

Avaliação de exposições médicas em procedimentos pediátricos de radiologia intervencionista*

Evaluation of medical radiation exposure in pediatric interventional radiology procedures

Valéria Coêlho Costa Navarro¹, Marcus Vinícius Teixeira Navarro², Ana Figueiredo Maia³, Adriano Dias Dourado Oliveira⁴, Aline da Silva Pacheco Oliveira⁵

Resumo **Objetivo:** Avaliar as exposições pediátricas de radiologia intervencionista em dois hospitais do Estado da Bahia, visando contribuir para a construção de um cenário estadual e nacional, possibilitando o conhecimento das exposições e da necessidade de sua otimização, visto que as peculiaridades que envolvem a radiologia e a pediatria se potencializam quando se trata de procedimentos de radiologia intervencionista, em razão das doses elevadas de radiação. **Materiais e Métodos:** Foram avaliados 32 procedimentos em quatro salas nos dois principais hospitais que realizam procedimentos de radiologia intervencionista pediátrica na Bahia. Foram avaliados os valores de kerma no ar incidente e o produto kerma-área no ar de 27 procedimentos cardiológicos e 5 procedimentos cerebrais. **Resultados:** Os valores máximos de produto kerma-área e kerma obtidos para procedimentos cardiológicos foram, respectivamente, 129,9 Gy.cm² e 947,0 mGy, e para procedimentos cerebrais, 83,3 Gy.cm² e 961,0 mGy. **Conclusão:** Os resultados deste estudo mostraram valores de exposições superiores em até 14 vezes os obtidos em estudos realizados em outros países, chegando próximos de resultados obtidos para procedimentos em adultos. Isto revela quão elevadas podem ser as exposições pediátricas, indicando a necessidade de constante otimização dos procedimentos e avaliação das exposições. **Unitermos:** Proteção radiológica; Radiologia intervencionista; Pediatria.

Abstract **Objective:** To evaluate pediatric radiation exposure in procedures of interventional radiology in two hospitals in the Bahia state, aiming at contributing to delineate the scenario at the state and national levels. The knowledge of exposure levels will allow an evaluation of the necessity of doses optimization, considering that peculiarities of radiology and pediatrics become even more significant in interventional radiology procedures which involve exposure to higher radiation doses. **Materials and Methods:** A total of 32 procedures were evaluated in four rooms of the two main hospitals performing pediatric interventional radiology procedures in the Bahia state. Air kerma rate and kerma-area product were evaluated in 27 interventional cardiac and 5 interventional brain procedures. **Results:** Maximum values for air kerma rate and kerma-area product and air kerma obtained in cardiac procedures were, respectively, 129.9 Gy.cm² and 947.0 mGy; and, for brain procedures were 83.3 Gy.cm² and 961.0 mGy. **Conclusion:** The present study results showed exposure values up to 14 times higher than those found in other foreign studies, and approximating those found for procedures in adults. Such results demonstrate excessive exposure to radiation, indicating the need for constant procedures optimization and evaluation of exposure rates.

Keywords: Radiation protection; Interventional radiology; Pediatrics.

Navarro VCC, Navarro MVT, Maia AF, Oliveira ADD, Oliveira ASP. Avaliação de exposições médicas em procedimentos pediátricos de radiologia intervencionista. Radiol Bras. 2012 Jul/Ago;45(4):210-214.

INTRODUÇÃO

A radiologia intervencionista abrange os procedimentos com objetivos predominantemente terapêuticos guiados por acesso percutâneo, nos quais as intervenções utilizam como guia de imagem, usualmente, o raio X fluoroscópico, mas podendo também ser realizados por tomografia computadorizada ou por ressonância magnética⁽¹⁾. O número de procedimentos invasivos uti-

lizando a radiologia intervencionista em pediatria vem aumentando nos últimos anos, visto que especialidades médicas como a cardiologia, a hepatologia e a neurologia têm feito uso desta ferramenta. Além disso, há forte tendência de aplicação da técnica em pediatria, pelo fato de ser um grupo de alto risco cirúrgico.

Há bem pouco tempo não era possível pensar em correções de cardiopatias complexas, drenagens das veias pulmonares, correção de defeitos como estenoses aórtica e pulmonar, correção de doenças urológicas como a urolitíase, dentre outras

* Trabalho realizado no Programa de Pós-graduação em Física da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Brasil.

