

# Dosimetria de pacientes e médicos em intervenções coronárias percutâneas em Recife, Pernambuco, Brasil\*

*Radiation dosimetry in patients and physicians during percutaneous coronary angioplasty in Recife, Pernambuco, Brazil*

Maria do Socorro Rocha da Silva<sup>1</sup>, Helen Jamil Khoury<sup>2</sup>, Cari Borrás<sup>3</sup>, André Ferrão Oliveira<sup>4</sup>, Hugor Ferreira de Paiva Vianna<sup>5</sup>, Flavio Roberto Azevedo de Oliveira<sup>6</sup>, Flavio Adolpho Aranha Japyassú<sup>6</sup>, Flávio Braga Mota<sup>6</sup>

**Resumo** **Objetivo:** Este trabalho teve como objetivo estimar os valores de doses de radiação recebidas por médicos e pacientes em procedimentos intervencionistas cardíacos realizados em um hospital público na cidade de Recife, Pernambuco. **Materiais e Métodos:** As medidas foram determinadas em 31 pacientes adultos, dos quais 22 tiveram acompanhamento clínico após o procedimento, e em dois cardiologistas com mais de dez anos de experiência. Parâmetros de irradiação para cada procedimento foram registrados. **Resultados:** Os valores obtidos para a dose absorvida máxima na pele do paciente variaram entre 612 e 8.642 mGy, sendo que 53% foram maiores que 2.000 mGy, valores estes que podem causar efeitos determinísticos. Com relação aos médicos, a dose efetiva média por procedimento foi de 11  $\mu$ Sv e os valores médios do equivalente de dose nas extremidades, mais altos, foram: 923  $\mu$ Sv no pé esquerdo, 514  $\mu$ Sv no pé direito, 382  $\mu$ Sv na mão esquerda e 150  $\mu$ Sv no olho esquerdo. Dependendo do número de procedimentos, as doses recebidas pelos médicos podem exceder os valores limites de doses estabelecidos pelas normas nacionais e internacionais. **Conclusão:** Os resultados obtidos sinalizam a necessidade de adoção de estratégias para otimização da proteção radiológica tanto de pacientes quanto de médicos. **Unitermos:** Dosimetria de pacientes e médicos; Cardiologia intervencionista; Dosimetria em cardiologia intervencionista.

**Abstract** **Objective:** The present study was aimed at estimating the values of radiation doses received by physicians and patients during interventional cardiology procedures performed at a public hospital in the city of Recife, Pernambuco, Brazil. **Materials and Methods:** Measurements were made in two cardiologists with more than ten years of experience and in 31 adult patients, with 22 of them being clinically followed-up after the procedure. The individual irradiation parameters were documented. **Results:** The values for maximum patients skin dose ranged between 612 and 8,642 mGy, achieving more than 2,000 mGy in 53% of the patients; such dose values may cause deterministic effects. As regards the physicians, the mean effective dose per procedure was 11  $\mu$ Sv, and the highest mean equivalent doses in the limbs were 923  $\mu$ Sv in the left foot, 514  $\mu$ Sv in the right foot, 382  $\mu$ Sv in the left hand, and 150  $\mu$ Sv in the left eye. Depending on the number of procedures, the doses received by the physician may exceed the dose limits established by the Brazilian and international standards. **Conclusion:** The obtained results indicate the necessity of adopting strategies for optimizing the radiological protection for both patients and physicians. **Keywords:** Dosimetry in physicians and patients; Interventional cardiology; Dosimetry in interventional cardiology.

Silva MSR, Khoury HJ, Borrás C, Oliveira AF, Vianna HFP, Oliveira FRA, Japyassú FAA, Mota FB. Dosimetria de pacientes e médicos em intervenções coronárias percutâneas em Recife, Pernambuco, Brasil. *Radiol Bras.* 2011 Mar/Abr;44(2):90-96.

## INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos na área da geração de imagens médicas com radiações ionizantes possibilitaram a realização de

intervenções cirúrgicas pouco invasivas, que têm beneficiado diversas áreas da medicina, destacando-se entre essas as intervenções em cardiologia intervencionista. A segurança, a credibilidade e a eficácia destas técnicas invasivas têm permitido a realização de intervenções cada vez mais complexas e sofisticadas, apresentando como vantagem o fato de serem menos agressivas ao paciente, trazendo benefícios clínicos que têm sido comparáveis aos da cirurgia convencional<sup>(1)</sup>.

\* Trabalho realizado no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Grupo de Dosimetria e Instrumentação Nuclear, e no Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP), Recife, PE, Brasil.

1. Mestre em Engenharia Biomédica, Professora do Instituto Federal de Ciências, Educação e Tecnologia de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

2. Doutora em Física, Professora Titular do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil.

3. Doutora em Ciências, Professora Visitante no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil.

4. Médico Residente do Departamento de Cirurgia do Hospital das Clínicas de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

5. Médico Residente do Departamento de Cirurgia do Hospital da Aeronáutica de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

6. Médicos Cardiologistas Intervencionistas do Departamento de Hemodinâmica do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP), Recife, PE, Brasil.

Endereço para correspondência: Maria do Socorro Rocha da Silva. Grupo GDOIN-DEN, Universidade Federal de Pernambuco. Avenida Professor Luiz Freire, 1000, Cidade Universitária. Recife, PE, Brasil. 50740-540. E-mail: msrochas2003@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 1/6/2010. Aceito, após revisão, em 21/3/2011.

