

Padrão de Exposição Radiológica e Preditores de Superexposição dos Pacientes Submetidos a Procedimentos Cardiológicos Invasivos em Equipamentos com Detectores Planos

Cristiano de Oliveira Cardoso¹, Juliana Cañedo Sebben¹, Leandro Fischer¹, Milena Vidal¹, Gabriel Garcia Broetto¹, Bruna Santos da Silva², Francine Gonçalves Vargas², Norton Ramos Fontella², Wagner Kaufmann², Guilherme Oberto Rodrigues², Rogério Fachel de Medeiros², Carlos Roberto Cardoso¹, Rogério Sarmento-Leite¹, Carlos Antônio Mascia Gottschall¹

RESUMO

Introdução: Procedimentos cardiológicos invasivos expõem pacientes e médicos aos riscos da radiação ionizante. É objetivo deste estudo determinar os padrões e preditores de superexposição radiológica durante procedimentos cardiológicos. **Métodos:** Estudo de coorte prospectivo que avaliou pacientes submetidos a procedimentos cardiológicos invasivos entre agosto de 2010 e janeiro de 2011 em equipamento com detectores planos. Características clínicas, angiográficas e de exposição à radiação foram registradas em banco de dados específico. Os padrões de exposição à radiação foram determinados em pacientes submetidos a cateterismo cardíaco, a intervenção coronária percutânea eletiva (ICP-e) e a intervenção coronária percutânea *ad hoc* (ICP-AH). Preditores independentes de exposição à radiação aumentada foram identificados por análise de regressão logística múltipla. **Resultados:** A população incluiu 670 pacientes, sendo 419 submetidos a cateterismo cardíaco, 137 a ICP-e e 114 a ICP-AH. A dose média de radiação recebida pelos pacientes foi de $561,8 \pm 368,1$ mGy (cateterismo cardíaco), $1.125,5 \pm 1.120$ mGy (ICP-e) e $1.293,4 \pm 726,3$ mGy (ICP-AH). O produto dose-área foi de $37.725,8 \pm 27.027,5$ mGy.cm² (cateterismo cardíaco), $61.643,1 \pm 64.383,7$ mGy.cm² (ICP-e) e $77.973,4 \pm 49.959,3$ mGy.cm² (ICP-AH). Os preditores de exposição radiológica aumentada foram peso [razão de chance (RC) 1,03, intervalo de confiança (IC) 1,01-1,05; P = 0,003], ICP-e (RC 11,9, IC 4,3-33,2; P < 0,001) e ICP-AH (RC 15,5, IC 5,4-43,9; P < 0,001). **Conclusões:** Os padrões de exposição radiológica durante procedimentos cardiológicos invasivos usando detectores planos estão abaixo do limite esta-

ABSTRACT

Radiological Exposure Patterns and Overexposure Predictors of Patients Undergoing Invasive Cardiac Procedures in Flat Detector Fluoroscopy Systems

Background: Invasive cardiac procedures expose patients and physicians to the risks of ionizing radiation. The aim of this study is to determine patterns and predictors of radiation overexposure during cardiac procedures. **Methods:** Prospective cohort study to investigate patients undergoing invasive cardiac procedures between August 2010 and January 2011 in flat detector fluoroscopy systems. Clinical, angiographic and radiation exposure characteristics were recorded in a dedicated database. Radiation exposure patterns were determined in patients undergoing coronary angiography, elective (e-PCI) and *ad hoc* (AH-PCI) percutaneous coronary intervention. Independent predictors of increased radiation exposure were identified by multiple logistic regression analysis. **Results:** The study population included 670 patients, 419 undergoing coronary angiography, 137 e-PCI and 114 AH-PCI. The mean radiation dose received by the patients was 561.8 ± 368.1 mGy (coronary angiography), $1,125.5 \pm 1,120$ mGy (e-PCI) and $1,293.4 \pm 726.3$ mGy (AH-PCI). Dose-area product was $37,725.8 \pm 27,027.5$ mGy.cm² (coronary angiography), $61,643.1 \pm 64,383.7$ mGy.cm² (e-PCI) and $77,973.4 \pm 49,959.3$ mGy.cm² (AH-PCI). Predictors of increased radiation exposure were body weight [odds ratio (OR) 1.03, confidence interval (CI) 1.01-1.05; P = 0.003], e-PCI (OR 11.9, CI 4.3-33.2; P < 0.001) and AH-PCI (OR 15.5, CI 5.4-43.9; P < 0.001). **Conclusions:**

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

² Curso Técnico em Radiologia e Diagnóstico por Imagem – Escola Profissional da Fundação Universitária de Cardiologia (FUC) – Porto Alegre, RS, Brasil.