1. Mestre, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Física da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Salvador, BA, Brasil.

2. Doutor, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Salvador, BA, Brasil.

3. Doutora, Professora da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Brasil.

4. Médico Hemodinamista, Diretor de Qualidade da Sociedade Brasileira de Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista, Salvador, BA, Brasil.

5. Tecnóloga em Radiologia, Estudante de Iniciação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Salvador, BA, Brasil.

Endereço para correspondência: Valéria Coêlho Costa Navarro. Rua Apoema, 240, Condomínio Aldeia Jaguaribe, Piatã. Salvador, BA, Brasil, 41613-044. E-mail: vccnavarro@gmail.com

Recebido para publicação em 15/3/2012. Aceito, após revisão, em 2/7/2012.

indicações, sem a intervenção operatória, método que possui elevado risco de mortalidade⁽²⁾.

A radiologia intervencionista é uma das aplicações das radiações na medicina que deve produzir benefícios superiores aos riscos, satisfazendo o primeiro e mais básico dos princípios da proteção radiológica, o *princípio da justificação*, mesmo sendo a prática radiológica com as maiores exposições médicas e ocupacionais, podendo inclusive chegar aos níveis de efeitos determinísticos.

Neste contexto, de possíveis exposições elevadas, a radiologia intervencionista pediátrica demanda atenção especial, pois as crianças são mais radiosensíveis do que os adultos, em função da elevada multiplicação celular e expectativa de vida das crianças, podendo o risco de câncer letal ser de duas a quatro vezes superior, comparado ao de adultos, por unidade de dose⁽³⁾.

Com relação aos efeitos determinísticos, existe a possibilidade da ocorrência de lesões radioinduzidas graves, eritemas, epilação, necroses, esterilidade e catarata⁽⁴⁻⁸⁾.

Em vista dos riscos relatados acima, os estudos vêm apontando para a necessidade de adoção de condutas específicas que possam otimizar os procedimentos pediátricos por meio da avaliação da qualidade da imagem simultaneamente com a investigação das doses de radiação, a fim de mantê-las o mais baixo possível⁽⁹⁻¹³⁾.

No Estado da Bahia, cinco serviços de hemodinâmica realizam procedimentos pediátricos, porém, uma demanda por volta de 80% se concentra nos dois serviços deste estudo, visto que os demais só realizam procedimentos pediátricos em situações de emergência. Para garantir a representatividade da amostra, as informações necessárias ao estudo foram coletadas nestes dois serviços por um período de três meses. O baixo percentual de procedimentos pediátricos no Estado é consequência da limitação do número de profissionais habilitados para a realização de tais procedimentos.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar as exposições pediátricas de radiologia intervencionista em dois hospitais do Estado da Bahia, visando contribuir para a construção de um cenário estadual e nacional, possibilitando o conhecimento das exposições e a sua otimização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em cooperação com dois hospitais de Salvador, BA, Brasil, que realizam procedimentos pediátricos de radiologia intervencionista. As instituições A e B dispõem, cada uma, de duas salas (1 e 2) para procedimentos pediátricos. Os equipamentos utilizados foram o Angio Diagnost 5 (Philips Medical Systems) no hospital A, e o Innova 3100 (GE Healthcare) no hospital B. Para este trabalho, foram avaliadas as exposições dos procedimentos pediátricos realizados de abril a junho de 2011, tendo sido preservada a identificação dos hospitais e dos pacientes.

Vale salientar que estes hospitais realizam procedimentos intervencionistas em adultos e crianças, mas contam com a limitação no número de profissionais que realizam procedimentos pediátricos. Assim, a capacidade de realização de procedimentos pediátricos ainda é pequena, o que explica o pequeno número de dados no período. Os procedimentos foram categorizados a partir da especialidade médica, tendo sido estudados 27 procedimentos cardiológicos e 5 procedimentos cerebrais, totalizando 32 procedimentos avaliados. Os dados biométricos levantados dos pacientes neste estudo foram sexo e idade.

Na análise estatística, foram calculadas a média, a mediana e o alcance das distribuições de kerma no ar e produto kerma no ar \times área (P_{KA}). Para fins de comparação com os níveis de referência de adultos, foi calculado o terceiro quartil do kerma no ar e do P_{KA} para os procedimentos pediátricos.

