

AValiação DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL EM PROCEDIMENTOS DE HEMODINÂMICA*

Silvia C. Gusso Scremin¹, Hugo R. Schelin², João G. Tilly Jr.³

Resumo **OBJETIVO:** Avaliar a dose efetiva recebida pelos trabalhadores envolvidos na realização de procedimentos de hemodinâmica, de forma a estabelecer parâmetros comparativos entre os dados obtidos com uma câmara de ionização e pelos dosímetros usados para monitoração individual. **MATERIAIS E MÉTODOS:** A avaliação foi desenvolvida em um serviço de hemodinâmica, sendo que os testes constaram da medida do taxa de kerma no ar no ambiente real de trabalho, na posição ocupada por médicos e enfermeiros, com e sem a utilização de barreira plumbífera de proteção. Foi levado em consideração o número de exames realizados no serviço e foram selecionados as projeções e parâmetros radiográficos mais utilizados. Para a estimativa da dose efetiva foram utilizados fatores de conversão encontrados na literatura. **RESULTADOS:** Os valores encontrados em dose efetiva e de dosimetria são consistentes. Observou-se, ainda, que o uso da barreira protetora plumbífera reduz em até 97% a dose recebida pelo profissional, devendo esta ser utilizada na rotina de exames. **CONCLUSÃO:** Os valores apresentados são representativos, não podendo ser assumidos como reprodução das condições de monitoração individual, mas são válidos para comparações e orientação na otimização das doses.

Unitermos: Exposição ocupacional; Dosimetria; Raios X; Hemodinâmica.

Abstract *Evaluation of occupational exposure in hemodynamic procedures.*

OBJECTIVE: This study aims to evaluate the effective ionizing radiation dose received by staff involved in interventional vascular procedures to establish parameters for comparison between the data obtained with an ionization chamber and with the dosimeters used for individual monitoring. **MATERIALS AND METHODS:** The evaluation was performed in a cardiac catheter laboratory and air kerma rate was measured in a real working environment, in the positions occupied by physicians and nurses, with and without the lead glass shield. The number of tests performed in the laboratory was taken into consideration and most common projections and radiographic parameters were selected. Conversion factors founded in the literature were applied for the effective dose estimation. **RESULTS:** The values found in the effective dose and in the dosimetry report were rather consistent. Additionally, it was observed that the use of the lead glass shield reduces in up to 97% the doses received by the professional and therefore it must be routinely used. **CONCLUSION:** The reported values are representative but cannot be assumed as a reproduction of individual monitoring conditions, although they are valid for comparison purposes and as a guidance for dosing optimization.

Keywords: Occupational exposure; Dosimetry; X-rays; Hemodynamics.

INTRODUÇÃO

Nos serviços que envolvem radiação ionizante, é de suma importância o controle da dose recebida pelo trabalhador, sobretudo em procedimentos de hemodinâmica. Da revisão dos relatórios da monitoração individual dos serviços de ima-

gem, observa-se que o setor onde há maior dose é o de hemodinâmica.

Nos últimos anos, tem sido observado aumento na quantidade, no tipo e na complexidade dos procedimentos intervencionistas. Isto ocorre porque alguns procedimentos terapêuticos podem ser realizados sem a necessidade de cirurgia, que apresenta maior risco para o paciente⁽¹⁾.

A Comissão Internacional em Proteção Radiológica (ICRP) estabelece que nenhuma prática deve ser adotada com radiação ionizante, a menos que seus benefícios sejam superiores aos detrimientos causados por ela. Dessa maneira, as técnicas envolvendo sua utilização devem ser otimizadas para que as doses recebidas sejam tão pequenas quanto possível, mas compatíveis com os propósitos diagnósticos⁽²⁾.

