

Impacto do Peso Corporal dos Pacientes na Exposição Radiológica Durante Procedimentos Cardiológicos Invasivos

Francine Gonçalves Vargas¹, Bruna Santos da Silva¹, Cristiano de Oliveira Cardoso², Natalia Leguisamo¹, Cláudio Antônio Ramos de Moraes², Cláudio Vasques de Moraes², Júlio Vinícius de Souza Teixeira², La Hore Correa Rodrigues², Alexandre Schaan de Quadros², Carlos Antonio Mascia Gottschall²

RESUMO

Introdução: Procedimentos cardiológicos invasivos expõem pacientes e médicos aos riscos da radiação ionizante. É objetivo deste estudo determinar o impacto do peso do paciente na exposição radiológica durante procedimentos cardiológicos. **Métodos:** Estudo de coorte prospectivo incluindo pacientes submetidos a cateterismo cardíaco ou intervenção coronária percutânea (ICP) entre agosto de 2010 e dezembro de 2011. Características clínicas, angiográficas e de exposição à radiação foram registradas em banco de dados específico. Os padrões de exposição à radiação foram determinados em três grupos: A (≤ 79 kg), B (80-99 kg) e C (≥ 100 kg). Os dados foram analisados em programa SPSS 18.0, sendo os resultados apresentados em média, desvio padrão, percentual, percentil e intervalo interquartil. Preditores independentes de exposição à radiação aumentada foram identificados por análise de regressão logística múltipla. **Resultados:** A amostra incluiu 671 pacientes, sendo 363 no grupo A, 252 no B e 56 no C. A dose média de radiação recebida pelos pacientes foi de 484,29 mGy, 735,69 mGy e 900,36 mGy para os grupos A, B e C, respectivamente ($P < 0,001$). A mediana do produto dose área foi de 29.327 mGy.cm², 43.319 mGy.cm² e 57.987 mGy.cm² para os grupos A, B e C, respectivamente ($P < 0,001$). 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 eletiva (RC 11,9, IC 4,26-33,24; $P < 0,001$) e ICP *ad hoc* (RC 15,46, IC 5,44-43,87; $P < 0,001$). **Conclusões:** O peso exerce impacto significativo na exposição radiológica em procedimentos cardiológicos invasivos. Pacientes com peso elevado são significativamente mais expostos à radiação ionizante.

DESCRIPTORIOS: Cateterismo cardíaco. Peso corporal. Radiação ionizante. Exposição a radiação.

ABSTRACT

Impact of Body Weight on Radiation Exposure During Invasive Cardiac Procedures

Background: Invasive cardiac procedures expose patients and physicians to the risks of ionizing radiation. The aim of this study is to determine the impact of body weight on radiation exposure during cardiac procedures. **Methods:** Prospective cohort study including patients undergoing cardiac catheterization or percutaneous coronary intervention (PCI) between August 2010 and December 2011. Clinical, angiographic and radiation exposure characteristics were recorded in a dedicated database. Patterns of radiation exposure were established in three groups: A (≤ 79 kg), B (80-99 kg) and C (≥ 100 kg). Data were analyzed by SPSS version 18.0 and results were shown as mean, standard deviation, percentage, percentile and interquartile interval. Independent predictors of increased radiation exposure were identified by multiple logistic regression analysis. **Results:** Sample included 671 patients, of which 363 in group A, 252 in group B and 56 in group C. Mean dose of radiation exposure was 484.29 mGy, 735.69 mGy and 900.36 mGy for groups A, B and C, respectively ($P < 0.001$). The median dose area product was 29.327 mGy.cm², 43.319 mGy.cm² and 57.987 mGy.cm² for groups A, B and C, respectively ($P < 0.001$). Predictors of increased radiation exposure were weight [odds ratio (OR) 1.03, confidence interval (CI) 1.01-1.05; $P = 0.003$], elective PCI (OR 11.9, CI 4.26-33.24; $P < 0.001$) and *ad hoc* PCI (OR 15.46, CI 5.44-43.87; $P < 0.001$). **Conclusions:** Patient weight has a significant impact on radiation exposure during invasive cardiac procedures. Overweight patients are significantly more exposed to higher doses of ionizing radiation.