As avaliações foram realizadas utilizando-se a indicação dos medidores dos próprios equipamentos. Apesar de todos os equipamentos possuírem câmaras de transmissão com possibilidade de indicação de kerma e P_{KA} , esta dupla indicação estava disponível apenas nas salas 1 e 2 da instituição B, enquanto na sala 1 da instituição A estava habilitada a indicação do P_{KA} e, na sala 2, a indicação do kerma.

Para a avaliação de P_{KA} , inicialmente foi calculado o fator de correção, tendo como referência o medidor externo de P_{KA} do fabricante Iba Dosimetry. O medidor foi colocado na saída do feixe, sobre o cabeçote, e os resultados apresentados foram corrigidos a partir dos fatores de calibração

obtidos. Assim, as medidas de P_{KA} apresentadas neste trabalho representam o valor indicado nos equipamentos corrigido pelo fator de correção.

As medidas do kerma no ponto de referência, indicadas pelos equipamentos, foram corrigidas tendo por base os valores indicados pelo multimetedor modelo Rapi-dose (Radcal Corporation). O multimetedor foi posicionado sob o simulador CIRS NEMA XR21, na configuração recomendada pelo fabricante e de acordo com a IEC 601-2-43 item 203.5.2.4.5.101 (d). Os medidores utilizados possuem certificados de calibração válidos até junho de 2012.

Os equipamentos dos dois serviços foram submetidos a avaliação de desempenho e, além do kerma no ar e do P_{KA} , foram verificados os parâmetros: tensão do tubo, tempo de exposição, camada semirredutora, filtração, resolução espacial, resolução de alto contraste, resolução de baixo contraste, faixa dinâmica e tamanho de campo.

Como em apenas um serviço existia indicação de tempo de escopia e número de imagens, estes parâmetros não foram considerados neste estudo.

RESULTADOS

Foram avaliadas 32 exposições médicas pediátricas, tendo sido os resultados categorizados por procedimentos, por instituição e por sala, conforme apresentados na Tabela 1.

Os resultados médios de kerma no ar incidente e P_{KA} por especialidade médica estão apresentados na Tabela 2.

Uma síntese dos parâmetros avaliados nos equipamentos está apresentada na Tabela 3.

Com relação à idade dos pacientes, o grupo estudado possuía idades entre 0 e 14 anos, sendo a distribuição apresentada na Figura 1.

Em todos os grupos etários estiveram presentes pacientes submetidos a procedimentos cardiológicos, ao passo que não houve ocorrência de procedimentos cerebrais na faixa de 1 a 10 anos. A distribuição etária por instituição por sala está apresentada na Figura 2.

No que diz respeito ao sexo dos pacientes, 41,9% eram do sexo feminino, ao passo que 58,1% eram do sexo masculino.

Tabela 1 Média, mediana e alcance do P_{KA} , kerma no ar incidente e número de pacientes para as salas das instituições A e B.

Instituição	Sala	Procedimento	n	P_{KA} (Gy.cm ²)				Kerma no ar (mGy)			
				Mínimo	Máximo	Média	3º quartil	Mínimo	Máximo	Média	3º quartil
A	1	AR	1	34,1	34,1	34,1	34,1	—	—	—	—
		C8	11	10,1	129,9	57,8	86,2	—	—	—	—
	2	AC	4	—	—	—	—	248,5	527,0	415,3	498,6
		CC	6	—	—	—	—	28,3	492,3	399,3	486,6
		ACTP	3	—	—	—	—	145,9	153,3	149,6	151,5
B	1	CC	4	27,1	80,8	54,9	83,8	229,0	675,0	460,3	575,0
	2	EC	1	83,3	83,3	83,3	83,3	961,0	961,0	961,0	961,0
		CC	1	64,2	64,2	64,2	64,2	947,0	947,0	947,0	947,0

n, número de pacientes; AR, ablação por radiofrequência; CC, cateterismo cardíaco; AC, angiografia cerebral; ACTP, angioplastia coronariana transluminal percutânea; EC, embolização cerebral.

Tabela 2 Dados de média, mediana e 3º quartil do P_{KA} e kerma no ar incidente para procedimentos cardiológicos e cerebrais neste estudo.