As exposições profissionais em hemodinâmica estão associadas à ocorrência de efeitos determinísticos, sendo a tireóide e o cristalino exemplos de órgãos sob risco de surgimento destes efeitos, embora sejam raros os relatos bem documentados de casos⁽³⁾. Entretanto, para fins de proteção radiológica, os efeitos estocásticos são assumidos como proporcionais à dose efetiva, que se constitui no indicador a ser acompanhado, tendo em vista a magnitude das doses decorrentes da realização de procedimentos de hemodinâmica⁽⁴⁾.

O objetivo deste trabalho é estimar a dose efetiva nos profissionais envolvidos na realização de procedimentos de hemodinâmica (ambiente de trabalho do médico e enfermagem), verificar a redução da dose obtida com a interposição de barreira de

* Trabalho realizado para o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, PR.

1. Mestre, Médica Radiologista do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

2. Professor Doutor, Orientador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

3. Mestre, Físico em Medicina do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná.

Endereço para correspondência: Dra. Silvia C. Gusso Scremin. Rua Pedro Ivo, 318. Curitiba, PR, 80010-020. E-mail: silvia@institutoforlanini.com.br

Recebido para publicação em 28/1/2005. Aceito, após revisão, em 12/7/2005.

proteção e se a dose aferida corresponde aos dados referidos na literatura, e estabelecer um protocolo de comportamento do profissional na sala de exame.

MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação foi desenvolvida no serviço de hemodinâmica de um hospital de referência em cirurgia cardíaca da região metropolitana da cidade de Curitiba, PR, que utiliza um aparelho modelo Advantx DXL da marca General Electric.

Para a realização do estudo foram considerados como requisitos básicos os instrumentos utilizados, a unidade de referência, a seleção de projeções (exame mais freqüente), o protocolo, o tempo de exame e o número de exames por mês.

Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram: câmara de ionização de 180 cm³ e monitor de radiação da marca Radcal modelo 9010, fantoma de água, trena, tripé, tabela e protocolos para coleta de dados.

No serviço de hemodinâmica estudado são realizados angioplastia, cateterismo cardíaco, arteriografia cerebral, colangiografia, entre outros. Foi escolhido o exame mais freqüente (cateterismo cardíaco), selecionando-se as projeções comumente utilizadas para a execução deste exame, tendo em vista que em cada projeção o equipamento opera com diferentes parâmetros radiográficos. Todos os testes foram realizados usando-se os parâmetros selecionados automaticamente pelo aparelho para um paciente de 18 cm de espessura, mantendo-se a magnificação constante em 23.

As projeções estão identificadas a seguir, com os respectivos valores dos parâmetros:

I. Oblíqua direita 30 graus – Modo fluoroscopia: 75 kV e 5,2 mA; modo cine: 60 kV e 50 mA.

II. Oblíqua anterior direita 10 graus e caudal 30 graus – Modo fluoroscopia: 75 kV e 5,3 mA; modo cine: 60 kV e 51 mA.

III. Oblíqua esquerda 55 graus caudal 34 graus – Modo fluoroscopia: 75 kV e 3,2 mA; modo cine: 60 kV e 28 mA.

IV. Pósterio-anterior cranial 28 graus oblíqua esquerda 10 graus – Modo fluoroscopia: 75 kV e 5,3 mA; modo cine: 60 kV e 52 mA.

V. Oblíqua esquerda 50 graus cranial 25 graus – Modo fluoroscopia: 80 kV e 5,9 mA; modo cine: 63 kV e 65 mA.

Para o exame de cateterismo cardíaco, o aparelho é operado no modo de fluoroscopia por dez minutos, correspondendo a dois terços da exposição para a introdução do cateter e realização do exame propriamente dito. Para o registro das imagens, o aparelho opera no modo cine por cinco minutos, ou seja, um terço da exposição.

Foram identificadas na sala as posições rotineiramente ocupadas pelos profissionais, conforme mostrado na Figura 1. A posição do médico está indicada por (A) e da enfermeira por (B). A fim de reproduzir as condições usuais de irradiação, foram medidas as distâncias dos pontos (A) e (B) relativamente ao centro do fantoma de água posicionado da mesma maneira que um paciente para a realização de um cateterismo cardíaco.