Não obstante, esses procedimentos acarretam altas doses de radiação ao paciente e à equipe médica. Estudos têm mostrado que as doses na entrada da pele do paciente têm sido elevadas, causando eritemas e, em alguns casos, necroses da pele<sup>(2,3)</sup>.

A dose absorvida na superfície da pele do paciente pode ser determinada usando dosímetros apropriados, ou estimada a partir de indicadores de “dose” apresentados no *display* do equipamento angiográfico durante o procedimento, como a “dose cumulativa total” ( $K_{a,r}$ ) e o produto kerma ar área ( $P_{KA}$ )<sup>(4,5)</sup>. A “dose cumulativa”, denominada internacionalmente *reference point air kerma*, é calculada a partir dos parâmetros de irradiação selecionados pelo equipamento de fluoroscopia durante o procedimento clínico. A referência para esse cálculo é um ponto denominado ponto de referência intervencionista (*interventional reference point* – IRP), definido na norma IEC 601-2-43, que está localizado no eixo central a 15 cm do isocentro na direção do ponto focal. O IRP é definido como sendo a localização que representa a entrada do feixe na pele do paciente<sup>(5,6)</sup>. A dose absorvida na pele na região mais irradiada e o  $K_{a,r}$  são consideradas grandezas adequadas para estimar o risco de ocorrência de efeitos determinísticos (como eritema, alopecia e esterilidade), enquanto o  $P_{KA}$  é utilizado para estimar a ocorrência de efeitos estocásticos (como câncer)<sup>(5,6)</sup>.

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) recomenda que em procedimentos intervencionistas sejam registrados, nos arquivos do hospital ou no prontuário do paciente, o valor e a localização da máxima dose absorvida (MDA) na pele quando esse valor exceder a 1.000 mGy em procedimentos nos quais existe a possibilidade de serem repetidos, tal como em cardiologia quando ocorre a reestenose (reobstrução de uma artéria que já foi tratada por angioplastia). Recomenda-se também o acompanhamento clínico e o registro desses dados em quaisquer procedimentos intervencionistas quando: MDA exceder 3.000 mGy,  $K_{a,r}$  exceder 5.000 mGy ou  $P_{KA}$  exceder 500 Gy.cm<sup>2</sup><sup>(5,7)</sup>.

Além do paciente, que está diretamente exposto ao feixe de radiação primário, os profissionais, especialmente os médicos, recebem doses altas devido à radiação espa-

lhada, porque precisam permanecer junto ao paciente durante a execução dos procedimentos. Os valores de dose de radiação também podem ser elevados em função do número de procedimentos realizados pelo médico. Estudos da Sociedade Americana de Radiologia Cardiovascular e Intervencionista mostraram que doses altas têm sido observadas mesmo quando se utilizam equipamentos modernos e profissionais qualificados<sup>(8,9)</sup>. Segundo Filippova, os cardiologistas são os profissionais que recebem as doses mais altas<sup>(10)</sup>.

O objetivo do presente estudo foi avaliar os níveis de dose de radiação nas intervenções coronárias percutâneas do tipo angioplastia transluminal coronária, em um hospital que realiza procedimentos desse tipo em grande quantidade. A importância deste trabalho é fornecer dados para os médicos, contribuindo para a otimização e redução da dose de radiação nos pacientes e na equipe médica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisados 34 procedimentos de angioplastia transluminal percutânea das artérias coronárias, com e sem a colocação de *stents*, realizados em um hospital público da cidade do Recife, PE, Brasil, entre abril de 2007 e setembro de 2009.

O equipamento utilizado foi um angiógrafo monoplanar modelo Integris Allura 12 (Philips Medical Systems; Best, Holanda), equipado com gerador de raios X trifásico, com conversor de alta frequência microprocessado, tensão nominal de 40 kV a 150 kV e corrente máxima de 1 A. O tubo de raios X tinha pontos focais de 0,5 e 0,8 mm e estava equipado com dois colimadores, um do tipo iris (automático) e o outro retangular (acionado manualmente). A filtração do feixe de raios X era de 2,5 mmAl a 100 kV, além da filtração adicional de alumínio e cobre selecionadas por *software*. O intensificador de imagens era de 30 cm de diâmetro com quatro campos de visão (30/22/17/12) cm selecionáveis pelo médico. No equipamento não foram instalados o saíte nem o visor plumbífero que auxiliam na redução da incidência de radiação espalhada no médico<sup>(11)</sup>.

Todos os procedimentos monitorados foram feitos utilizando o modo de fluoros-

copia normal pulsado (30 pulsos por segundo) e o modo cinegrafia pulsado (15 imagens por segundo), com matriz de imagens normal (512 × 512). No modo fluoroscopia as imagens são visualizadas em tempo real, mas não são gravadas, e no modo cinegrafia as imagens são gravadas em uma sequência de cine (filmagem) para que possam ser vistas após o procedimento. A fluoroscopia e a cinegrafia podem ser pulsadas ou contínuas, de acordo com os raios X produzidos pelo gerador.

A amostra de pacientes foi constituída por 31 adultos, escolhidos aleatoriamente, sem restrição de sexo, idade ou peso, com base na programação eletiva do setor de hemodinâmica do hospital. Três dos 31 pacientes fizeram dois procedimentos durante o período do estudo e 21 pacientes tiveram acompanhamento clínico após o procedimento, com a finalidade de verificar se apareciam lesões na pele. Nove desses pacientes foram fotografados nas costas e avaliados pelos médicos antes e 14 dias após o procedimento, seguindo recomendações internacionais<sup>(8)</sup>.

