

Avaliação da dose ocupacional e de pacientes adultos em procedimentos de angiografia cerebral*

Evaluation of occupational and patient dose in cerebral angiography procedures

Neuri Antonio Lunelli¹, Helen Jamil Khoury², Gustavo Henrique Vieira de Andrade³, Cari Borrás⁴

Resumo **Objetivo:** Este trabalho teve como objetivo estimar os valores de doses de radiação recebidas por médicos e pacientes em procedimentos de angiografias cerebrais realizados em um hospital público na cidade de Recife, PE. **Materiais e Métodos:** Foram avaliadas as doses recebidas por 158 pacientes. Durante os procedimentos clínicos, foram registrados os parâmetros de irradiação (kV, mAs), número de imagens, valor do kerma ar de referência ($K_{a,r}$) e do produto kerma ar-área (P_{KA}). Também foi efetuado estudo da dose absorvida na região dos olhos, tireoide, tórax, mãos e pés dos médicos que realizaram os procedimentos intervencionistas. **Resultados:** Os resultados mostraram que as doses na região dos olhos dos pacientes podem chegar a valores próximos ao limiar para a ocorrência de catarata. A dose efetiva média nos médicos foi 2,6 μ Sv, sendo que o maior valor encontrado foi 16 μ Sv. **Conclusão:** Dependendo do número de procedimentos mensais, as doses recebidas pelos médicos podem exceder o novo limite de dose anual para o cristalino, que é de 20 mSv, estabelecido pelos órgãos nacionais e internacionais. As altas doses recebidas pelos médicos são decorrentes da ausência de acessórios de radioproteção, tais como cortinas, telas e óculos plumbíferos. **Unitermos:** Dosimetria; Radiologia intervencionista; Angiografia cerebral.

Abstract **Objective:** The present study was aimed at estimating the doses received by physicians and patients during cerebral angiography procedures in a public hospital of Recife, PE, Brazil. **Materials and Methods:** The study sample included 158 adult patients, and during the procedures the following parameters were evaluated: exposure parameters (kV, mAs), number of acquired images, reference air kerma value ($K_{a,r}$) and air kerma-area product (P_{KA}). Additionally, the physicians involved in the procedures were evaluated as for absorbed dose in the eyes, thyroid, chest, hands and feet. **Results:** The results demonstrated that the doses to the patients' eyes region were relatively close to the threshold for cataract occurrence. As regards the physicians, the average effective dose was 2.6 μ Sv, and the highest effective dose recorded was 16 μ Sv. **Conclusion:** Depending on the number of procedures, the doses received by the physicians may exceed the annual dose limit for the crystalline lenses (20 mSv) established by national and international standards. It is important to note that the high doses received by the physicians are due to the lack of radiation protection equipment and accessories, such as leaded curtains, screens and protective goggles.

Keywords: Dosimetry; Interventional radiology; Cerebral angiography.

Lunelli NA, Khoury HJ, Andrade GHV, Borrás C. Avaliação da dose ocupacional e de pacientes adultos em procedimentos de angiografia cerebral. Radiol Bras. 2013 Nov/Dez;46(6):351-357.

INTRODUÇÃO

A neurroradiologia intervencionista é uma especialidade em que se utilizam tecnologias percutâneas e de cateteres, aliadas às técnicas radiológicas e conhecimento neurológico e neurocirúrgico para diagnós-

tico e tratamento de doenças do sistema nervoso central. A tecnologia de aquisição de imagens médicas, como a angiografia digital cerebral e o mapeamento tridimensional dos vasos cerebrais, acarretou o avanço da neurroradiologia intervencionista. Uma série de trabalhos recentes publicados no Brasil tem ressaltado a importância da neurroradiologia para o diagnóstico e tratamento de diversas enfermidades⁽¹⁻¹⁰⁾.

Apesar dos seus benefícios, estes procedimentos podem acarretar altas doses de

radiação no paciente e na equipe médica. Muitos estudos têm mostrado que vários procedimentos, por suas complexidades e elevado tempo de fluoroscopia, resultam em doses acima do limiar dos efeitos determinísticos em algumas áreas da pele, ocasionando danos na pele⁽¹¹⁻¹⁴⁾. Estudo de Mooney et al.⁽¹⁴⁾, por exemplo, descreve o caso de dois pacientes que tiveram perda de cabelo após serem submetidos a embolizações de malformações arteriovenosas. Além disso, novos estudos sobre reações teciduais mostram que, dependendo da sensibilidade do indivíduo, podem ocorrer lesões em órgãos radiosensíveis com doses abaixo dos limiares anteriormente definidos⁽¹⁵⁾.