A câmara de ionização foi colocada nos pontos (A) e (B), à altura do dosímetro de

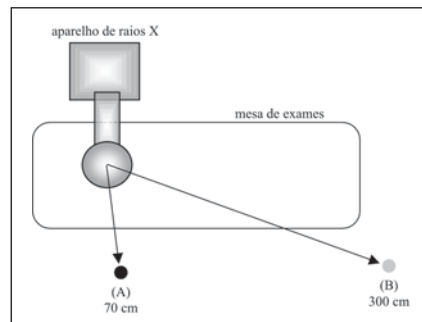


Figura 1. Esquema das medidas realizadas na sala de hemodinâmica. O médico (A) está localizado a uma distância de 70 cm do centro do intensificador de imagem, e o enfermeiro (B), a 300 cm.

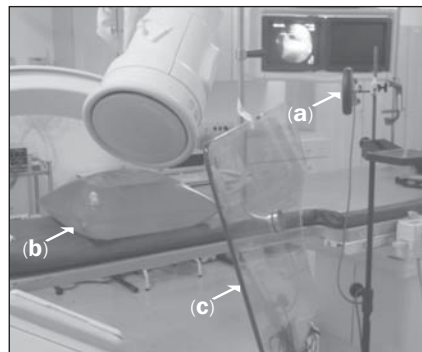


Figura 2. Visão geral do arranjo experimental na sala de exames mostrando a câmara de ionização (a), o fantoma espalhador (b) e a barreira plumbífera de proteção (c) como posicionada para o teste.

lapela de uma pessoa de estatura mediana. Foram efetuadas as medições seguindo o seguinte roteiro:

a) A câmara de ionização foi posicionada no ponto de medida (A);

b) realizou-se uma exposição em modo fluoroscopia e outra em modo cine, anotando-se as leituras e os parâmetros técnicos (kV e mA) no formulário, na projeção I;

c) repetiu-se para as outras quatro projeções;

d) posicionou-se a câmara de ionização no ponto de medida (B);

e) procedeu-se conforme os passos b) e c).

Em seguida, o teste foi efetuado interpondo a barreira plumbífera de proteção, com equivalência a 0,5 mm de chumbo, próximo ao paciente, entre este e a posição (A), conforme mostrado na Figura 2.

As leituras com a câmara de ionização foram tomadas em taxa de kerma no ar. Uma vez efetuadas as medidas em todas as projeções, foram somados os valores obtidos em cada ponto de referência nos modos de exposição fluoroscopia e depois em cine, resultando na taxa de kerma no ar total nas posições de permanência do corpo clínico.

A fim de estabelecer uma relação entre a quantidade operacional taxa de kerma no ar e a quantidade de proteção dose efetiva, de modo a representar a dose nos profissionais, procedeu-se o cálculo, conforme a seguinte equação:

$$E = \left(\sum_I^V \dot{k} \right) \cdot FC_{Tp} \cdot f_t \cdot N \cdot F_{EF}$$

em que: E = energia efetiva (mSv); $\sum_I^V \dot{k}$ = somatório da taxa de kerma no ar nas projeções de I a V (mGy/h); FC_{Tp} = fator de correção para temperatura e pressão; f_t = fração de tempo de trabalho, por exame (h); N = quantidade média de exames realizados por mês; F_{EF} = coeficiente de conversão para dose efetiva por unidade de kerma no ar (mSv/mGy).

Para comparação, os valores obtidos pelos cálculos foram comparados com os valores médios da monitoração individual.

Foram coletados relatórios de doses de três serviços de hemodinâmica de Curitiba, de um período de três anos, incluindo os da instituição onde foram realizadas as medidas. Foram computados os valores de

cada médico e enfermeiro e calculou-se a média das doses de cada profissional.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os resultados em termos da taxa de kerma no ar, em mGy/h, nos pontos (A) e (B) para cada projeção e o valor total em cada posição, em um cateterismo cardíaco, sem e com o uso da barreira de proteção. Os valores apresentados estão corrigidos para temperatura, pressão e dependência energética.