Inicialmente o estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do hospital e obteve aprovação. Os pacientes ou responsáveis que aceitaram participar do estudo foram esclarecidos sobre os riscos e benefícios da pesquisa e assinaram termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com as exigências definidas na Resolução CNS 196/96, que normatiza a pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil<sup>(12)</sup>.

A amostra de médicos foi constituída por dois profissionais especialistas em cardiologia intervencionista, pertencentes ao quadro funcional do hospital. A monitoração dosimétrica foi realizada no médico executor do procedimento. O médico assistente, quando presente, não foi monitorado.

## Radiação nos pacientes

A dosimetria dos pacientes foi avaliada de duas formas:

### 1. Por avaliação da “dose cumulativa” ( $K_{a,r}$ ) e do $P_{KA}$

Dentre as informações fornecidas pelo equipamento angiográfico durante os procedimentos, foram registrados os seguintes dados: o nível (*normal/high/low*) e o modo (contínuo/pulsado) de fluoroscopia e cine-

grafia; o número total de imagens adquiridas no modo cinegrafia; e o tempo de fluoroscopia (min). Também foram registradas a angulação e rotação do conjunto arco C (tubo de raios X e intensificador de imagem) para cada projeção dos campos de radiação resultantes nas diferentes magnificações do intensificador de imagens; as distâncias do ponto focal ao intensificador (*source-image detector distance* – SID) e do ponto focal ao paciente (*source-skin distance* – SSD); e parâmetros de irradiação como: tensão (kV), largura do pulso (ms) e corrente (mA) aplicadas ao tubo de raios X.

Com base nos parâmetros de irradiação (kV, mA e ms) que são selecionados automaticamente pelo equipamento de acordo com as projeções utilizadas e com as características do paciente e do contraste radiográfico, o equipamento angiográfico calcula o  $K_{a,r}$ . Esse cálculo é efetuado com referência a um ponto denominado *interventional reference point* (IRP), definido pela norma IEC 601-2-43<sup>(6)</sup>, localizado no feixe primário a 15 cm do isocentro na direção do tubo de raios X. A partir do valor de  $K_{a,r}$  foi possível calcular o kerma ar incidente –  $K_{a,i}$  (mGy) – no ponto correspondente à superfície da pele do paciente (ao nível da superfície da mesa), levando-se em consideração a variação da intensidade da radiação com o inverso do quadrado da distância. Como o  $K_{a,r}$  não contabiliza a contribuição da radiação espalhada pelo paciente, para determinar a dose na superfície de entrada da pele do paciente ( $K_{a,e}$ ) multiplicou-se o  $K_{a,i}$  por um fator de retroespalhamento (1,3) e por um coeficiente de conversão (1,054) que relaciona a absorção da radiação no tecido humano com a absorção da radiação no ar. Esse fator de retroespalhamento representa a contribuição da radiação que é espalhada do feixe central devido à presença da mesa cirúrgica e do próprio paciente.

Com a distância do intensificador ao tubo de raios X e o diâmetro do campo de irradiação, calculou-se a área irradiada para cada angulação/rotação ao nível da mesa cirúrgica, utilizando os fatores geométricos adequados. Com esses valores, o  $P_{KA}$  foi calculado multiplicando-se o  $K_{a,i}$  pela área obtida. O  $P_{KA}$  total foi calculado somando-se o  $P_{KA}$  parcial nas diferentes projeções utilizadas durante o procedimento.

## 2. Por dosimetria com filmes radiocrômicos

Para avaliar a distribuição da radiação e a localização da região de máxima dose absorvida nas costas dos pacientes, utilizaram-se, em nove pacientes, filmes radiocrômicos do tipo GafChromic XR V2 (International Specialty Products; New Jersey, EUA), disponíveis em folhas de 35 × 43 cm, desenvolvidos para dosimetria de pacientes em procedimentos de fluoroscopia e em radioterapia. Os filmes foram posicionados na região do tórax posterior, em cima da mesa cirúrgica, com a face branca do filme voltada para a entrada do feixe de raios X, conforme instruções de uso do fabricante<sup>(13)</sup>. O filme foi acomodado em um saco plástico preto para proteger da luz e também de líquidos utilizados na assepsia do paciente.

A radiação altera a coloração do filme radiocrômico, de modo que as áreas mais escurecidas correspondem às áreas mais irradiadas. O kerma ar na superfície de entrada da pele dos pacientes –  $K_{a,e}$  (mGy) – foi estimado a partir da leitura da densidade ótica nessas regiões enegrecidas, 24 horas após o procedimento, para garantir a estabilidade da absorvância óptica do filme, de acordo com recomendações do fabricante, e por aplicação dos fatores de calibração estabelecidos no Laboratório de

Metrologia das Radiações Ionizantes do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (LMRI/DEN/UFPE)<sup>(13,14)</sup>.

Para estabelecer uma relação entre a localização das áreas mais irradiadas nos filmes e as regiões das costas do paciente, o filme foi subdividido em nove áreas: lados direito superior (DS), direito central (DC) e direito inferior (DI), centro superior (CS), centro central (CC) e centro inferior (CI), e esquerdo superior (ES), esquerdo central (EC) e esquerdo inferior (EI), conforme se apresenta na Figura 1.

A máxima dose absorvida na superfície da pele dos pacientes foi calculada multiplicando-se o maior valor de  $K_{a,e}$ , determinado por densidade ótica na superfície do filme, por um coeficiente de absorção de energia (1,054) que relaciona a absorção da radiação no tecido humano com a absorção da radiação no ar, como no caso de  $K_{a,e}$ .