DESCRIPTORS: Heart catheterization. Body weight. Radiation, ionizing. Radiation exposure.

¹ Curso Técnico em Radiologia e Diagnóstico por Imagem – Escola Profissional da Fundação Universitária de Cardiologia (FUC) – Porto Alegre, RS, Brasil.

² Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul – Fundação Universitária de Cardiologia (IC-FUC) – Porto Alegre, RS, Brasil.

Correspondência: Cristiano de Oliveira Cardoso. Avenida Francisco Petuco, 340/805 – Boa Vista – Porto Alegre, RS, Brasil – CEP 90520-620
E-mail: cro_cardoso@yahoo.com.br

Recebido em: 6/1/2012 • Aceito em: 4/3/2012

Os procedimentos na sala de hemodinâmica têm sido amplamente utilizados para avaliação da doença arterial coronária. Ao mesmo tempo em que o número de procedimentos diagnósticos e terapêuticos tem crescido na cardiologia moderna, pacientes, equipe médica e de enfermagem são expostos aos riscos da radiação ionizante.^{1,2} Concomitantemente ao crescente avanço tecnológico e à maior potência dos equipamentos de hemodinâmica,^{3,4} aumentam os relatos de efeitos nocivos da radiação ionizante.^{5,6}

Sabe-se que o peso do paciente está diretamente relacionado a desfechos desfavoráveis dentro da cardiologia intervencionista, como complicações vasculares.⁷ No entanto, a relação entre peso e exposição radiológica tem sido pouco relatada na literatura nacional.

É objetivo do presente trabalho, portanto, determinar o impacto do peso corporal na exposição radiológica de pacientes submetidos a procedimentos cardiológicos invasivos.

MÉTODOS

Delineamento

Estudo observacional com coleta de dados prospectiva.

Registro RADIAÇÃO

O registro RADIAÇÃO⁸ é um registro institucional com a finalidade de documentar os procedimentos diagnósticos e terapêuticos no campo da cardiologia intervencionista realizados em um aparelho com detectores planos (*flat detectors*). As informações referentes à exposição radiológica e aos detalhes técnicos dos procedimentos são prospectivamente registradas.

Amostra

Pacientes com indicação de cateterismo cardíaco diagnóstico ou intervenção coronária 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 (diabetes, hipertensão arterial, tabagismo, dislipidemia, história familiar), 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.

Parâmetros de exposição radiológica

A exposição radiológica dos pacientes foi medida através 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 monopiano (Philips, Eindhoven, Holanda), três campos de magnificação (15 cm, 20 cm e 25 cm), duplo filtro (cobre + alumínio) e programação padrão para aquisição de imagem em 15 *frames* por segundo.

Análise estatística

Existiram três grupos para comparação: grupo A, pacientes com peso ≤ 79 kg; grupo B, entre 80-99 kg; e grupo C, ≥ 100 kg. 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. Para comparação entre os grupos utilizaram-se os testes qui-quadrado, de Kruskal-Wallis e ANOVA com pós-teste de Bonferroni. Modelo de regressão logística múltipla foi aplicado para identificar possíveis preditores de exposição aumentada à radiação (dose total ≥ 2 Gy). 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 dezembro de 2011 foram realizados 671 procedimentos cardiológicos invasivos, sendo 363 pacientes no grupo A, 252 pacientes no grupo B e 56 pacientes no grupo C.

O número total de procedimentos correspondeu a 420 cateterismos diagnósticos e a 251 angioplastias coronárias. Não existiu diferença estatística entre os grupos quanto à proporção de cateterismos cardíacos diagnósticos (61,2%, 63,5% e 67,9% nos grupos A, B e C, respectivamente) e de angioplastia coronária (38,8%, 36,5% e 32,1% nos grupos A, B e C, respectivamente).