Cada exame tem duração média de 15 minutos, sendo que durante dez minutos (0,167 hora) o aparelho opera no modo escopia e durante cinco minutos (0,083 hora) opera no modo cine, distribuídos igualmente por todas as projeções. Assim, o kerma no ar por exame em cada ponto de referência é, respectivamente, 3,246 e 0,159 mGy nos pontos (A) e (B), sem o uso de barreira de proteção, e 0,138 e 0,108 mGy, com barreira.

No local estudado são realizados 314 exames por mês. Com esses dados e com os fatores de conversão constantes da publicação ICRP 74⁽²⁾, pode ser estimada a dose efetiva mensal em mSv. Foi utilizado o fator de conversão de 0,122 mSv/mGy aplicado ao kerma no ar por exame em cada ponto de referência, sem barreira e com barreira, respectivamente. A Tabela 2 mostra os valores obtidos.

No setor de hemodinâmica em estudo trabalham dois médicos e sete enfermeiros. Para comparação, os valores de dose efetiva mostrados na Tabela 2 foram distribuídos igualmente pelos profissionais, resultando em doses efetivas médias mensais de 62,2 e 0,9 mSv nos pontos (A) e (B), respectivamente, sem o uso de barreira de proteção, e 2,6 e 0,6 mSv, com barreira.

Os resultados da monitoração individual dos médicos e enfermeiros do setor estudado revelam que as doses são de 5,0 mSv e 1,0 mSv para cada um dos médicos do setor e de 2,6 mSv para os enfermeiros.

Foram coletados, também, dados da monitoração individual em outros três serviços de hemodinâmica, num período de três anos. Foram computados os dados relativos aos profissionais que mostravam doses acima do nível de registro e descartados os que não acusaram leitura. Destes, 22 pro-

Tabela 1 Valores de taxa de kerma no ar em mGy/h nas posições de permanência do corpo clínico e valor total em cada posição, sem e com barreira de proteção.

Projeção	Sem barreira de proteção				Com barreira de proteção			
	Fluoroscopia		Cine		Fluoroscopia		Cine	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
I	0,40	0,01	1,54	0,04	0,04	0,02	0,19	0,09
II	0,29	0,07	1,14	0,38	0,03	0,06	0,13	0,34
III	0,64	0,05	3,33	0,23	0,03	0,01	0,11	0,08
IV	0,87	0,04	4,78	0,20	0,04	0,01	0,15	0,13
V	1,99	0,10	19,89	0,53	0,13	0,06	0,58	0,34
$\sum_{i=1}^V k$	4,19	0,27	30,68	1,38	0,27	0,16	1,16	0,98

(A), posição do médico; (B), posição do enfermeiro; I, oblíqua direita 30 graus; II, oblíqua anterior direita 10 graus e caudal 30 graus; III, oblíqua esquerda 55 graus caudal 34 graus; IV, pósterio-anterior cranial 28 graus oblíqua esquerda 10 graus; V, oblíqua esquerda 50 graus cranial 25 graus.

Tabela 2 Kerma no ar por exame e dose efetiva mensal nos pontos de medida, sem e com barreira de proteção.

	Sem barreira de proteção		Com barreira de proteção	
	(A)	(B)	(A)	(B)
Kerma no ar (mGy)	3,246	0,159	0,138	0,108
Dose efetiva mensal (mSv)	124,35	6,09	5,28	4,15

(A), posição do médico; (B), posição do enfermeiro.

fissionais acusaram dose em seus relatórios, sendo sete médicos e 15 enfermeiros.

O Gráfico 1 representa os dados da monitoração individual destes três serviços em termos da dose efetiva mensal média de cada grupo, por profissional, à esquerda os médicos e à direita os enfermeiros. Estão representadas, em ordem crescente, as médias das doses de cada profissional juntamente com o desvio-padrão observado para cada um deles.