## Radiação nos médicos

A dosimetria nos médicos foi realizada utilizando-se 38 dosímetros termoluminescentes (TLD-100), distribuídos aos pares, conforme ilustrado na Figura 2.

A dose efetiva E (mSv) foi estimada a partir das medidas obtidas com os dosímetros TL colocados um ao nível do pescoço sobre o protetor de tireoide e o outro ao

Direito superior (DS)	Centro superior (CS)	Esquerdo superior (ES)
Direito central (DC)	Centro central (CC)	Esquerdo central (EC)
Direito inferior (DI)	Centro inferior (CI)	Esquerdo inferior (EI)

**Figura 1.** Regiões no filme radiocrômico.

nível da cintura sob o avental de proteção (TL 8 e 13, respectivamente, conforme mostrados na Figura 2), e utilizando o algoritmo de Niklason<sup>(15)</sup>:

$$E = 0,02 (H_O - H_U) + H_U$$

onde:  $H_O$  é o valor de  $H_{P(0,07)}$  (mSv) para a medida do dosímetro TL (8) e  $H_U$  é o valor de  $H_{P(10)}$  (mSv) obtido para o dosímetro TL (13).

A leitura dos dosímetros TL (8 e 13) foi corrigida pelos coeficientes definidos na ICRP Publication 74<sup>(16)</sup> para conversão dessas medidas nos correspondentes equivalente de dose pessoal  $H_{P(0,07)}$  e  $H_{P(10)}$ , respectivamente.

## RESULTADOS

### Radiação nos pacientes

Os 31 pacientes adultos avaliados apresentaram idades entre 36 e 78 anos ( $60 \pm 11$  anos), peso entre 49 e 116 kg ( $73 \pm 14$  kg) e altura entre 1,50 e 1,80 m ( $1,63 \pm 0,10$  m), sendo 39% do sexo feminino e 61% do sexo masculino. Os valores indicados entre parênteses representam a média e o desvio-padrão dos dados ( $M \pm 1s$ ).

Os resultados da avaliação dosimétrica nas duas formas apresentadas nos métodos estão descritos a seguir:

#### 1. Por avaliação da “dose cumulativa” ( $K_{a,r}$ ) e do $P_{KA}$

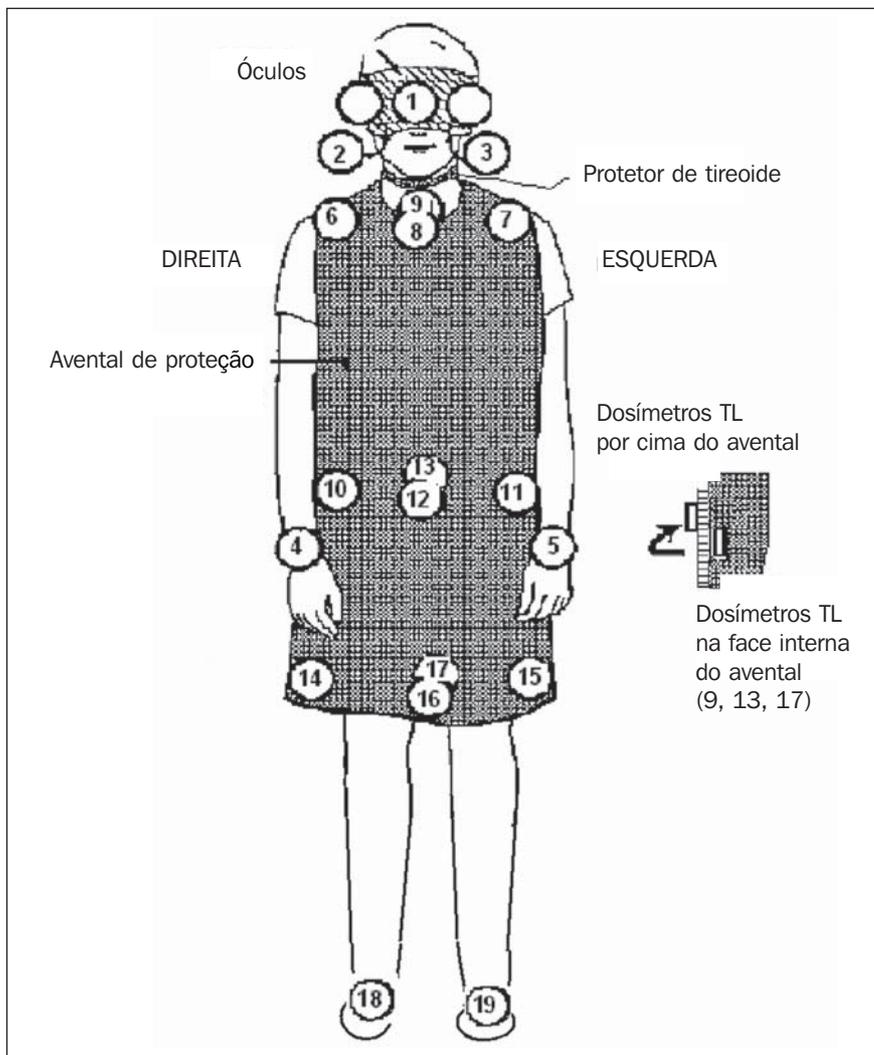
Os valores mínimo, médio, máximo e terceiro quartil dos parâmetros registrados pelo equipamento durante os procedimentos estão apresentados na Tabela 1.