* Trabalho realizado no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil.

1. Doutor, Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, PR, Brasil.

2. Doutora, Professora Titular da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil.

3. Médico com especialização em Neurroradiologia Terapêutica, Radiologista Intervencionista da Angiorad/IMIP, Recife, PE, Brasil.

4. Doutora, Consultora de Física Radiológica e Serviços de Saúde da Radiological Physics and Health Services, Washington, DC, EUA.

Endereço para correspondência: Dr. Neuri Lunelli. Grupo de Dosimetria e Instrumentação Nuclear. Avenida Professor Luiz Freire, 1000, Cidade Universitária. Recife, PE, Brasil, 50740540. E-mail: neuri@utfpr.edu.br.

Recebido para publicação em 31/8/2012. Aceito, após revisão, em 25/3/2013.

Com a evolução rápida de toda a tecnologia envolvida nos procedimentos intervencionistas, é importante conhecer o nível de radiação a que o paciente está exposto, para garantir sua segurança. Apesar da importância do assunto, há poucas pesquisas que investigam os valores de exposição à radiação para uma ampla variedade de procedimentos em neurorradiologia intervencionista. Ainda não existem valores padronizados para níveis de referência que possam orientar neurointervencionistas sobre a exposição relativa de seus pacientes⁽¹⁶⁾. Paralelamente, os médicos que realizam procedimentos intervencionistas estão entre os profissionais que recebem as maiores doses de radiação registradas entre os serviços hospitalares. Nas condições normais de trabalho, a dispersão da radiação ao redor do paciente é elevada e, se não forem tomadas medidas de proteção individual, o médico fica sujeito a um nível de radiação que, dependendo da carga de trabalho, pode acarretar lesões nos olhos depois de alguns anos⁽¹⁷⁾.

O objetivo deste trabalho é avaliar os procedimentos de angiografia cerebral em pacientes adultos realizados em um hospital de Recife, PE, visando a determinar as doses de radiação recebidas pelos pacientes e médicos e os riscos a que estão sujeitos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido no setor de Hemodinâmica do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP), na cidade de Recife, PE, e realizado junto com a equipe médica da neurroradiologia. 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⁽¹⁸⁾.

Neste trabalho foram estudados 158 procedimentos de angiografias cerebrais realizados em pacientes adultos (88 mulheres e 70 homens).

O equipamento utilizado neste Instituto para os procedimentos de neurroradiologia

intervencionista é um angiógrafo Siemens Artis Zee dotado de um receptor de imagens do tipo detector plano (*flat panel*). Antes de se efetuar medidas com os pacientes, foram realizados os testes para verificar o desempenho e funcionamento do equipamento de raios-X. Os procedimentos utilizados para a realização dos testes se baseiam nos requisitos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa)⁽¹⁹⁾, no protocolo da American Association of Physicists in Medicine⁽²⁰⁾ e nas especificações do fabricante⁽²¹⁾. Os resultados obtidos mostraram que o equipamento apresenta um desempenho que atende aos requisitos das normas em uso.

Para o estudo da dose recebida pelo paciente foram coletados os seguintes dados, durante cada procedimento:

- dados do paciente e tipo do procedimento realizado;
- parâmetros de irradiação e protocolos utilizados;
- tempos de fluoroscopia, número de imagens e sequências adquiridas e a existência ou não de aquisição rotacional (para reconstrução tridimensional ou tomográfica);
- valores da angulação e rotação para cada projeção, com o devido valor do tamanho do campo de magnificação;
- kerma no ar no ponto de referência de intervencionismo ($K_{a,r}$);
- produto kerma no ar-área (P_{KA}).

Os procedimentos avaliados foram escolhidos de forma aleatória dentre os realizados no hospital.

Dosimetria nos pacientes

Para estimar a dose recebida pelo paciente em angiografias cerebrais, procurou-se avaliar o valor do P_{KA} e do $K_{a,r}$. O $K_{a,r}$ foi obtido a partir do valor fornecido pelo equipamento com base na geometria de irradiação do paciente e dos parâmetros de exposição, selecionados durante o procedimento clínico. Esta grandeza é definida para o ponto de referência para procedimento intervencionista (IRP – *interventional reference point*), que se situa, por definição, a 15 cm do isocentro em direção ao tubo de raios X⁽²²⁾. A International Electrotechnical Commission define o IRP como o local representativo da pele do paciente, mas dependendo da espessura do paciente este ponto pode não coincidir com a pele do

paciente. O valor do P_{KA} foi obtido com a câmara de ionização de placas paralelas instalada na saída do colimador e que intercepta o feixe primário de raios X. A leitura da medida realizada com esta câmara corresponde ao produto do kerma no ar pela área da secção transversal do feixe no ponto onde está a câmara. Os valores de P_{KA} fornecidos por esta câmara de ionização foram corrigidos pelo fator previamente determinado, que corrige a contribuição da radiação espalhada devido ao sistema de colimação do equipamento. O fator utilizado foi 0,797.