É possível observar que para ambos os grupos a dispersão em torno da dose média de cada profissional, individualmente,

aumenta à medida que a dose média é maior. Os profissionais que recebem doses mais baixas (de A a D e de H a V) apresentam desvio-padrão menor, e os que recebem doses mais elevadas (E a G e X) apresentam dispersão da dose média maior.

DISCUSSÃO

A técnica utilizada pelos médicos do serviço de hemodinâmica pesquisado, para a introdução do cateter, foi a técnica pela artéria braquial, que pode dobrar a dose em relação à técnica femoral.

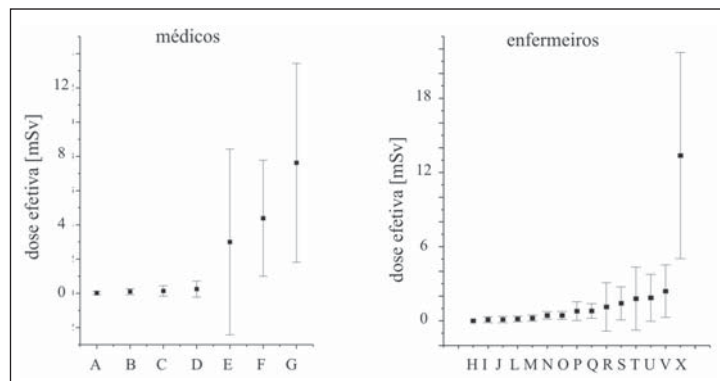


Gráfico 1. Distribuição das doses efetivas tomadas dos relatórios da monitoração individual de sete médicos, de A a G, e 15 enfermeiros, de H a X.

Diversas projeções oblíquas, tanto laterais quanto crânio-caudais e caudo-craniais, são necessárias para a análise das artérias do coração. Assim, quando são usadas as projeções esquerdas, sobretudo a V (oblíqua esquerda 35 graus cranial 25 graus), os médicos se encontram próximos do feixe primário de raios X, registrando-se as maiores doses.

O fator de conversão usado para a estimativa da dose efetiva é especificado para uma exposição ântero-posterior uniforme de corpo inteiro por um feixe de fótons monoenergéticos. Infelizmente, este fator apresenta forte dependência energética na faixa de energia utilizada. Foi escolhida a energia de 20 keV como referência, resultando no coeficiente de 0,122 mSv/mGy.

Apesar dos valores de taxa de kerma no ar obtidos aqui estarem de acordo com os referidos na literatura — em torno de 2 mGy/h⁽⁵⁾ e até 8 mGy/h próximo ao paciente, e 0,053 mSv por procedimento com o uso de barreira plumbífera de proteção na posição do médico⁽³⁾ —, as doses efetivas calculadas para os médicos estão claramente superestimadas, principalmente, devido à condição de exposição, visto que o médico está muito próximo ao paciente e a exposição não pode ser considerada uniforme. Por outro lado, para os enfermeiros, os valores obtidos estão mais próximos dos valores da monitoração individual, mas agora subestimados em relação à monitoração individual, possivelmente, devido à escolha da posição do ponto de medida.

A radiação recebida pelos profissionais é relacionada, sobretudo, à radiação espalhada. Com a interposição da barreira, a dose recebida pelo médico é, significativamente, reduzida. Já para a enfermagem, esta diferença não é tão significativa, pois a barreira fica próxima ao médico. Mesmo sem a barreira, o enfermeiro encontra-se em uma região de sombra, resultante da interposição do médico que está com seu avental plumbífero entre o paciente e a posição que ele assume na sala de exame.

A exposição de cada profissional difere, devido, principalmente, ao tempo dedicado à atividade e à distância relativamente ao paciente no momento da execução do procedimento⁽⁶⁾.