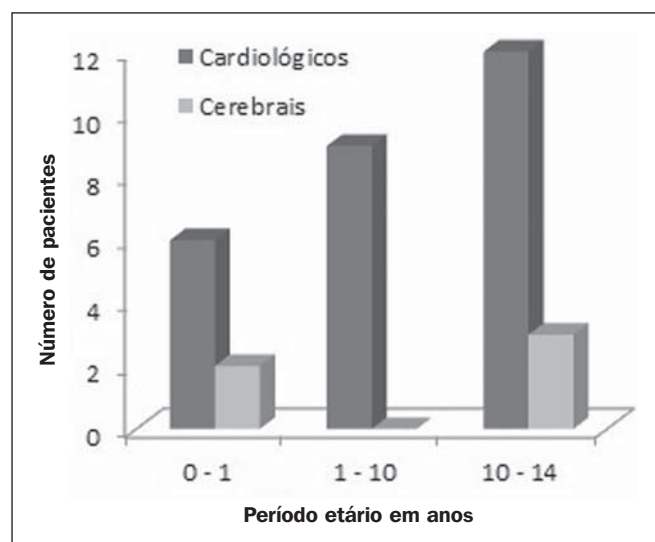
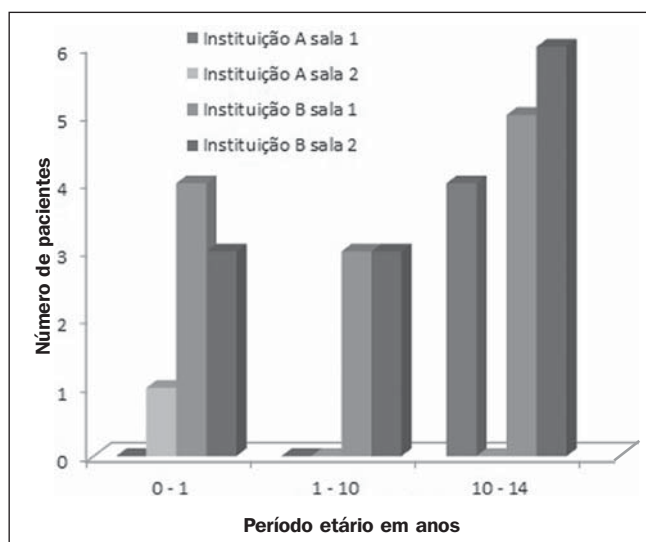
	Procedimentos cardiológicos		Procedimentos cerebrais	
	P_{KA} (Gy.cm ²)	Kerma no ar (mGy)	P_{KA} (Gy.cm ²)	Kerma no ar (mGy)
Média	38,7	393,3	42,3	551,7
Mediana	27,9	454,9	30,9	498,7
3º quartil	45,9	491,8	59,2	635,5

As técnicas cerebrais envolvidas neste estudo – angiografia cerebral e a embolização cerebral – representaram 16,1% do total de procedimentos, enquanto as técnicas cardiológicas, ablação por radiofrequência, cateterismo cardíaco e angioplastia coronariana transluminal percutânea representaram 83,9%.

Tabela 3 Caracterização dos equipamentos avaliados neste estudo.

Instituição	Sala	Fabricante	Modelo	Exatidão da tensão	Exatidão do P_{KA}	Exatidão do kerma	RE (p/mm)	RBC (padrões)	CSR (mmAl) 80 kVp
A	1	GE	Innova 3100	6,1%	-4,0%	-5,4%	2,5	3	5,1
	2	GE	Innova 3100	7,7%	3,9%	3,5%	2,6	4	4,9
B	1	Philips	Angio Diagnost 5	8,3%	11,3%	—	1,6	2	3,9
	2	Philips	Angio Diagnost 5	6,6%	—	12,1%	2,4	2	4,6

RE, resolução espacial; RBC, resolução em baixo contraste; CSR, camada semirredutora.


Figura 1. Gráfico de distribuição etária dos procedimentos categorizados em cardiológicos e cerebrais.

Figura 2. Gráfico de distribuição etária por instituição por sala.

DISCUSSÃO

Neste estudo, a avaliação das exposições médicas pediátricas para os procedimentos intervencionistas cardiológicos e cerebrais mostrou que, ao compararmos os resultados com estudos semelhantes, o método por nós utilizado para avaliação do P_{KA} foi similar ao de Bacher et al.⁽¹⁴⁾ e Tsapaki et al.⁽⁸⁾. Na avaliação do kerma utilizamos método similar ao utilizada para o P_{KA} , em razão da indisponibilidade de acesso a outros métodos, tais como filmes dosimétricos ou dosimetria termoluminescente.