Observa-se, na Tabela 1, que os valores de  $K_{a,r}$ , em cinegrafia e em fluoroscopia, são praticamente iguais, apesar das diferenças entre pacientes e procedimentos.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de  $K_{a,r}$ ,  $K_{a,e}$  e  $P_{KA}$  definidos ao nível da superfície de entrada da pele do paciente. Com relação aos valores de  $P_{KA}$ , pode-se observar que nenhum paciente apresentou valor superior a  $500 \text{ Gy.cm}^2$ .

#### 2. Por dosimetria com filmes radiocrômicos

Os resultados para a distribuição da dose absorvida, utilizando o filme radiocrômico em nove pacientes, estão resumidos na Tabela 3.



**Figura 2.** Localização dos dosímetros TL no avental e no corpo dos médicos: face – testa (1) e região do olho direito (2) e esquerdo (3); membros superiores – mãos, ao nível dos pulsos, por dentro da luva de procedimentos (mão direita (4) e mão esquerda (5)); região da tireoide – na face externa do protetor de tireoide (8) e por dentro (9); tórax – na altura dos ombros, por cima do avental, lado direito (6) e esquerdo (7); abdome inferior – ao nível da cintura: em cima do avental, lado direito (10), lado esquerdo (11), no centro por cima do avental (12) e no centro, por dentro do avental (13); ao nível dos joelhos, por cima do avental, lado direito (14) e esquerdo (15), no centro externo (16) e por dentro do avental (17); membros inferiores – pés na região anterior, pé direito (18) e pé esquerdo (19).

**Tabela 1** Dados registrados pelo equipamento angiográfico nos procedimentos monitorados.

Parâmetros	Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo	Valor 3º quartil
Número total de imagens cinegráficas	481	1.689	4.585	1.883
Tempo de exposição em fluoroscopia (s)	98	522	2.128	579
SID (cm)	103	114	120	118
SSD (cm)	51	71	87	75
Diâmetro do campo de radiação (cm)	12	22	30	12
$K_{a,r}$ em cinegrafia (mGy)	354	1.270	3.302	1.432
$K_{a,r}$ em fluoroscopia (mGy)	282	1.042	4.047	1.348
$K_{a,r}$ total (cinegrafia + fluoroscopia) (mGy)	781	2.313	5.876	2.934

SID, distância do ponto focal ao intensificador de imagem; SSD, distância do ponto focal ao paciente. Nota: Os valores de  $K_{a,r}$  estão expressos no ponto de referência IRP, como apresentados no equipamento angiográfico, sem correções para o fator de retroespalhamento e geometria para a superfície da mesa.

**Tabela 2**  $K_{a,r}$ ,  $K_{a,e}$ ,  $P_{KA}$  e MDA medida e estimada com filmes radiocrômicos na superfície de entrada da pele dos pacientes.

ID	$K_{a,r}$ (mGy)	$K_{a,e}$ (mGy)	$P_{KA}$ (Gy.cm <sup>2</sup> )	MDA <sub>FILME</sub> (mGy)	MDA <sub>(<math>K_{a,r}</math> máx)</sub> (mGy)
F1	3.961,7	3.976,0	135	—	2.368,0
F2	1.378,2	1.383,2	43	—	1.301,3
F3	3.852,1	3.866,0	131	—	2.985,8
F4	2.993,5	3.004,3	89	—	4.232,4
F5	2.989,8	3.000,6	92	2.779,9	3.949,0
F6	1.665,2	1.671,2	52	3.228,5	1.689,2
F7	1.412,8	1.417,9	46	1.350,8	1.587,7
F8	805,0	807,9	28	1.013,6	1.288,8
F9	1.158,2	1.162,4	73	—	1.185,8
F10	5.876,1	5.897,3	228	—	8.642,3
F11	2.101,3	2.108,9	82	—	2.692,5
F12	1.068,2	1.072,0	32	—	1.545,0
F13	1.593,5	1.599,2	55	—	2.012,6
M1	3.503,0	3.515,6	143	—	1.962,6
M2	1.643,5	1.649,4	62	—	1.420,4
M3	1.832,6	1.839,2	72	—	2.231,9
M4	2.765,4	2.775,4	84	—	1.833,4
M5	1.459,3	1.464,6	45	—	611,6
M6	2.508,3	2.517,3	85	3.965,6	3.825,7
M7	2.558,2	2.567,4	84	4.180,0	3.845,1
M8	1.661,9	1.667,9	79	2.306,9	2.090,8
M9	1.626,1	1.632,0	77	—	1.804,2
M10	2.237,7	2.245,8	74	—	2.670,9
M11	5.835,6	5.856,6	240	—	6.828,2
M12	1.760,4	1.766,7	60	—	1.345,0
M13	1.425,4	1.430,5	61	—	2.725,9
M14	3.130,5	3.141,8	166	—	1.241,8
M15	2.133,7	2.141,4	70	—	4.729,7
M16	1.232,6	1.237,0	73	—	3.276,9
M17	2.032,8	2.040,1	87	—	1.242,7
M18	781,2	784,0	28	—	1.551,6
M19	2.561,0	2.570,2	99	648,6	710,3
M20	3.388,2	3.400,4	113	—	4.365,0
M21	1.693,2	1.699,3	57	—	2.169,1

ID, Identificação do paciente.

**Tabela 3** Valores mínimo, médio, máximo e terceiro quartil para a localização da máxima dose absorvida na superfície da pele, estimada por regiões dos filmes radiocrômicos, em nove pacientes.

