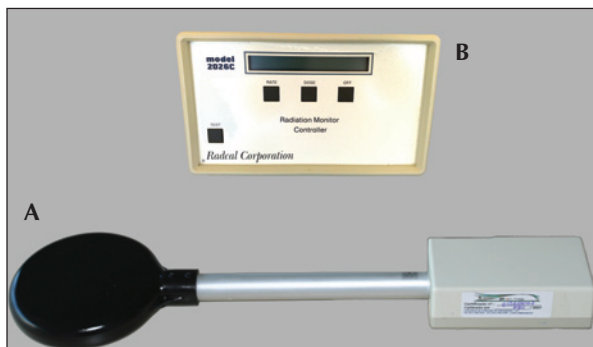


Figura 1 - Câmara de ionização (A) e eletrômetro (B).



Figura 2 - Simulador atenuador de chumbo com 0,3 cm de espessura.

- a) determinação da menor distância entre o tubo de raios X e a mesa;
- b) posicionamento do *phantom* de chumbo na entrada do intensificador de imagem;
- c) centralização da câmara de ionização na posição que seria ocupada pela pele do paciente, na região de entrada do feixe;
- d) série de quatro exposições em modo fluoroscopia e registro dos valores obtidos.

Com isso foi realizado o cálculo das médias das leituras obtidas e da taxa de kerma no ar máxima nas unidades mGy/min, conforme a seguinte equação:

$$Kar = E \times 0,0087 \times F_{tp} \times F_c$$

em que Kar = taxa de kerma no ar, E = taxa de exposição média (mR/min), 0,0087 = constante de conversão de mR/min para mGy/min, F_{tp} = fator de correção para temperatura e pressão, e F_c = fator de calibração da câmara para qualidade do feixe.

Os dados foram tabulados em uma planilha em Excel e comparados e apresentados de forma descritiva. O tamanho da amostra não permitiu análises estatísticas mais pormenorizadas.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os valores aferidos referentes a taxas de kerma emitidas e aprovação da qualidade

de de imagem após manutenções supervisionadas de equipamentos de hemodinâmica. Os resultados apresentados permitem aferir que:

- 1) apenas 2 (25%) dos 8 equipamentos apresentavam dosimetria dentro dos limites máximos de segurança definidos pela Portaria/MS/SVS nº 453 e 75% estavam fora deles;
- 2) a média das doses do valor da taxa de kerma no ar máxima é 65% maior nos equipamentos com tecnologia *flat detector* que nos equipamentos de geração anterior munidos de intensificadores de imagem;
- 3) após a aplicação da manutenção supervisionada foi verificada diminuição média de 42% nos valores da taxa de kerma no ar máxima e que todos os equipamentos ficaram dentro dos limites definidos pela Portaria/MS/SVS nº 453;
- 4) todos os equipamentos foram aprovados nos ensaios de resolução espacial de alto contraste;
- 5) todos os equipamentos foram aprovados nos ensaios de discriminação de baixo contraste; e
- 6) a qualidade de imagem foi aprovada por todos os médicos que responderam ao questionário.

DISCUSSÃO

A literatura contemporânea é bastante consistente na constatação da exposição inadequada à radiação ionizante de pacientes e da equipe assistente durante a realização de exames radiológicos.^{5,6,13} No caso específico dos laboratórios de hemodinâmica, observa-se falta de padronização das técnicas de aferição e controle dos níveis de exposição, associada a rotinas distintas na realização dos procedimentos, com duração e complexidade variáveis.⁶

Embora o risco de exposição à radiação ionizante seja minimizado com medidas educacionais e com o uso correto dos equipamentos de proteção individual, para que haja adequado monitoramento e para que se reduza esse risco são absolutamente necessários programas de qualidade, os quais precisam ser implementados de forma global. A criação de uma rotina para liberação de uso de sala de hemodinâmica após sua instalação e realização de manutenções preventivas e corretivas deve obedecer a critérios rigorosos. O processo de liberação de sala, descrito pelos ensaios definidos pela Portaria/MS/SVS nº 453, foi aplicado no presente estudo. Essa liberação deverá, obrigatoriamente, estar condicionada à aferição dos limites máximos permitidos e inserida em um contexto integrante de programas de controle de qualidade em equipamentos de cinefluoroscopia.

Outro fator relacionado com a mudança dos valores representativos da taxa de kerma e dos níveis de exposição da equipe técnica é a evolução tecnológica

TABELA 1
Taxas de kerma emitidas e aprovação da qualidade de imagem após manutenções supervisionadas de equipamentos de hemodinâmica

	EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5	EQ6	EQ7	EQ8
	(FD)	(FD)	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)
TD1	90	77	65	44	56	36	68	55
TD2	44	50	39	27	30	20	38	34
%V	51,1	35,1	40,0	38,6	46,4	44,4	44,1	38,1
M/T	83,5		54,0					
REA	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
DBC	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
QEM	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