Correspondência: Cristiano de Oliveira Cardoso. Av. Princesa Isabel, 395 – Porto Alegre, RS, Brasil – CEP 90620-000

E-mail: cro_cardoso@yahoo.com.br

Recebido em: 9/1/2011 • Aceito em: 3/3/2011

belecido pela Agência Internacional de Energia Atômica. Peso e procedimentos de ICP-e e ICP-AH são preditores de superexposição radiológica.

DESCRITORES: Cateterismo cardíaco. Radiação ionizante. Exposição a radiação. Controle da exposição a radiação.

No cenário atual, os procedimentos em cardiologia intervencionista têm sido amplamente utilizados na avaliação da doença arterial coronária. Ao mesmo tempo em que o número de procedimentos diagnósticos e terapêuticos cresce exponencialmente, pacientes, equipe médica e de enfermagem têm sido expostos aos riscos da radiação ionizante.

A nova tecnologia dos aparelhos utilizados para obtenção de imagens emprega os detectores planos (*flat panel*).^{1,2} Esse tipo de tecnologia substitui o antigo intensificador de imagem nos equipamentos mais modernos. Os detectores planos têm alta sensibilidade aos raios X (eficiência na detecção de *quantum*) e melhor definição na escala da cor cinza. Dessa maneira, a radiação é convertida em imagem digital, com menor distorção, maior definição e, conseqüentemente, melhor qualidade de imagem.^{1,3-5}

Embora o crescente avanço tecnológico na cardiologia intervencionista tenha disponibilizado equipamentos cada vez mais potentes, a portaria 453 do Ministério da Saúde⁶ (Portaria 453 – Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância Sanitária – Portaria/MS/SVS nº 453), que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico em todo o território nacional, não contempla determinações específicas para os procedimentos da cardiologia intervencionista.

É objetivo do presente trabalho determinar os padrões de exposição radiológica e os preditores de superexposição dos pacientes submetidos a procedimentos cardiológicos invasivos em equipamentos com detectores planos.

MÉTODOS

Delineamento

Estudo observacional com coleta de dados prospectiva.

Registro RADIAÇÃO

O registro RADIAÇÃO é um registro institucional com a finalidade de documentar os procedimentos diagnósticos e terapêuticos em cardiologia intervencionista realizados em um aparelho com detectores planos. Participam do registro 3 técnicos em radiologia e 4 estudantes do curso técnico em radiologia, todos sob su-

Radiation exposure patterns during invasive cardiologic procedures using flat detector fluoroscopy systems are below the threshold established by the International Atomic Energy Agency. Body weight, e-PCI and AH-PCI are predictors of radiation overexposure.

KEY-WORDS: Heart catheterization. Radiation, ionizing. Radiation exposure. Exposure control to radiation.

pervisão direta de um cardiologista intervencionista. As informações referentes a exposição radiológica e detalhes técnicos dos procedimentos foram prospectivamente registradas.

População

Pacientes com indicação de cateterismo cardíaco diagnóstico ou terapêutico tiveram seus procedimentos acompanhados com o intuito de registro dos padrões de exposição radiológica. Todos os pacientes assinaram termo de consentimento e o protocolo foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa local.

Características analisadas

Para o registro RADIAÇÃO, foram coletadas e analisadas informações referentes a idade, sexo, fatores de risco para doença cardiovascular, apresentação clínica e indicação do procedimento, função ventricular, número de vasos comprometidos, vaso tratado, características das lesões, e índice de sucesso. Dados específicos de exposição radiológica (dose recebida, produto dose-área e tempo de fluoroscopia) também foram coletados.