Os resultados deste estudo mostraram valores de P_{KA} entre 57,8 e 64,2 Gy.cm², enquanto os valores máximo e mínimo foram, respectivamente, 10,1 e 129,9 Gy.cm². Já as médias de P_{KA} para procedimentos cardiológicos pediátricos obtidos por Tsapaki et al.⁽⁸⁾ para cateterismo cardíaco, num estudo envolvendo 20 países da África, Ásia e Europa, em que a população pediátrica representava cerca de 2% da amostragem do estudo, situavam-se entre 0,1 e 36,7 Gy.cm². Em estudo de Bacher et al.⁽¹⁴⁾, realizado para estimar a dose em crianças numa amostra de 60 pacientes submetidos a cateterismo cardíaco, a média de P_{KA} foi 4,5 Gy.cm², com valores máximo e mínimo de 0,4 e 20,4 Gy.cm², respectivamente. Ao compararmos os resultados apresentados acima, nota-se que nossos valores médios de P_{KA} estão entre duas a catorze vezes superior e o valor máximo de P_{KA} é cerca de seis vezes maior.

Quando comparamos com os valores encontrados por Padovani e Quai⁽⁶⁾ e pelo TECDOC-1641⁽¹⁵⁾, para procedimentos em adultos, o P_{KA} para o cateterismo cardíaco estava na faixa, respectivamente, de 12,0–67,0 Gy.cm² e 5,1–221,0 Gy.cm², o que mostra que nossos resultados apresentam valores próximos dos encontrados na literatura para adultos.

Vale salientar que essa equivalência entre as faixas de P_{KA} – pediátrica e adulta – pode refletir a complexidade dos procedimentos pediátricos estudados, bem como a necessidade de otimização dos procedimentos nos referidos centros.

No que diz respeito ao kerma para procedimentos de cateterismo cardíaco, nossos resultados médios estão entre 399,3 e 947,0 mGy, enquanto os valores mínimo e

máximo foram, respectivamente, 28,3 e 947,0 mGy. Ao compararmos com os valores obtidos por Bacher et al.⁽¹⁴⁾, que registraram média para cateterismo cardíaco de 23,9 mGy e intervalo entre os valores mínimo e máximo de 1,49–297,5 mGy, observamos que nossos resultados encontram-se muito acima dos obtidos por esses pesquisadores, estando o nosso valor mínimo superior ao obtido como resultado médio no referido estudo.

O resultado médio de kerma por nós obtido foi 961,0 mGy, para procedimentos cerebrais, enquanto os valores mínimo e máximo foram, respectivamente, 248,3 mGy e 961,0 mGy. Para o P_{KA} obtivemos valor médio de 83,3 Gy.cm². Em estudo semelhante, Raelson et al.⁽¹⁶⁾ obtiveram, para P_{KA} , valores médios entre 103,8 e 340,3 Gy.cm², e para kerma, valor médio de 580,0 mGy. Já Rampado et al.⁽¹⁷⁾, em estudo de neurointervenção com 18 pacientes pediátricos, obtiveram intervalos entre valores mínimos e máximos para kerma e P_{KA} , respectivamente, de 88,0–1710,0 mGy e 16,7–343,0 Gy.cm². Ao compararmos os resultados do nosso estudo com os de Raelson et al.⁽¹⁶⁾ e Rampado et al.⁽¹⁷⁾, observamos que o valor médio para P_{KA} do presente estudo está dentro da faixa de valores dos autores citados, enquanto nosso valor máximo de kerma é superior ao obtido por Raelson et al.⁽¹⁶⁾ e inferior ao obtido por Rampado et al.⁽¹⁷⁾, o que pode ser reflexo da complexidade dos casos em análise.

As técnicas cerebrais avaliadas por Miller et al.⁽¹⁸⁾ mostraram valores do terceiro quartil, para embolização cerebral em adultos, na faixa de 339,5–403,2 Gy.cm² para o P_{KA} , bem acima do valor encontrado no presente estudo, de 83,3 Gy.cm², e valores do terceiro quartil na faixa de 4169,0–4441,0 mGy para o kerma, também acima do obtido neste estudo, de 961,0 mGy.