Os dados de dose da monitoração individual coletados de médicos e enfermeiros

de outras instituições, apesar de não serem extensos o suficiente para inferir um comportamento geral, revelam que cerca de três quartos de todas as ocorrências de dose estão abaixo do limite mensal de dose (aqui assumido como 1,5 mSv), apesar das doses médias serem elevadas.

As doses registradas na monitoração individual foram tomadas em condições pouco uniformes, pois os dosímetros podem ser portados de maneira distinta. Foi relatado o uso de dosímetros sob o avental em alguns casos e sobre o avental em outros, assim como a possibilidade de que alguns dosímetros não tenham sido usados durante todo o período de exposição do profissional.

Alguns médicos apresentam carga horária de trabalho menor ou menor número de exames que realizam no serviço. Em um mesmo serviço também poderão ser observadas doses diferentes na mesma categoria profissional, devido, ainda, à sua atitude na condução dos exames.

O comportamento de cada enfermeiro também determina diferenças na dose, pois constatou-se que alguns ficam fora da sala de exames durante o uso de raios X e, com isto, suas doses são menores.

CONCLUSÕES

Neste estudo foi avaliada a dose efetiva no posicionamento adotado pelos profissionais (médicos e enfermeiros) na sala de hemodinâmica durante a realização de cateterismo cardíaco e foi feita correlação entre os dados obtidos com uma câmara de ionização e através da monitoração individual. As medidas foram realizadas, também, considerando o não uso e o uso de uma barreira plumbífera de proteção com equivalência de 0,5 mm de chumbo.

Observou-se, a partir das informações pesquisadas, que em hemodinâmica são os médicos que recebem as maiores doses de radiação, frente aos demais profissionais, conforme mostra a Tabela 2, semelhantemente aos dados relatados na literatura⁽⁷⁾.

O pessoal de enfermagem recebe doses comparáveis às dos médicos, entretanto, suas doses podem ser substancialmente reduzidas. O pessoal de enfermagem comumente posiciona-se, desnecessariamente, próximo ao equipamento e paciente.

Os resultados da correlação entre a dose efetiva estimada e a monitoração individual são representativos e válidos para fins de comparações e orientação na otimização das doses.

O teste realizado neste estudo, com a interposição de barreira equivalente a 0,5 mm de chumbo, evidenciou redução média na exposição do médico em torno de 90% em um cateterismo cardíaco. Para a enfermagem, a redução na exposição pode chegar a 80%.

Procurou-se demonstrar que se o profissional conhece seu ambiente de trabalho, o equipamento de raios X e os meios de proteção disponíveis as doses de radiação podem ser reduzidas.

Assim, a educação continuada dos profissionais e a implementação de procedimentos objetivos de redução de doses são ações que resultarão no controle adequado da exposição à radiação, pelo estabelecimento de um protocolo interno das doses relacionadas aos procedimentos, que deverá ser discutido pelo corpo clínico e mantido em rigoroso controle e atualização.

Agradecimento

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Costa, do Instituto de Eletrônica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE-USP).

REFERÊNCIAS

1. Faulkner K. Radiation protection in interventional radiology. *Br J Radiol* 1997;70:325–326.
2. International Commission on Radiological Protection. Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. ICRP Publication 74. New York: Pergamon Press, 1997.
3. International Commission on Radiological Protection. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. New York: Pergamon Press, 2000.
4. Oliveira ML, Khoury H. Influência do procedimento radiográfico na dose de entrada na pele de pacientes em raios X pediátricos. *Radiol Bras* 2003;36:105–109.
5. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR Publication 2000. New York: United Nations Press, 2000.
6. Kamenopoulou V, Drikos G, Dimitriou P. Dose constraints to the individual annual doses of exposed workers in the medical sector. *Eur J Radiol* 2001;37:204–208.
7. Bacelar A, Borges V, Zago AJ, Krebs EM, Hoff G, Nied L. Evaluation of the equivalent effective dose in the work team exposed to ionized radiation at the hemodynamic unit. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*; Nice, France. September, 1997:14–19.