Características demográficas

De maneira geral, observamos que os pacientes do grupo C apresentavam significativamente maior prevalência de hipertensão arterial sistêmica e diabetes melito. Em relação aos outros fatores de risco para doença cardiovascular e medicações em uso não houve diferença significativa entre os grupos. As características clínicas dos três grupos estão detalhadamente demonstradas na Tabela 1.

Características angiográficas dos procedimentos

Os procedimentos diagnósticos foram realizados, em sua maioria, pela via femoral (78,8%, 69,8% e 44%

TABELA 1
Características clínicas dos pacientes

Variável	Grupo A (≤ 79 kg) n = 363	Grupo B (80-99 kg) n = 252	Grupo C (≥ 100 kg) n = 56	P
Idade, anos	64,8 ± 10,8	60,8 ± 10,7	57,2 ± 8,2	< 0,001
Altura, cm	162,5 ± 7,8	169,1 ± 7,18	171,5 ± 8,1	< 0,001
IMC, kg/m ²	26 ± 3	30 ± 3	37 ± 4	< 0,01
Sexo masculino, n (%)	157 (43,3)	181 (71,8)	38 (67,9)	< 0,001
Tabagismo ativo, n (%)	75 (20,7)	53 (21)	11 (19,6)	0,97
Hipertensão arterial, n (%)	276 (76)	205 (81,3)	50 (89,3)	0,04
Diabetes, n (%)	99 (27,3)	72 (28,6)	24 (41,9)	0,049
Uso de insulina	49 (13,5)	32 (12,7)	10 (17,9)	0,59
Dislipidemia, n (%)	186 (51,2)	135 (53,6)	26 (46,4)	0,6
História familiar de DAC, n (%)	214 (59)	147 (58,3)	28 (50)	0,44
ICP prévia, n (%)	121 (33,4)	92 (36,5)	16 (28,6)	0,47
RM prévia, n (%)	40 (11)	32 (12,7)	1 (1,8)	0,059
IAM prévio, n (%)	152 (41,9)	94 (38,3)	16 (28,6)	0,12
AVC prévio, n (%)	16 (4,4)	14 (5,6)	2 (3,6)	0,73
Doença valvar associada, n (%)	8 (2,2)	4 (1,6)	3 (5,4)	0,22
Medicações em uso, n (%)				
AAS	250 (68,9)	167 (66,3)	39 (69,6)	0,76
Clopidogrel/ticlopidina	161 (44,4)	108 (42,9)	19 (33,9)	0,34
Betabloqueador	217 (59,8)	163 (64,7)	37 (66,1)	0,38
Nitrato	164 (45,2)	97 (38,5)	19 (33,9)	0,11
Estatina	213 (58,7)	149 (59,1)	38 (67,9)	0,41
Inibidor da ECA	177 (48,8)	120 (47,6)	34 (60,7)	0,19
Antagonista do cálcio	51 (14)	44 (17,5)	12 (21,4)	0,26
Diurético				
Antagonista da aldosterona	36 (9,9)	23 (9,1)	7 (12,5)	0,74

AAS = ácido acetilsalicílico; AVC = acidente vascular cerebral; DAC = doença arterial coronária; ECA = enzima conversora da angiotensina; IAM = infarto agudo do miocárdio; ICP = intervenção coronária percutânea; IMC = índice de massa corporal; RM = cirurgia de revascularização miocárdica.

nos grupos A, B e C, respectivamente; P = 0,16). A extensão da doença arterial coronária foi semelhante em todos os grupos: até 1 vaso (78% vs. 74,6% vs. 85,7%; P = 0,16), 2 vasos (14% vs. 17,5% vs. 10,7%; P = 0,85) e 3 ou mais vasos (8% vs. 7,9% vs. 3,6%; P = 0,9). O vaso mais acometido foi a artéria descendente anterior em todos os grupos (39,7% vs. 37,3% vs. 30,4%; P = 0,76), enquanto o tronco de coronária esquerda mostrava lesões significantes em 1,1%, 2,8% e 3,6% dos pacientes nos grupos A, B e C, respectivamente (P = 0,21).