Ao considerarmos a análise de dose por instituição, no presente estudo, observa-se que para a instituição A o valor máximo de kerma no ar incidente para procedimentos cerebrais foi 527,0 mGy e para cateterismo cardíaco o valor máximo de P_{KA} foi 129,9 Gy.cm². Para a instituição B, os valores máximos de kerma e P_{KA} para procedimentos cerebrais foram 961,0 mGy e 83,3 Gy.cm², respectivamente, enquanto os resultados para cateterismo cardíaco foram

675,0 mGy e 80,8 Gy.cm² para kerma e P_{KA} , respectivamente.

Este estudo classificou os grupos avaliados com relação à idade e o sexo dos pacientes. No que diz respeito à idade, há uma prevalência de cardiopatias congênitas nos grupos etários neonatal (0–30 dias) e lactente (31 dias–2 anos), o que indica a predominância de procedimentos cardiológicos nestes grupos⁽¹⁹⁾. Vale ressaltar que a massa corporal do paciente não pode ser descartada como informação rotineira dos serviços de hemodinâmica, pois este é um fator de contribuição às altas doses, visto que a atenuação do feixe está relacionada ao aumento da massa do paciente⁽¹⁸⁾. Logo, como o índice de massa corporal depende do peso e da altura do paciente, este estudo não avaliou este dado biométrico por indisponibilidade de informações por parte das instituições.

As diferenças encontradas entre as instituições, bem como entre outros estudos, podem estar relacionadas a diversos fatores, tais como a complexidade de cada procedimento, o peso e a idade dos pacientes, a experiência da equipe ou as técnicas utilizadas. Entretanto, esses parâmetros e correlações não foram objetivos deste estudo, mas, na continuidade das nossas pesquisas sobre radiologia intervencionista pediátrica, deverão ser avaliados.

Com relação à caracterização dos equipamentos, apesar de o Brasil não possuir legislação específica sobre a avaliação e desempenho dos equipamentos de radiologia intervencionista, a Portaria SVS/MS 453/98⁽²⁰⁾ estabelece que a radiologia intervencionista está na sua abrangência regulatória, podendo ser utilizados os requisitos de fluoroscopia, aplicáveis à radiologia intervencionista.

Todos os equipamentos neste estudo apresentaram desvios da indicação da tensão do tubo menores do que 10%, em conformidade com a Portaria SVS/MS 453/98⁽¹⁸⁾. O desvio da indicação do P_{KA} e do kerma estava acima de 10% em dois equipamentos.

A visualização dos padrões de baixo contraste deve ser capaz de resolver, no mínimo, três dos quatro padrões presentes no simulador. Dois dos quatro equipamentos estavam abaixo do nível mínimo de visualização.

Todos os equipamentos estavam com a camada semirredutora acima de 2,6 mmAl, valor mínimo a 80 kVp, determinado pela Portaria SVS/MS 453/98⁽²⁰⁾.

Logo, com base no marco regulatório brasileiro, foi possível avaliar que todos os equipamentos estavam em conformidade de desempenho com relação aos parâmetros de exatidão da indicação da tensão do tubo e da camada semirredutora.

Todavia, com relação à resolução espacial, todos os fabricantes indicam em seus manuais valores entre 4 e 5 pl/mm, sendo, neste estudo, o maior valor medido de 2,6 pl/mm e o menor valor medido de 1,6 pl/mm, três vezes menor que o informado pelo fabricante. A resolução espacial é um importante parâmetro na avaliação da qualidade da imagem, que, associada à resolução de baixo contraste, influenciam fortemente a qualidade da imagem, e seus baixos valores de desempenho podem aumentar o tempo dos exames e, conseqüentemente, as exposições médicas, em razão das dificuldades de visualização das imagens.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo mostraram valores de exposições superiores em até 14 vezes aos relatados em estudos realizados em outros países, chegando próximos de resultados obtidos para procedimentos em adultos. Assim, podemos concluir que as elevadas exposições pediátricas indicam a necessidade de constante otimização dos procedimentos e avaliação das exposições.