Procedimentos cardiológicos invasivos

Para determinação dos níveis de exposição radiológica, foram selecionados os procedimentos de cateterismo cardíaco diagnóstico, intervenção coronária percutânea eletiva (ICP-e) e intervenção coronária percutânea *ad hoc* (ICP-AH), em que a intervenção foi realizada concomitantemente ao cateterismo diagnóstico, de acordo com a definição de Myler et al.⁷

Parâmetros de exposição radiológica

A exposição radiológica dos pacientes foi medida por meio da dose de radiação de entrada na pele (*cumulative air Kerma – Kinetic Energy Released per unit MAss*). Mediram-se, também, os tempos de fluoroscopia e o produto dose-área (*dose area product*) para determinação do tempo de exposição radiológica e da área irradiada, respectivamente.

Os procedimentos foram realizados em aparelho com detectores planos da marca Philips Allura Xper FD10 monoplano (Eindhoven, Holanda), três lentes (15 cm, 20 cm e 25 cm), duplo filtro (cobre + alumínio), com programação padrão para aquisição de imagem em 15 *frames* por segundo.

Superexposição radiológica foi definida como dose total ≥ 2 Gy ao término do procedimento.

Análise estatística

Os dados foram prospectivamente coletados e armazenados em um banco de dados específico no programa ACCESS. Para análise, utilizou-se o programa estatístico SPSS versão 18.0 para Windows. Os resultados são apresentados em média, desvio padrão, mediana e intervalo interquartil. Modelo de regressão logística múltipla foi aplicado para identificar os preditores de superexposição radiológica. Foram utilizadas, nessa análise, variáveis com significância estatística na análise univariada. Foi considerada significância estatística valor de P bicaudal $< 0,05$.

RESULTADOS

Entre agosto de 2010 e janeiro de 2011 foram realizados 670 procedimentos cardiológicos invasivos em equipamentos com detectores planos. Os procedimentos corresponderam a 419 cateterismos cardíacos diagnósticos, 137 ICPs-e e 114 ICPs-AH.

Cateterismo cardíaco diagnóstico

Os procedimentos diagnósticos foram realizados pelas vias femoral (72,3%) e radial (27,7%). Idade, peso e altura foram, em média, de 63 ± 11 anos, $78,6 \pm 15,6$ kg e $165,6 \pm 8,8$ cm, respectivamente. Foram realizadas $9,9 \pm 4,3$ aquisições por exame diagnóstico, com tempo de fluoroscopia de $4,4 \pm 5,5$ minutos. O produto dose-área foi superior a 50 Gy.cm^2 em 21,9% (92/419) dos procedimentos. Em decorrência da grande variabilidade dos resultados de exposição radiológica, os valores são apresentados em mediana e intervalo interquartil (Tabela 1).

Intervenção coronária percutânea eletiva

Em 137 ICPs-e foram tratadas 167 lesões. As intervenções foram realizadas pelas vias de acesso femoral (73%), radial (26,3%) e braquial (0,7%). Idade, peso e altura foram, em média, de $62,4 \pm 10,2$ anos, $79 \pm 16,8$ kg e $166,4 \pm 8,8$ cm, respectivamente. A média de aquisições por procedimento foi de $18,1 \pm 8,9$, com tempo de fluoroscopia de $10,1 \pm 10,5$ minutos. O produto dose-área foi superior a 125 Gy.cm^2 em 9,4% (13/137) dos procedimentos (Tabela 2).

Intervenção coronária percutânea *ad hoc*

Em 114 ICPs-AH foram tratadas 128 lesões coronárias. As intervenções foram realizadas pelas vias de acesso femoral (81,6%) e radial (18,4%). Idade, peso e altura foram, em média, de $61,7 \pm 11,3$ anos, $76,7 \pm 13,4$ kg e $165,5 \pm 7,6$ cm, respectivamente. A média de aquisições por procedimento foi de $22,7 \pm 7,6$, com tempo de fluoroscopia de $11 \pm 6,4$ minutos. O produto dose-área foi superior a 125 Gy.cm^2 em 14% (16/114) dos procedimentos (Tabela 3).