Nas angioplastias coronárias, a via de acesso preferencial também foi a femoral (80% vs. 77,4% vs. 55% nos grupos A, B e C, respectivamente; P = 0,67). Taxa de sucesso (95% vs. 93,1 vs. 92,9%; P = 0,76),

lesões tipo B2/C (65% vs. 71% vs. 73,1%; P = 0,68), diâmetro (3,04 mm vs. 3,16 mm vs. 3,2 mm; P = 0,45) e comprimento dos stents (17,88 mm vs. 18,56 mm vs. 16,57 mm; P = 0,34) foram semelhantes entre os grupos. A presença de oclusão crônica e de lesão de bifurcação não diferiu entre os grupos.

Parâmetros de exposição radiológica

Observamos que os pacientes com maior peso foram significativamente mais expostos à radiação ionizante. Tanto a radiação de entrada na pele (*air KERMA*) como o produto dose área foram progressivamente maiores nos pacientes com peso maior. Na Tabela 2 são apresentados os valores de exposição radiológica em cada grupo. A correlação entre dose total recebida e área

TABELA 2
Parâmetro de exposição radiológica nos grupos

Variável	Grupo A (≤ 79 kg) n = 363	Grupo B (80-99 kg) n = 252	Grupo C (≥ 100 kg) n = 56	P
Tempo de fluoroscopia, minutos	4,35	4,53	4,41	0,60
Número de grafias por exame	11	11	11	> 0,9
Número total de frames	779	811	739	0,45
Número total de frames/grafias	67,5	69,5	69,25	0,83
Exposição radiológica				
Air KERMA do paciente, mGy				< 0,001
- Quartil inferior (Q _{1/4})	276,2	476,94	606,34	
- Mediana (Q _{2/4})	484,29	735,69	900,36	
- Quartil superior (Q _{3/4})	766,19	1.191,93	1.517,48	
Produto dose área, mGycm ²				< 0,001
- Quartil inferior (Q _{1/4})	17.239	30.401	38.782	
- Mediana (Q _{2/4})	29.327	43.319	57.987	
- Quartil superior (Q _{3/4})	46.210	71.287	90.856	

irradiada foi significativa nos três grupos estudados, conforme demonstrado na Figura.

Preditores de exposição radiológica aumentada

Em nossa amostra ocorreu exposição radiológica maior que 2 Gy em 3,6% (13/363) dos procedimentos do grupo A, em 16,3% (41/252) do grupo B e em 10,7% (6/56) do grupo C. Por meio das análises uni e multivariada, determinaram-se como preditores de exposição radiológica aumentada peso do paciente, angioplastia eletiva e angioplastia *ad hoc*. As razões de chance e seus respectivos intervalos de confiança estão apresentados na Tabela 3.

DISCUSSÃO

O presente estudo é o primeiro em nosso meio a determinar o impacto do peso na exposição radiológica dos pacientes submetidos a procedimentos cardiológicos invasivos. Os resultados demonstraram que pacientes obesos recebem maior exposição à radiação que indivíduos não-obesos.

Os equipamentos atuais de hemodinâmica possuem um controle automático de dose e qualidade de imagem (*Automatic Bright Control* – ABC).^{3,9,10} Embora o processo de funcionamento seja complexo, na prática, toda vez que o equipamento detecta baixa resolução de imagem ou grande variação de brilho ocorre aumento da dose para compensação. Em pacientes obesos, a espessura e a densidade do tórax são aumentadas. Logo, o equipamento automaticamente emite maior dose para manter o padrão de qualidade. Estudos utilizando câmara de ionização demonstram que a cada 1 cm de espessura

ocorre 25% a mais de exposição radiológica.³ Por isso, os pacientes obesos recebem maior dose de Rx durante os procedimentos.