Regiões	Localização	Dose absorvida (mGy)			
		Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo	Valor 3º quartil
Costas (lado direito)	Superior (DS)	328,0	1.255,0	3.230,0	2.285,0
	Centro (DC)	328,0	2.454,0	3.967,0	3.924,0
	Inferior (DI)	268,0	1.011,0	2.277,0	1.383,0
Costas (centro)	Superior (CS)	297,0	947,0	3.230,0	636,0
	Centro (CC)	112,0	466,0	1.351,0	721,0
	Inferior (CI)	214,0	1.681,0	4.180,0	2.398,0
Costas (lado esquerdo)	Superior (ES)	214,0	362,0	649,0	396,0
	Centro (EC)	127,0	912,0	1.960,0	1.363,0
	Inferior (DI)	248,0	555,0	1.218,0	768,0

Os resultados para a localização da máxima dose absorvida indicaram doses mais altas nas regiões do filme no lado direito central (DC) e no centro inferior (CI), que correspondem à porção direita e centro inferior das costas dos pacientes, respectivamente. Essa localização está coerente com os estudos clínicos, uma vez que 65% dos pacientes apresentaram lesão nas coronárias esquerdas e isso resulta em que as áreas mais irradiadas se situem entre o centro e o lado direito das costas.

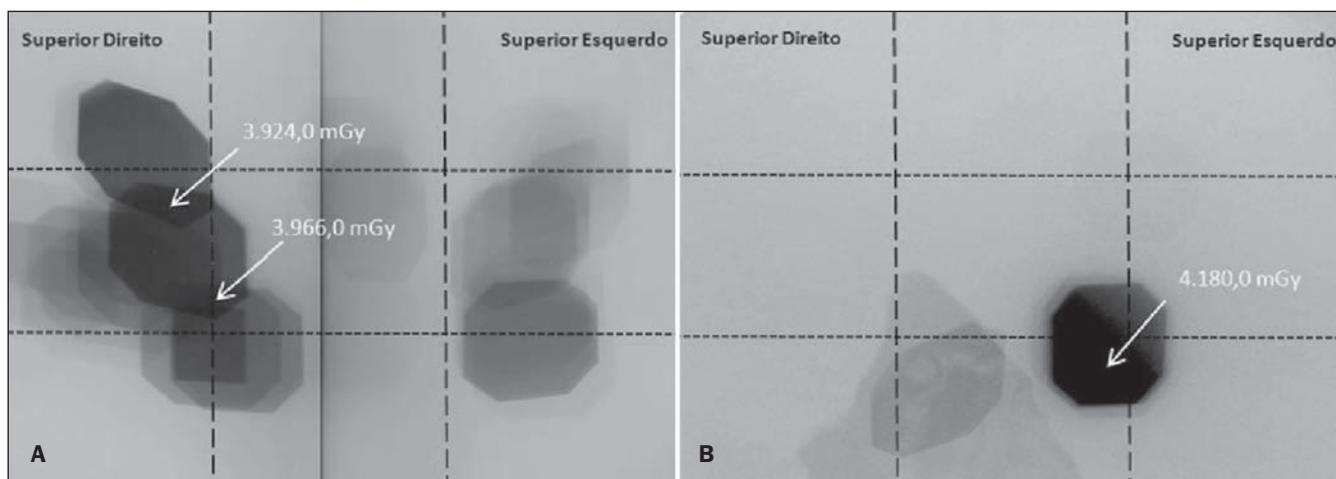
As imagens com a distribuição de dose nas costas dos dois pacientes que tiveram as doses mais altas estão apresentadas na Figura 3. Na primeira imagem (Figura 3A) observa-se que, apesar de terem sido utilizadas angulações variadas, a máxima dose absorvida está localizada numa região onde há superposição de campos; na segunda imagem (Figura 3B), a máxima dose absorvida é decorrente da projeção que foi mais utilizada no procedimento.

A máxima dose absorvida na superfície da pele, determinada com o filme radiocrômico (MDA<sub>FILME</sub>), foi maior que 2.000 mGy em 63% dos pacientes. Apesar de poder manifestar-se eritema a partir de 2.000 mGy, não se observou essa reação na pele dos pacientes. Os resultados obtidos tanto para localização da máxima dose quanto para a determinação do valor da máxima dose mostram a superioridade e a praticidade do uso dos filmes radiocrômicos.

A análise dos resultados obtidos para os pacientes monitorados com o filme radiocrômico permitiu observar que o  $K_{a,r}$  máximo, ou seja, o  $K_{a,r}$  na projeção mais utilizada durante o procedimento e a máxima dose absorvida medida com o filme apresentou correlação significativa ( $r^2 = 0,808$ ). A partir dessa relação ( $K_{a,r}$  máximo e MDA<sub>FILME</sub>), foi possível estimar a máxima dose absorvida para os outros pacientes do estudo (MDA<sub>( $K_{a,r}$  máx)</sub>). Os resultados individuais para a máxima dose absorvida medida com os filmes radiocrômicos (MDA<sub>FILME</sub>) e estimada a partir da relação com o  $K_{a,r}$  máximo (MDA<sub>( $K_{a,r}$  máx)</sub>) estão listados na Tabela 2.

A máxima dose absorvida na superfície da pele dos pacientes foi maior que 1.000 mGy em 94% (32 dos 34) procedimentos e maior que 3.000 mGy em 29% (10 de 34).