Para avaliar a dose na superfície de entrada na pele de pacientes, foram realizados estudos com dosímetros termoluminescentes (TLDs) somente em 37 pacientes, sendo 17 masculinos e 20 femininos. Este estudo não foi efetuado em todos os pacientes, devido ao número limitado de dosímetros disponíveis. Em cada procedimento avaliado foram utilizados quatro pares de TLDs do tipo LiF:Mg;Ti (TLD-100) com dimensões de $3 \times 3 \times 1$ mm, que foram encapsulados aos pares em pequenos pacotes plásticos, numerados e colocados nos seguintes pontos do corpo do paciente, conforme mostra a Figura 1: lateral dos olhos, glabella (posição entre as sobrancelhas) e tireoide. Após a exposição dos dosímetros nos pacientes, as suas leituras foram realizadas utilizando-se uma leitora Victoreen, modelo 2800M. Os TLDs foram previamente calibrados no Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes-DEN/UFPE com o feixe de raios X com qualidade radiodiagnóstica equivalente ao feixe utilizado no equipamento de radiologia intervencionista. A partir da curva de calibração, foi possível converter a leitura do dosímetro em kerma ar.

Dosimetria ocupacional

Neste estudo também foi avaliada a dose ocupacional nos médicos que realizaram 31 angiografias cerebrais. Para esta avaliação, foi medido o kerma no ar em nove pontos do corpo do médico com a utilização de dosímetros TLD-100. Os dosímetros foram encapsulados em pares e fixados nos pontos do médico, conforme mostra a Figura 2. Os locais selecionados foram escolhidos por serem representativos para o cálculo da dose efetiva, bem como para avaliar a dose equivalente em regiões

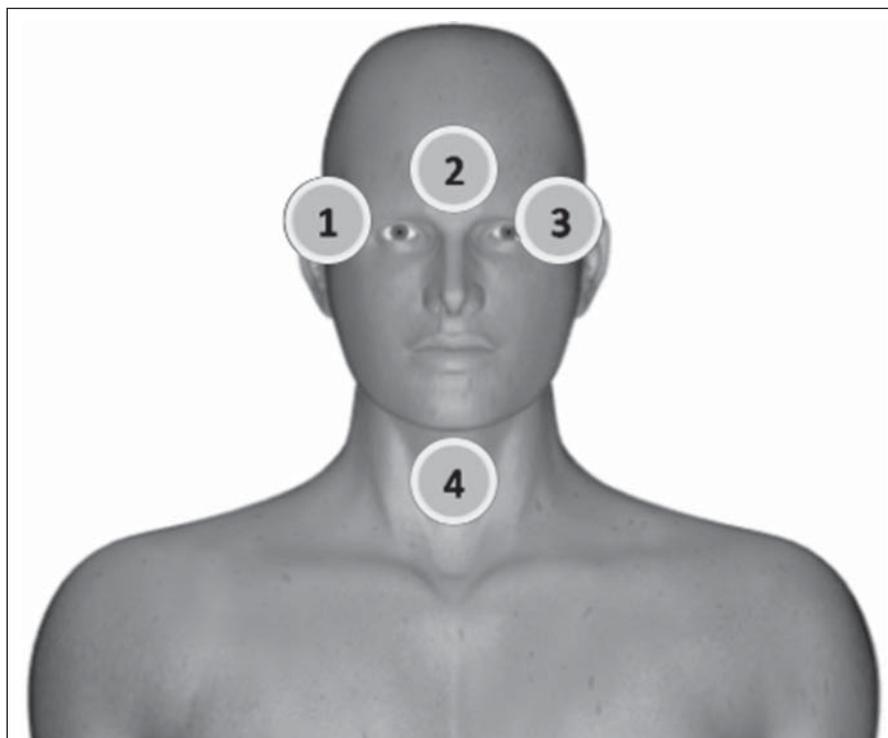


Figura 1. Posicionamento dos dosímetros no paciente.

de órgãos radiosensíveis como a tireoide e os olhos.