TABELA 1
Características clínicas e parâmetros de exposição radiológica durante cateterismo cardíaco diagnóstico (n = 419)

Variável	Valor
Características clínicas	
Idade, anos	63 ± 11
Peso, kg	$78,6 \pm 15,6$
Altura, cm	$165,6 \pm 8,8$
Sexo masculino, %	55,8
Tabagismo ativo, %	18,9
Ex-tabagista, %	34,1
Hipertensão arterial, %	79,5
Diabetes, %	29,4
Uso de insulina	12,6
Dislipidemia, %	51,1
História familiar, %	59,9
ICP prévia, %	31,1
Cirurgia de revascularização prévia, %	11
IAM prévio, %	34,1
Características angiográficas	
Vasos com lesão $> 70\%$, %	
Até um vaso	74,5
Dois vasos	14,8
Três ou mais vasos	10,7
Vasos acometidos, %	
DA	31
CX	22,9
CD	25,3
TCE	1,9
Outros	18,9
Exposição radiológica	
Air Kerma do paciente, mGy	
Quartil inferior ($Q_{1/4}$)	294,8
Mediana ($Q_{2/4}$)	481,2
Quartil superior ($Q_{3/4}$)	707,2
Produto dose-área, mGy.cm^2	
Quartil inferior ($Q_{1/4}$)	20.246
Mediana ($Q_{2/4}$)	31.860
Quartil superior ($Q_{3/4}$)	46.771

CD = artéria coronária direita; CX = artéria circunflexa; DA = artéria descendente anterior; IAM = infarto agudo do miocárdio; ICP = intervenção coronária percutânea; n = número de pacientes; TCE = tronco de coronária esquerda.

Preditores de exposição radiológica aumentada

Na população deste estudo ocorreu exposição radiológica superior a 2 Gy em 1,2% (5/419) dos procedimentos diagnósticos, em 12,4% (17/137) das ICPs-e e em 5,7% (38/114) das ICPs-AH. Por meio das análises uni e multivariada, determinaram-se os seguintes preditores

TABELA 2
Características angiográficas e parâmetros de exposição radiológica durante angioplastia eletiva (n = 137)

Variável	Valor
Características angiográficas	
Vaso tratado, %	
DA	42,3
CX	23,4
CD	25,5
TCE	2,2
Ponte de safena	2,9
Outros	3,7
Tipo de lesão, %	
A	9,5
B1	19,7
B2	38
C	32,8
Diâmetro de referência, mm	3,05 ± 0,64
Comprimento da lesão, mm	18 ± 8,1
Estenose pré-procedimento, %	76,7 ± 12,2
Pré-dilatação, %	46
Pós-dilatação, %	46,7
Uso de stent, %	95,6
Ramos envolvidos, %	21,9
Calcificação à angiografia, %	56,2
Lesão reestenótica, %	10,2
Oclusão crônica, %	19,7
Exposição radiológica	
<i>Air Kerma</i> do paciente, mGy	
Quartil inferior (Q _{1/4})	489,4
Mediana (Q _{2/4})	855,9
Quartil superior (Q _{3/4})	1.392,8
Produto dose-área, mGy.cm ²	
Quartil inferior (Q _{1/4})	24.694
Mediana (Q _{2/4})	43.157
Quartil superior (Q _{3/4})	83.976,5

CD = artéria coronária direita; CX = artéria circunflexa; DA = artéria descendente anterior; n = número de pacientes; TCE = tronco de coronária esquerda.

de exposição radiológica aumentada: peso do paciente, ACP-e e ACP-AH, sendo as razões de chance e seus respectivos intervalos de confiança apresentados na Tabela 4.

DISCUSSÃO

O presente estudo visou à determinação do padrão de exposição radiológica de pacientes submetidos a procedimentos cardiológicos invasivos em equipamentos com detectores planos. Essa tecnologia vem

TABELA 3
Características clínicas e parâmetros de exposição radiológica durante angioplastia *ad hoc* (n = 114)