Os pacientes que apresentaram máxima dose absorvida maior que 3.000 mGy ou



**Figura 3.** Imagem com a distribuição de dose ( $K_{a,e}$ ) na superfície dos filmes de dois pacientes que apresentaram as doses mais altas.

kerma ar cumulativo maior que 5.000 mGy foram contatados e não relataram a ocorrência de lesões.

**Radiação nos médicos**

A dose efetiva média por procedimento nos médicos foi de 10,8  $\mu$ Sv. Os valores mínimo, médio, máximo e terceiro quartil de dose equivalente obtidos com os dosímetros TL no corpo dos médicos estão apresentados na Tabela 4.

Os valores de dose equivalente nas extremidades, mais altos, foram: 923  $\mu$ Sv no pé esquerdo, 514  $\mu$ Sv no pé direito, 382  $\mu$ Sv na mão esquerda e 150  $\mu$ Sv no olho esquerdo. As doses mais altas foram localizadas do lado esquerdo do corpo do médico e nos membros inferiores, porque o tubo de raios X situa-se do lado esquerdo do médico e embaixo da mesa cirúrgica e também pela ausência do acessório de proteção inferior do equipamento.

**DISCUSSÃO**

Com relação aos parâmetros de dose, o confronto dos resultados deste estudo com dados publicados na literatura, apresentados na Tabela 5, mostra que os valores registrados são comparáveis aos apresentados por Mavrikou et al.<sup>(17)</sup> e Tsapaki et al.<sup>(18)</sup> e com os níveis de referência (DRL) sugeridos pela IAEA<sup>(19)</sup> (TF = 22 min,  $P_{KA} = 125 \text{ Gy.cm}^2$ ) e pelo projeto europeu DIMOND III<sup>(20)</sup>.

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, em que 94% dos pacientes apresentaram dose máxima absorvida maior que 1.000 mGy, e considerando que nas intervenções coronárias percutâneas a probabilidade de reestenose ocorre em 40% dos casos nos primeiros seis meses<sup>(21,22)</sup>, recomenda-se que o departamento de hemodinâmica do hospital registre as doses e realize o acompanhamento clínico de todos os pacientes submetidos aos procedimentos de angioplastia (angioplastia transluminal coronária), tanto para avaliar a ocorrência de efeitos imediatos como também a ocorrência de efeitos tardios (câncer).

A respeito da dosimetria nos médicos, as doses nas pernas foram muito elevadas e poderiam ser reduzidas utilizando o acessório de proteção na parte inferior da mesa, conforme recomendações da Portaria nº 453 do Ministério da Saúde<sup>(23)</sup>. A dose média por procedimento no olho esquerdo do médico foi de 69  $\mu$ Sv. Este valor poderia ser reduzido significativamente se fossem utilizados a proteção superior do equipamento contra radiação espalhada ou os

**Tabela 4** Kerma ar medido nas regiões do avental (dentro e fora) e na superfície da pele dos médicos.

Locais de medição (Figura 2)	Dosímetro TL	$H_T$ ( $\mu$ Sv)			
		Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo	Valor 3º quartil
Cabeça (região dos olhos)	(1)	2,3	19,9	61,3	23,3
	(2)	1,1	10,8	42,0	14,3
	(3)	9,8	69,2	149,7	97,0
Membros superiores	(4)	3,6	39,4	106,1	38,7
	(5)	13,2	104,8	381,6	122,3
Tórax (ombro)	(6)	0,3	14,3	31,8	17,3
	(7)	14,7	30,7	76,0	35,5
Tireoide	(8)	2,5	21,3	51,0	29,4
	(9)	0,8	7,5	20,2	6,8
Tórax (abdome inferior: região da cintura)	(10)	2,5	6,7	12,0	7,9
	(11)	61,0	168,0	406,6	164,1
	(12)	4,2	104,6	551,4	64,6
	(13)	0,8	13,3	70,7	10,0
Membros inferiores (joelhos e pés)	(14)	5,5	19,6	51,7	24,2
	(15)	170,8	310,2	465,1	350,8
	(16)	66,2	227,6	730,7	243,5
	(17)	4,4	14,3	35,5	16,2
	(18)	79,0	236,2	514,1	265,9
	(19)	119,6	309,9	922,7	327,8
Dose efetiva ( $\mu$ Sv.procedimento <sup>-1</sup> )		1,1	10,8	44,0	10,4

**Tabela 5** Valores observados neste estudo e em trabalhos publicados na literatura.

Parâmetros	Mavrikou et al. <sup>(17)</sup> (2008)	Tsapaki et al. <sup>(18)</sup> (2008)	Presente estudo (2009)	NDR <sup>(20)</sup> (2010)
	Média	Média / (mín-máx)	Média / (mín-máx) / 3º quartil	3º quartil
Número de procedimentos	214	203	34	—
TF (min)	21,4	10,4 / (3,2–53)	11 / (2,6–37,2) / 12	20
Número de imagens	1.493	1.257 / (398–5.940)	1.682 / (481–4.585) / 1.883	1.700
K <sub>a,r</sub> (mGy)	2.100	—	2.313 / (781,2–5.876,1) / 2.934	—
P <sub>KA</sub> (Gy.cm <sup>2</sup> )	158	62 / (8–861)	174 / (60,2–503,6) / 199	110

TF, tempo de fluoroscopia; NDR, níveis de referência de dose.

óculos plumbíferos. De modo geral, os médicos não utilizam estes óculos durante os procedimentos por serem desconfortáveis ou porque não estão disponíveis no setor. Entretanto, vários estudos têm mostrado a ocorrência de lesões no cristalino de médicos intervencionistas em decorrência dos efeitos da radiação espalhada recebida nesses procedimentos<sup>(24)</sup>.