%V = porcentagem de variação entre os valores de TD1 e TD2; DBC = aprovação no ensaio de discriminação de baixo contraste; EQ = equipamento testado; FD = sistema com *flat detector*; IC = sistema com intensificador convencional; M/T = média dos valores de TD1 dos equipamentos com sistema de detecção tipo *flat detector* (EQ1 e EQ2) e com intensificadores (EQ3, EQ4, EQ5, EQ6, EQ7 e EQ8); QEM = aprovação da qualidade de imagem pela equipe médica; REA = aprovação no ensaio de resolução espacial de alto contraste; TD1 = taxa de kerma no ar máxima na entrada da pele do paciente basal; TD2 = taxa de kerma no ar máxima na entrada da pele do paciente após manutenção supervisionada.

verificada nos modernos equipamentos de cinefluoroscopia comercializados atualmente. Esses novos equipamentos, que substituíram o intensificador de imagem pelo *flat detector*, são dotados de tubos de raios X mais potentes. A despeito do pequeno número de equipamentos desse tipo testados no presente estudo, verifica-se que essa nova tecnologia trouxe maior exposição à radiação ionizante. Como essa é, seguramente, uma inovação que veio para ficar, torna-se essencial ampliar programas como o aqui proposto para dar continuidade às medidas de proteção. Claro que, preferencialmente, em parceria com o fabricante, que detém maior conhecimento sobre as questões técnicas e inerentes a cada aparelho.

Um dos pontos levantados por este estudo e que causa preocupação é a falta de padronização e de controle das intervenções técnicas realizadas corretamente. Não existe o hábito da realização da medida da taxa de kerma no ar máxima após as intervenções, como preconiza a legislação. Assim, muitas vezes, após os procedimentos não se sabe se a dose do equipamento aumentou ou diminuiu e se está dentro do limite definido pela Portaria/MS/SVS nº 453. Observamos, na presente série, que quando o programa foi proposto e efetivamente realizado os níveis de exposição à radiação diminuiram, sem prejuízo à qualidade da imagem e, por consequência, à assistência prestada.

Nossos dados permitem concluir que a maioria dos equipamentos analisados apresentava dosimetria acima dos limites máximos de segurança, particularmente com a tecnologia *flat detector*. Essas distorções foram corrigidas com medidas de supervisão simples, sem prejuízo à qualidade da imagem.

A despeito de sua limitação pelo número reduzido de equipamentos observados e pelo fato de as mensurações não terem sido realizadas e analisadas por investigadores independentes, este estudo proporciona importantes questionamentos à prática atual, reforçando a necessidade de criação de programas de qualidade institucional, análise criteriosa das ferramentas responsáveis pela assistência e critério na incorporação de novas tecnologias, no intuito de minimizar os potenciais efeitos deletérios da radiação ionizante e de promover maior economia e segurança para todos.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declararam inexistência de conflito de interesses relacionado a este manuscrito.

REFERÊNCIAS

1. Fazel R, Krumholz HM, Wang Y, Ross SJ, Chen J, Ting H, et al. Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures. *N Engl J Med*. 2009;361(9):849-57.
2. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n. 453, de 1º de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que dispõe sobre diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo o território nacional e dá outras providências [Internet]. Brasília; 1998. [citado 2010 mar. 10]. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm
3. Papp J. Quality management in the imaging sciences. New York: C. V. Mosby; 2002.
4. Gray JE. Quality control in diagnostic imaging: a quality control cookbook. New York: Aspen; 1983.
5. Cullinan AM, Cullinan JE. Producing quality radiographs. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1994.
6. Medeiros RF, Bacelar A, Zimmerman LL. Existe a possibilidade

- de indução de efeitos determinísticos da radiação ionizante durante procedimentos de cateterismo cardíaco em pacientes? In: V Regional Congress on Radiation Protection and Safety – Regional IRPA Congress; 2001; Recife, Brasil.
7. Medeiros RF, Bacelar A, Amador CB. Padronização da técnica de cateterismo cardíaco visando a proteção radiológica. In: V Regional Congress on Radiation Protection and Safety – Regional IRPA Congress; 2001; Recife, Brasil.
 8. Scaff LAM. Bases físicas da radiologia. São Paulo: Sarvier; 1979.
 9. Tilly Junior JG. Avaliação de doses de radiação em pacientes submetidos a exames radiológicos convencionais [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1997.
 10. Sociedad Espanola de Protección Radiológica. Comisión Internacional de Protección Radiológica: ICRP-60. Recomendaciones, 1990. Madrid; 1990.
 11. Bushong SC. Manual de radiologia para técnicos: física, biología y protección radiológica. 5ª ed. Madrid: Elsevier España; 1995.
 12. Curry TS, Dowdey JE, Murry RE. Christensen's physics of diagnostic radiology. 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1990.
 13. Medeiros RF, Bacelar A. Elaboração e aplicação de um protocolo de controle de qualidade em equipamentos de cinefluoroscopia. In: Anais do XII Congresso Argentino de Bioingeniería y en las Primeras Jornadas de Ingeniería Clínica; 1999; Buenos Aires, Argentina [CD-ROM]. Buenos Aires: Instituto de Informática da UF; 1999.