Variável	Valor
Características angiográficas	
Vaso tratado, %	
DA	42,1
CX	17,5
CD	31,6
TCE	0
Ponte de safena	4,4
Outros	4,4
Tipo de lesão, %	
A	2,6
B1	14
B2	53,5
C	29,8
Diâmetro de referência, mm	3,26 ± 1,06
Comprimento da lesão, mm	17,4 ± 7,7
Estenose pré-procedimento, %	83,3 ± 11,4
Pré-dilatação, %	38,6
Pós-dilatação, %	40,4
Uso de stent, %	91,2
Ramos envolvidos, %	30,7
Calcificação à angiografia, %	55,3
Lesão reestenótica, %	12,3
Oclusão crônica, %	17,5
Exposição radiológica	
<i>Air Kerma</i> do paciente, mGy	
Quartil inferior (Q _{1/4})	708,2
Mediana (Q _{2/4})	1.111,2
Quartil superior (Q _{3/4})	1.611,9
Produto dose-área, mGy.cm ²	
Quartil inferior (Q _{1/4})	42.340,7
Mediana (Q _{2/4})	65.675
Quartil superior (Q _{3/4})	102.660,7

CD = artéria coronária direita; CX = artéria circunflexa; DA = artéria descendente anterior; n = número de pacientes; TCE = tronco de coronária esquerda.

sendo incorporada aos novos aparelhos, pois, de acordo com os fabricantes, promove maior qualidade de imagem e menor exposição radiológica.⁸

Preocupações referentes aos efeitos biológicos da radiação ionizante são cabíveis e pertinentes a todos os indivíduos expostos. Medidas que promovam a redução da dose de radiação são antigas⁹ e têm sido cada vez mais lembradas.^{5,10-14} É consenso que a exposição à radiação ionizante deve ser a menor possível, quando inevitável. O chamado princípio ALARA (As

TABELA 4
Análise multivariada para determinação dos preditores de exposição radiológica aumentada

Variável	RC	IC	P
Peso, kg	1,03	1,01-1,05	0,003
Angioplastia eletiva	11,9	4,3-33,2	< 0,001
Angioplastia <i>ad hoc</i>	15,5	5,4-43,9	< 0,001

IC = intervalo de confiança; RC = razão de chance.

Low As Reasonably Achievable) foi fundamentado em 1977¹⁵ e define, basicamente, que as exposições à radiação devem ser mantidas tão baixas quanto possível.^{16,17} Apesar de o conceito ALARA ser amplamente conhecido, Mavrikou et al.¹⁸ chamam a atenção para o fato de muitos conceitos radiológicos e de proteção serem negligenciados pelos médicos intervencionistas. Doses críticas de exposição (2 Gy) são frequentemente ultrapassadas nos procedimentos, fazendo com que o princípio seja desrespeitado.

A introdução da tecnologia de detectores planos nos equipamentos de hemodinâmica trouxe muita expectativa aos intervencionistas, pois, conceitualmente, esse novo recurso permitiria melhor qualidade de imagem com menor exposição radiológica.^{4,19} No entanto, estudos demonstram que, quando os médicos são cegados para o tipo de imagem obtida, essa vantagem nem sempre é facilmente percebida.²⁰ Adicionalmente, nosso grupo demonstrou que esse tipo de tecnologia pode acrescentar até 65% a mais de radiação na prática real, se comparado aos aparelhos com intensificador de imagem.²¹ Várias lesões de pele, antes raras, têm sido novamente descritas, associadas aos procedimentos cardiológicos intervencionistas.^{2,22} Sabe-se que o operador desempenha papel fundamental nesse processo e estudos prévios demonstram que existe ampla variação na exposição radiológica entre os operadores. Bernardi et al.²³ demonstraram que médicos em treinamento utilizam maior quantidade de radiação durante seus procedimentos. Por outro lado, com treinamento e uso adequado dos aparelhos de hemodinâmica a exposição radiológica pode ser significativamente reduzida.¹⁸

Este estudo é um dos primeiros a demonstrar os parâmetros de exposição radiológica na literatura nacional. De acordo com o relatório de segurança da Agência Internacional de Energia Atômica²⁴ (*International Atomic Energy Agency* – IAEA), a exposição radiológica (produto dose-área) durante procedimentos cardiológicos diagnósticos e terapêuticos não deve ultrapassar 50 Gy.cm² e 125 Gy.cm², respectivamente. Em nosso trabalho, os pacientes foram expostos, na média, a doses menores que as sugeridas pela IAEA. No entanto, um porcentual significativo de cateterismos diagnósticos ultrapassou o limiar do produto dose-área. A

tendência atual é apresentar a exposição radiológica por meio do produto dose-área, pois essa medida expressa a dose total de radiação recebida pelo paciente (em Gy ou mGy) multiplicado pela área irradiada (em cm²). Tão importante quanto a dose total de radiação, é considerar a área exposta aos efeitos biológicos da radiação e os potenciais riscos de neoplasias.²⁵ Os achados deste estudo são duplamente relevantes, já que a exposição radiológica do médico intervencionista é proporcional à do paciente.