Os dosímetros foram fixados por meio de fita adesiva e os pontos de medição foram assim distribuídos:

- três na face: um próximo ao olho direito, um na glábel e outro próximo ao olho esquerdo – dosímetros 1, 2 e 3, respectivamente;
- um na região da tireoide fixado externamente sobre o protetor tireoidiano – dosímetro 4;
- um na região do tórax, sob o avental – dosímetro 5;
- dois para as mãos, na região do punho por dentro da luva, um para cada mão – dosímetros 6 e 7;
- dois para os pés – dosímetros 8 e 9.

Usando o algoritmo de Nilklason⁽²³⁾, foi estimada a dose efetiva dos médicos a partir das medidas do kerma no ar obtidas com dois TLDs, um colocado na parte externa do protetor de tireoide e o outro na parte interna do avental na região do tórax. As medidas obtidas com estes dosímetros foram corrigidas para as grandezas operacionais $H_p(0,07)$ e $H_p(10)$ ⁽²⁴⁾. O algoritmo proposto por Nilklason é:

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

onde: H_O é o valor do kerma no ar obtido a partir da leitura no dosímetro colocado sobre o protetor de tireoide (TLD 4) convertido para $H_p(0,07)$, e H_U é o valor do kerma no ar obtido com o dosímetro colocado sob o avental de proteção na região do tórax (TLD 5) convertido para $H_p(10)$.

Estudos realizados por Padovani et al.⁽²⁵⁾ e Schultz et al.⁽²⁶⁾, avaliando a adequação e a acurácia dos algoritmos de cálculo da dose efetiva, concluíram que o algoritmo de Nilklason é o que provê a estimativa da dose efetiva de forma mais adequada ao que recomenda a ICRP 75⁽²⁷⁾. Por outro lado, trabalhos de Järvinen et al.⁽²⁸⁾, comparando 15 algoritmos, mostraram que o algoritmo de Nilklason pode subestimar a dose efetiva por um fator de 1,3, porém apresenta a vantagem de requerer os dados de um dosímetro embaixo do avental e um sobre o protetor de tireoide. Os demais algoritmos requerem dados de mais dosímetros, o que acarreta um custo adicional.

RESULTADOS

Dosimetria dos pacientes

A Tabela 1 apresenta os parâmetros de irradiação e de aquisição de imagens em procedimentos de angiografias cerebrais

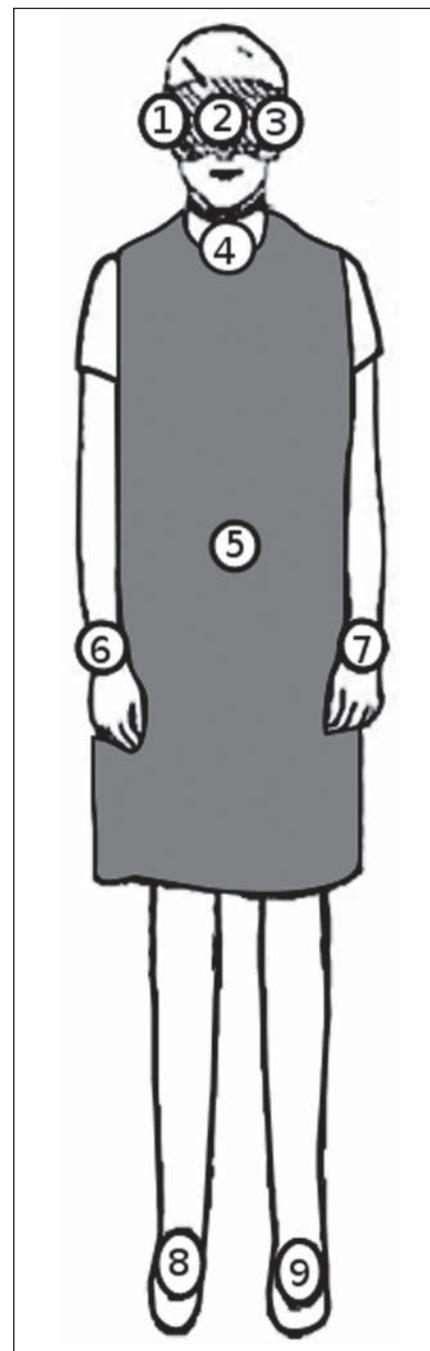


Figura 2. Posicionamento dos dosímetros no médico.

realizadas em pacientes adultos no hospital em estudo. A análise dos dados mostra que nos 158 procedimentos avaliados o tempo médio de exposição por procedimento foi 11,1 minutos, com valor máximo de 33,3 minutos. O tempo de exposição é consequência da complexidade do estudo clínico e de condições físicas gerais do paciente. De modo geral, nos procedimentos, a complexidade pode ser caracterizada pelo

Tabela 1 Parâmetros de irradiação e aquisição em angiografias cerebrais realizadas em pacientes adultos.