A obesidade comprovadamente interfere em alguns desfechos cardiovasculares, como as complicações vasculares^{7,11} e a incidência de fibrilação atrial.¹² Dados de estudos eletrofisiológicos demonstram que pacientes obesos, quando submetidos a isolamento das veias pulmonares, recebem o dobro da dose que pacientes não-obesos.¹³ Nossos resultados demonstram que pacientes com mais de 100 kg recebem 1,8 vez e 1,2 vez mais radiação que pacientes com menos de 79 kg e de 99 kg, respectivamente. Portanto, a obesidade exerce impacto significativo na exposição radiológica.

Preocupações referentes à radiação ionizante são totalmente cabíveis e pertinentes a todo indivíduo exposto a esse tipo de efeito biológico. Medidas que promovem redução da dose de radiação são antiquadas e novas propostas têm sido apresentadas.¹⁴⁻¹⁸ É conceito que a exposição à radiação ionizante deve ser a menor possível, quando inevitável. O chamado princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*),^{19,20} fundamentado em 1977, define, basicamente, que a exposição à radiação deve ser mantida tão baixa quanto razoavelmente exequível (*as low as reasonably achievable*). Apesar de o conceito ALARA ser amplamente conhecido, Mavrikou et al.²¹ 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.⁸

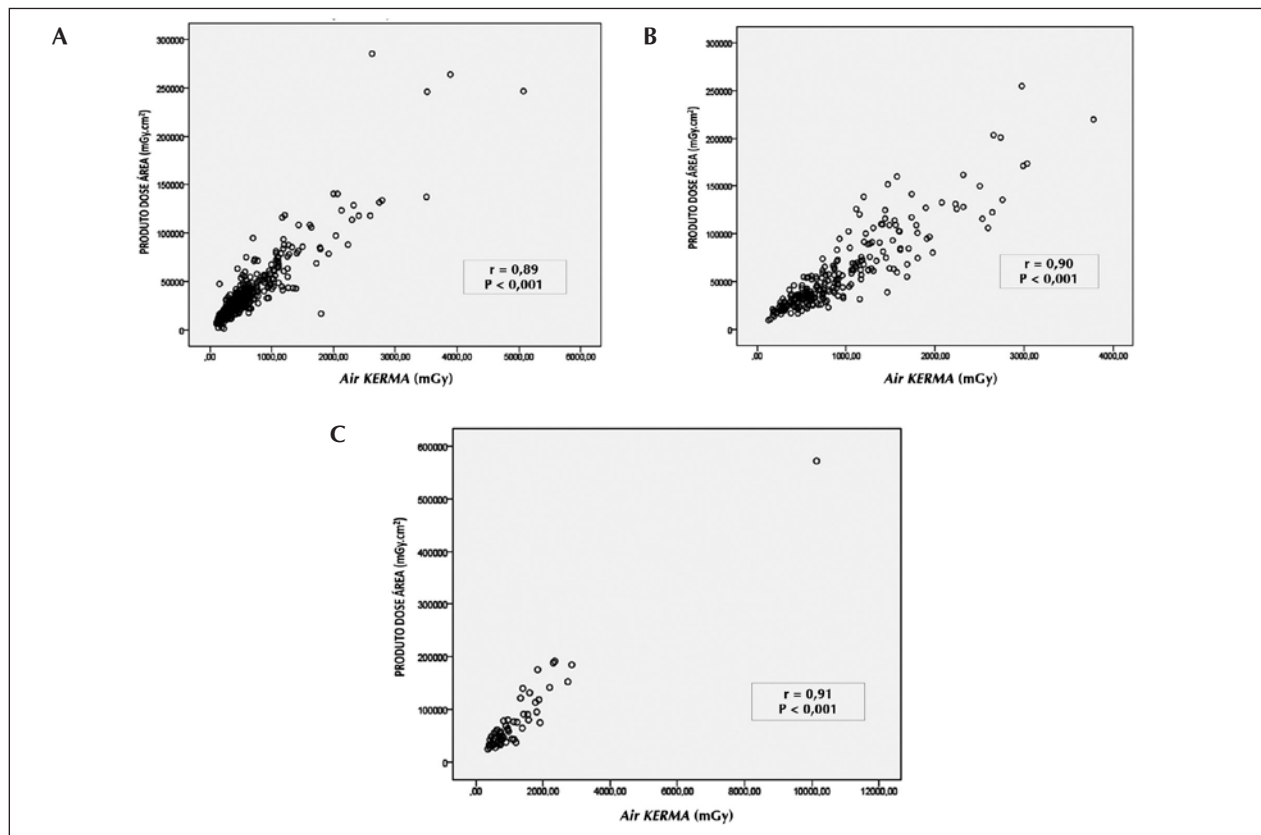


Figura - Correlação entre área irradiada e dose total recebida.

TABELA 3
Análise multivariada para determinação dos preditores de exposição radiológica aumentada

Variável	RC	IC	P
Peso corporal	1,03	1,01-1,05	0,003
Procedimento de angioplastia eletiva	11,9	4,26-33,24	< 0,001
Procedimento de angioplastia <i>ad hoc</i>	15,46	5,44-43,87	< 0,001

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

A superexposição radiológica torna-se cada vez mais frequente na prática diária. Nosso grupo demonstrou que equipamentos com tecnologia de detectores planos podem crescer 65% a mais de radiação quando comparados aos aparelhos com intensificador de imagem.²² Também demonstramos que até 12% dos procedimentos cardiológicos invasivos ultrapassam a dose crítica de 2 Gy.⁸ Atualmente, lesões de pele, antes raras, têm sido relatadas durante procedimentos na cardiologia intervencionista.⁵ Mais recentemente, seis alarmantes casos de tumores cerebrais⁶ em intervencionistas chamaram a atenção da comunidade médica, sendo novamente levantada a preocupação com o risco ocupacional. Por