Além dos padrões de exposição radiológica, este estudo demonstrou que peso, ICP-e e ICP-AH são fatores preditores de exposição aumentada aos raios X. Sabe-se que o peso aumentado está associado a maior espessura dos tecidos, e que cada aumento de 1 cm nessa espessura acarreta cerca de 25% a mais de exposição a cada aquisição.² Por esse motivo, os pacientes obesos recebem maior dose de radiação durante os procedimentos. Adicionalmente, as duas modalidades de ICPs também foram determinantes de exposição aumentada aos pacientes. Diante desses achados, sugere-se um planejamento minucioso dos procedimentos para possibilitar a menor aquisição de imagens possível.

Limitações do estudo

O presente estudo tem limitações que devem ser consideradas. Essa é uma análise em centro único e com um número ainda pequeno de pacientes. O fato de a exposição radiológica referir-se apenas à dose de radiação recebida pelo paciente impede qualquer inferência sobre a dose recebida pelos hemodinamicistas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo é um dos poucos a determinar os padrões atuais de exposição radiológica aos pacientes submetidos a procedimentos diagnósticos e terapêuticos na cardiologia intervencionista na literatura nacional. Diante de procedimentos intervencionistas cada vez mais complexos e sabendo dos riscos inerentes da radiação ionizante, é imperativo que os serviços de hemodinâmica promovam treinamento adequado com a nova tecnologia e programas de reciclagem na tentativa de minimizar a exposição radiológica.

Outra medida importante é monitorar os pacientes com doses superiores a 2 Gy. A nova diretriz¹⁴ da *Society of Cardiovascular Angiography and Interventions* (SCAI) traz recomendações específicas sobre o seguimento dos pacientes com superexposição radiológica.

CONCLUSÕES

Os padrões de exposição radiológica durante procedimentos cardiológicos invasivos com tecnologia de detectores planos estão abaixo dos recomendados pela IAEA. Peso, ACP-e e ACP-AH são preditores de exposição radiológica aumentada.

AGRADECIMENTO

Agradecemos aos colegas hemodinamicistas Alexandre Damiani Azmus, Alexandre Schaan de Quadros, Cláudio A. Ramos de Moraes, Cláudio Vasques de Moraes, Henrique Basso Gomes, Júlio Vinícius Teixeira, Flávio Celso Leboutte, La Hore Corrêa Rodrigues, Luis Maria Yordi e Mauro Régis Moura pela colaboração no estudo.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses relacionado a este manuscrito.