Considerando os valores limites para o equivalente de dose estabelecidos pelas normas nacionais e internacionais (CNEN, ICRP), que são de 500 mSv/ano para extremidades e 150 mSv/ano para o cristalino, estima-se que com 20 a 32 procedimentos semanais de angioplastia transluminal coronária esses limites seriam excedidos.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos sinalizam a necessidade de adoção de estratégias para otimização da proteção radiológica tanto de pacientes quanto de médicos. Um primeiro passo poderia ser a adoção de medidas de controle da dose cumulativa, acompanhamento clínico para os pacientes e o uso de acessórios de proteção para o médico (proteção inferior do equipamento e óculos plumbíferos, entre outros).

## REFERÊNCIAS

- Atik E. Cateterismo cardíaco intervencionista na cardiologia pediátrica. O posicionamento médico quanto às aplicações atuais e perspectivas. *Arq Bras Cardiol.* 2002;79:443–5.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes – annexes D and E. [acessado em 3 de março de 2008]. Disponível em: <http://www.unscear.org/docs/reports/annexd.pdf>
- Miller DL, Balter S, Wagner LK, et al. Quality improvement guidelines for recording patient radiation dose in the medical record. *J Vasc Interv Radiol.* 2004;15:423–9.
- Miller DL, Balter S, Cole PE, et al. Radiation doses in interventional radiology procedures: the RAD-IR study. Part I: overall measures of dose. *J Vasc Interv Radiol.* 2003;14:711–27.
- Stecker MS, Balter S, Towbin RB, et al. Guidelines for patient radiation dose management. *J Vasc Interv Radiol.* 2009;20(7 Suppl):S263–73.
- International Electrotechnical Commission. IEC report 60601. Medical electrical equipment – Part 2-43: particular requirements for the safety of x-ray equipment for interventional procedures. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission; 2000.
- International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Annals of the ICRP* (v. 37/2-4). New York, NY: Elsevier; 2007.
- International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 85. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. *Ann ICRP* 30(7-67). Oxford/New York: Pergamon Press; 2000.
- Vano E. Radiation exposure to cardiologists: how it could be reduced. *Heart.* 2003;89:1123–4.
- Filippova I. Patient and staff doses in radiology and cardiology in Estonia. *Radiat Prot Dosimetry.* 2005;117:59–61.
- Philips Medical System. Integris Allura 12 & 15: technical handbook. Netherland: Philips Electronics N.V.; 2003.
- Brasil. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Resolução CNS nº 196, de 10 de outubro de 1996. [acessado em 15 de setembro de 2009]. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/1996/Reso196.doc>
- International Specialty Products. GAFCHROMIC® XR-RV2 dosimetry film. Characteristic performance data. [acessado em 10 de março de 2009]. Disponível em: [http://online1.ispcorp.com/\\_layouts/Gafchromic/](http://online1.ispcorp.com/_layouts/Gafchromic/)
- Silva MSR, Khoury HJ, Borrás C, et al. Calibração do filme radiocrômico GAFCHROMIC XR-RV2 para radiologia. *Rev Bras Fís Méd.* 2010; 4:45–8.
- Kim KP, Miller DL, Balter S, et al. Occupational radiation doses to operators performing cardiac catheterization procedures. *Health Phys.* 2008; 94:211–27.
- International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 74: Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. *Annals of the ICRP* (v. 37/2-4). New York, NY: Pergamon; 1997.
- Mavrikou I, Kottou S, Tsapaki V, et al. High patient doses in interventional cardiology due to physicians' negligence: how can they be prevented? *Radiat Prot Dosimetry.* 2008;129:67–70.
- Tsapaki V, Patsilinos S, Voudris V, et al. Level of patient and operator dose in the largest cardiac centre in Greece. *Radiat Prot Dosimetry.* 2008; 129:71–3.
- International Atomic Energy Agency. Establishing guidance levels in X ray guided medical interventional procedures: a pilot study. *Safety Reports Series n° 59.* Vienna: IAEA; 2009.
- DIMOND website. Patient and staff dosimetry database/Interventional cardiology/Diagnostic reference levels for CA and PTCA. [acessado em 10 de janeiro de 2010]. Disponível em: [http://www.dimond3.org/WEB\\_DIMOND3/home.htm](http://www.dimond3.org/WEB_DIMOND3/home.htm)
- Martinez EE, Ribeiro EE. Hemodinâmica e cardiologia intervencionista: abordagem clínica. Barueri, SP: Manole; 2008.
- Unimed. Central de Serviços Auxiliares. Câmara Técnica de Medicina Baseada em Evidências. Avaliação das evidências comparativas entre os stents coronarianos recobertos por drogas: Siro-limus (Cypher®) x Paclitaxel (Taxis®). [acessado em 10 de janeiro de 2010]. Disponível em: [http://www.unimedvtrp.com.br/autoriza/evidencias\\_aprovadas/avaliacao\\_stent\\_coronariano-recoberto.pdf](http://www.unimedvtrp.com.br/autoriza/evidencias_aprovadas/avaliacao_stent_coronariano-recoberto.pdf)
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Portaria/MS/SVS nº 453, de 1º de junho de 1998. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2 de junho de 1998.
- Lie ØØ, Paulsen GU, Wøhni T. Assessment of effective dose and dose to the lens of eye for the interventional cardiologist. *Radiat Prot Dosimetry.* 2008;132:313–8.