A prática de não registrar as informações sobre o paciente e o procedimento, tais como dados biométricos, tempo de exposição, kerma e P_{KA} , dificulta bastante a realização dos estudos e a possibilidade de acompanhamento em casos em que existam

exposições próximas aos valores do limiar de efeitos determinísticos.

Neste mesmo sentido, como em apenas um serviço existia indicação de tempo de escopia e número de imagens, estes parâmetros não foram considerados, representando uma limitação neste estudo.

Os resultados encontrados são os primeiros do Estado da Bahia e apresentam uma contribuição no sentido de construir um cenário estadual e nacional, com a perspectiva de subsidiar políticas públicas, incluindo legislações específicas para a radiologia intervencionista e pediátrica.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio técnico e financeiro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), da Universidade Federal de Sergipe (UFS), do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Metrologia das Radiações em Medicina e do Instituto Nacional de Ciência Inovação e Tecnologia em Saúde (INCT-CITECS).

REFERÊNCIAS

- World Health Organization. Efficacy and radiation safety in interventional radiology. Geneva, Switzerland: WHO; 2000.
- Atik E. Cateterismo cardíaco intervencionista na cardiologia pediátrica. O posicionamento médico quanto às aplicações atuais e perspectivas. [Editorial]. *Arq Bras Cardiol*. 2002;79:443–5.
- Pettersson HB, Fälth-Magnusson K, Persliden J, et al. Radiation risk and cost-benefit analysis of a paediatric radiology procedure: results from a national study. *Br J Radiol*. 2005;78:34–8.
- Canevaro L. Aspectos físicos e técnicos da radiologia intervencionista. *Rev Bras Fís Med*. 2009;3:101–15.
- Vano E, Sanchez R, Fernandez JM, et al. Patient dose reference levels for interventional radiology: a national approach. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2009;32:19–24.
- Padovani R, Quai E. Patient dosimetry approaches in interventional cardiology and literature dose data review. *Radiat Prot Dosimetry*. 2005;117:217–21.
- Rösch J, Keller FS, Kaufman JA. The birth, early years, and future of interventional radiology. *J Vasc Interv Radiol*. 2003;14:841–53.
- Tsakaki V, Kottou S, Korniotis S, et al. Radiation doses in paediatric interventional cardiology procedures. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;132:390–4.
- Aroua A, Besançon A, Buchillier-Decka I, et al. Adult reference levels in diagnostic and interventional radiology for temporary use in Switzerland. *Radiat Prot Dosimetry*. 2004;111:289–95.
- Ubeda C, Vano E, Miranda P, et al. Radiation dose and image quality for paediatric interventional cardiology systems. A national survey in Chile. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011;147:429–38.
- Vano E, Ubeda C, Leyton F, et al. Radiation dose and image quality for paediatric interventional cardiology. *Phys Med Biol*. 2008;53:4049–62.
- Silva MSR, Khoury HJ, Borrás C, et al. Dosimetria de pacientes e médicos em intervenções coronárias percutâneas em Recife, Pernambuco, Brasil. *Radiol Bras*. 2011;44:90–6.
- Soares FAP, Pereira AG, Flôr RC. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. *Radiol Bras*. 2011;44:97–103.
- Bacher K, Bogaert E, Lapere R, et al. Patient-specific dose and radiation risk estimation in pediatric cardiac catheterization. *Circulation*. 2005;111:83–9.
- International Atomic Energy Agency. Patient dose optimization in fluoroscopically guided interventional procedures. Final report of a coordinated research project. IAEA-TECDOC-1641. Vienna, Austria: IAEA; 2010.
- Raelson CA, Kanak KM, Vavilala MS, et al. Radiation dose and excess risk of cancer in children undergoing neuroangiography. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;193:1621–8.
- Rampado O, Ropolo R. Entrances skin dose distribution maps for interventional neuroradiological procedures: a preliminary study. *Radiat Prot Dosimetry*. 2005;117:256–9.
- Miller DL, Kwon D, Bonavia GH. Reference levels for patient radiation doses in interventional radiology: proposed initial values for U. S. practice. *Radiology*. 2009;253:753–64.
- Miyague NI, Cardoso SM, Meyer F, et al. Estudo epidemiológico de cardiopatias congênitas na infância e adolescência. Análise em 4538 casos. *Arq Bras Cardiol*. 2003;80:269–73.
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Portaria nº 453, de 1º de junho de 1998. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2 de junho de 1998.