REFERÊNCIAS

1. Cowen AR, Kengyelics SM, Davies AG. Solid-state, flat-panel, digital radiography detectors and their physical imaging characteristics. *Clin Radiol*. 2008;63(5):487-98.
2. Gurley JC. Flat detectors and new aspects of radiation safety. *Cardiol Clin*. 2009;27(3):385-94.
3. Balter S, Baim DS. Cineangiographic imaging, radiation safety, and contrast agent. In: Baim DS, editor. *Grossmans cardiac catheterization, angiography, and intervention*. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. p.14-35.
4. Bogaert E, Bacher K, Lapere R, Thierens H. Does digital flat detector technology tip the scale towards better image quality or reduced patient dose in interventional cardiology? *Eur J Radiol*. 2009;72(2):348-53.
5. Dehmer GJ, Hirshfeld JW, Oetgen WJ, Mitchell K, Simon AW, Elma M, et al. CathKIT: improving quality in the cardiac catheterization laboratory. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43(5):893-9.
6. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n. 453, de 01 de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo território nacional e dá outras providências [Internet]. Brasília; 1998 [citado 2011 fev 15]. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm
7. Myler RK, Stertz SH, Clark DA, Shaw RE, Fishman-Rosen J, Murphy MC. Coronary angioplasty at the time of initial cardiac catheterization: "ad hoc" angioplasty possibilities and challenges. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1986;12(4):213-4.
8. Davies AG, Cowen AR, Kengyelics SM, Moore J, Sivananthan MU. Do flat detector cardiac X-ray systems convey advantages over image-intensifier-based systems? Study comparing X-ray dose and image quality. *Eur Radiol*. 2007;17(7):1787-94.
9. den Boer A, de Feyter PJ, Hummel WA, Keane D, Roelandt JR. Reduction of radiation exposure while maintaining high-quality fluoroscopic images during interventional cardiology using novel x-ray tube technology with extra beam filtering. *Circulation*. 1994;89(6):2710-4.
10. Hirshfeld JW Jr, Balter S, Brinker JA, Kern MJ, Klein LW, Lindsay BD, et al. ACCF/AHA/HRS/SCAI clinical competence statement on physician knowledge to optimize patient safety and image quality in fluoroscopically guided invasive cardiovascular procedures. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44(11):2259-82.
11. Miller DL, Vañó E, Bartal G, Balter S, Dixon R, Padovani R, et al. Occupational radiation protection in interventional radiology: a joint guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2010;33(2):230-9.
12. Kim KP, Miller DL. Minimising radiation exposure to physicians performing fluoroscopically guided cardiac catheterisation procedures: a review. *Radiat Prot Dosimetry*. 2009;133(4):227-33.
13. Lin PJ. Operation logic and functionality of automatic dose rate and image quality control of conventional fluoroscopy. *Med Phys*. 2009;36(5):1486-93.
14. Chambers CE, Fetterly KA, Holzer R, Paul Lin PJ, C Blankenship J, Balter S, et al. Radiation safety program for the cardiac catheterization laboratory. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2011;77(4):546-56.
15. International Commission on Radiological Protection (ICRP). *Recommendations*. Oxford: Pergamon Press; 1977. (Publication, 26).
16. Hendee WR, Edwards FM. ALARA and an integrated approach to radiation protection. *Semin Nucl Med*. 1986;16(2):142-50.
17. Strauss KJ, Kaste SC. The ALARA (as low as reasonably achievable) concept in pediatric interventional and fluoroscopic imaging: striving to keep radiation doses as low as possible during fluoroscopy of pediatric patients-a white paper executive summary. *Radiology*. 2006;240(3):621-2.
18. Mavrikou I, Kottou S, Tsapaki V, Neofotistou V. High patient doses in interventional cardiology due to physicians' negligence: how can they be prevented? *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;129(1-3):67-70.
19. Seibert JA. Flat-panel detectors: how much better are they? *Pediatr Radiol*. 2006;36 Suppl 2:173-81.
20. Tsapaki V, Kottou S, Kollaros N, Kyriakidis Z, Neofotistou V. Comparison of a CCD and a flat-panel digital system in an Interventional Cardiology Laboratory. *Radiat Prot Dosimetry*. 2005;117(1-3):93-6.
21. Medeiros RF, Sarmento-Leite R, Cardoso CO, Quadros AS, Risso E, Fischer L, et al. Exposição à radiação ionizante na Sala de Hemodinâmica. *Rev Bras Cardiol Invasiva*. 2010;18(3):316-20.
22. Padovani R, Bernardi G, Quai E, Signor M, Toh HS, Morocutti G, et al. Retrospective evaluation of occurrence of skin injuries in interventional cardiac procedures. *Radiat Prot Dosimetry*. 2005;117(1-3):247-50.
23. Bernardi G, Padovani R, Trianni A, Morocutti G, Spedicato L, Zanuttini D, et al. The effect of fellows training in invasive cardiology on radiological exposure of patients. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;128(1):72-6.
24. International Atomic Energy Agency (IAEA). *Establishing guidance levels in X ray guided medical interventional procedures: a pilot study*. Vienna, Austria; 2009. (Safety Report, 59)
25. Einstein AJ, Henzlova MJ, Rajagopalan S. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. *JAMA*. 2007;298(3):317-23.