isso, as sociedades médicas estão estimulando cada vez mais programas de treinamento e medidas educativas para redução de risco biológico.^{1,16,17}

Tão importante quanto a dose total de radiação é considerar a área exposta aos efeitos biológicos da radiação e potenciais riscos de neoplasias pelos efeitos estocásticos. Nosso estudo demonstra que existe forte correlação entre dose total recebida e área irradiada, independentemente do peso do paciente. Os pacientes com mais de 100 kg recebem cerca de 57.987 mGy² durante os procedimentos. Esse medida é maior que os 50.000 mGy² recomendados pela International Atomic Energy Agency (IAEA)²³. Nota-se que em obesos a área irradiada é maior que a recomendada. Esse é um achado importante, pois quanto maior a área irradiada maior é a chance de efeitos estocásticos e de potenciais riscos de neoplasias.

Embora não tenha sido demonstrado em nosso trabalho, outros autores determinaram o risco atribuível da exposição radiológica na incidência de câncer. Utilizando o modelo de risco do grupo BEIR VII^{24,25} (*Biological Effects of Ionizing Radiation*), conclui-se que o desenvolvimento de um tumor sólido após exposição radiológica é pequeno. No entanto, as exposições continuadas e com doses mais elevadas podem promover algum risco maior ainda desconhecido.^{26,27}

Limitações do estudo

O presente estudo tem limitações que devem ser consideradas. Esta é uma análise realizada em centro único e com um número ainda pequeno de pacientes. A exposição radiológica refere-se apenas à dose de radiação recebida pelo paciente; portanto, qualquer inferência sobre a dose recebida pelos hemodinamicistas não pôde ser determinada.

CONCLUSÕES

O peso exerce impacto significativo na exposição radiológica em procedimentos cardiológicos invasivos. Pacientes com peso elevado são significativamente mais expostos à radiação ionizante.

AGRADECIMENTO

Agradecemos aos colegas hemodinamicistas drs. Alexandre Damiani Azmus, André Manica, Carlos Roberto Cardoso, Henrique Basso Gomes, Flávio Celso Leboutte, Luis Maria Yordi, Mauro Régis Moura e Rogério Sarmento-Leite pela colaboração no estudo.

CONFLITO DE INTERESSES

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

REFERÊNCIAS

1. Miller DL, Vano 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.
2. Picano E, Vano E. The radiation issue in cardiology: the time for action is now. *Cardiovasc Ultrasound*. 2011;9:35.
3. Gurley JC. Flat detectors and new aspects of radiation safety. *Cardiol Clin*. 2009;27(3):385-94.
4. Seibert JA. Flat-panel detectors: how much better are they? *Pediatric Radiol*. 2006;36 Suppl 2:173-81.
5. 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.
6. 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(9):1081-6.
7. Davis C, VanRiper S, Longstreet J, Moscucci M. Vascular complications of coronary interventions. *Heart Lung*. 1997;26(2):118-27.
8. Cardoso CO, Sebben JC, Fischer L, Vidal M, Broetto GG, Silva BS, et al. Padrão de exposição radiológica e preditores de superexposição dos pacientes submetidos a procedimentos cardiológicos invasivos em equipamentos com detectores planos. *Rev Bras Cardiol Invasiva*. 2011;19(1):84-9.
9. Lin PJ. Operation logic and functionality of automatic dose rate and image quality control of conventional fluoroscopy. *Med Phys*. 2009;36(5):1486-93.
10. Trianni A, Bernardi G, Padovani R. Are new technologies always reducing patient doses in cardiac procedures? *Radiat Prot Dosimetry*. 2005;117(1-3):97-101.
11. Nikolsky E, Mehran R, Dangas G, Fahy M, Na Y, Pocock SJ, et al. Development and validation of a prognostic risk score for major bleeding in patients undergoing percutaneous coronary intervention via the femoral approach. *Eur Heart J*. 2007;28(16):1936-45.
12. Wang TJ, Parise H, Levy D, D'Agostino RB Sr, Wolf PA, Vasan RS, et al. Obesity and the risk of new-onset atrial fibrillation. *JAMA*. 2004;292(20):2471-7.
13. Ector J, Dragusin O, Adriaenssens B, Huybrechts W, Willems R, Ector H, et al. Obesity is a major determinant of radiation dose in patients undergoing pulmonary vein isolation for atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2007;50(3):234-42.
14. European Society of Radiology (ESR). White paper on radiation protection by the European Society of Radiology. *Insights into Imaging*. 2011;2(4):357-62.
15. 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.
16. Chambers CE, Fetterly KA, Holzer R, Lin PJ, Blankenship JC, Balter S, et al. Radiation safety program for the cardiac catheterization laboratory. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2011;77(4):546-56.
17. Carpeggiani C, Kraft G, Caramella D, Semelka R, Picano E. Radioprotection (un)awareness in cardiologists, and how to improve it. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2011 Aug 18. [Epub ahead of print]
18. Chambers CE. Radiation dose: it is more than just "time". *Catheter Cardiovasc Interv*. 2011;78(1):143-4.
19. Hendee WR, Edwards FM. ALARA and an integrated approach to radiation protection. *Semin Nucl Med*. 1986;16(2):142-50.
20. International Commission on Radiological Protection (ICRP). *Recommendations*. Oxford: Pergamon Press; 1977 (Publication, 26).
21. 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.
22. Medeiros RF, Sarmento-Leite R, Cardoso CO, Quadros AS, Rizzo E, Fischer L, et al. Exposição à radiação ionizante na Sala de Hemodinâmica. *Rev Bras Cardiol Invasiva*. 2010;18(3):316-20.
23. International Atomic Energy Agency (IAEA). *Establishing guidance levels in x ray guided medical interventional procedures: a pilot study*. Vienna, Austria; 2009. (Safety Reports Series, 59).
24. Higson D. BEIR VII-2. *J Radiol Prot*. 2005;25(3):324-5.
25. Huda W, He W. Estimating cancer risks to adults undergoing body CT examinations. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011 Sep 17. [Epub ahead of print]
26. 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.
27. Vano E, Ubeda C, Leyton F, Miranda P, Gonzalez L. Staff radiation doses in interventional cardiology: correlation with patient exposure. *Pediatr Cardiol*. 2009;30(4):409-13.