Modo	Parâmetros de irradiação			Parâmetros de aquisição		
	Potencial do tubo (kV)	Corrente (mA)	Largura do pulso (ms)	Séries	Número de imagens	Tempo (min)
Fluoroscopia (n = 158)						
Mínimo	65	40	–	–	–	1,5
Média	71	66	–	–	–	9,0
Máximo	89	92	–	–	–	29,8
DSA (n = 97)						
Mínimo	63	86	29	4	70	0,6
Média	74	333	80	12	256	2,0
Máximo	97	803	160	27	1.092	6,1
DSA + 3D (n = 61)						
Mínimo	63	100	4	8	294	0,2
Média	74	354	63	15	603	2,0
Máximo	102	803	144	25	1.357	4,7

DSA, angiografia de subtração digital; 3D, série angiográfica rotacional destinada a reconstrução tridimensional; n, número de procedimentos.

número e localização das lesões e malformações, bem como pela dificuldade ou facilidade do acesso ao ponto da investigação. A Tabela 2 mostra os valores médios, mínimos e máximos do P_{KA} e do $K_{a,r}$ obtidos de acordo com o modo de exposição e nos procedimentos completos de angiografias cerebrais.

Dose nos órgãos

Nos procedimentos avaliados neste estudo, a maior parte das incidências do feixe primário de raios X ocorre na região posterior da cabeça; no entanto, muitas vezes o feixe incide diretamente nos olhos e na tireoide, seja pela projeção necessária para formar a imagem de uma lesão próxima do órgão sensível, seja pela aquisição rotacional. Por esta razão, foram usados dosímetros para estimar a dose nestes órgãos. Os resultados dos valores do kerma no ar na superfície de entrada da pele na região dos olhos e da tireoide em pacientes adultos, obtidos com os TLDs, são mostrados na Tabela 3. Observa-se que os valores médio e máximo do kerma no ar ocorrem na região do olho esquerdo.

Dosimetria ocupacional

A Figura 3 mostra a distribuição (apresentada em gráfico *box and whiskers*) dos valores das doses equivalentes medidas em 37 procedimentos, em diversos pontos dos médicos que realizaram angiografias. As extremidades inferiores e superiores do retângulo representam o 1º e 3º quartis da

Tabela 2 Valores médios, mínimos e máximos do P_{KA} e $K_{a,r}$ por modo de exposição e no procedimento completo de angiografias cerebrais realizadas em pacientes adultos.

Modo de exposição		P_{KA} (Gy.cm ²)	$K_{a,r}$ (mGy)
		Média ± DP (mínimo – máximo)	Média ± DP (mínimo – máximo)
Modo de exposição	Fluoroscopia (n = 158)	12,29 ± 0,79 (1,92 – 97,35)	110,6 ± 8,9 (21,2 – 1.180,0)
	DSA (n = 97)	57,9 ± 3,6 (14,3 – 237,5)	626 ± 32 (212 – 1.912)
	DSA + 3D (n = 61)	70,6 ± 3,1 (29,8 – 122,4)	710 ± 36 (294 – 1.649)
Procedimentos completos (n = 158)		75,4 ± 2,7 (16,3 – 251,7)	769 ± 28 (233 – 2.829)

DSA, angiografia de subtração digital; 3D, série angiográfica rotacional destinada a reconstrução tridimensional; n, número de procedimentos; DP, desvio-padrão da média.

Tabela 3 Valores médios, mínimos e máximos do kerma no ar na região dos olhos e tireoide em procedimentos de angiografias em pacientes adultos.

Região	Kerma no ar (mGy)
	Média ± DP (mínimo – máximo)
Olho esquerdo	46,3 ± 6,1 (0,0 – 209,5)
Olho direito	20,1 ± 3,6 (1,6 – 90,9)
Glabela	7,04 ± 0,67 (1,7 – 22,1)
Tireoide	6,3 ± 2,1 (0,0 – 79,5)

DP, desvio-padrão da média.

distribuição de frequência de dados. A barra que corta o retângulo representa a mediana da distribuição e o valor médio é represen-

tado pelo círculo no interior do retângulo. Os valores mínimo e máximo são representados por asteriscos. Os pontos externos são pontos fora da distribuição (*outliers*) do conjunto de dados. A largura do retângulo não tem significado estatístico.

A dose efetiva recebida pelos médicos foi calculada utilizando-se o algoritmo de Nilklason e os resultados obtidos estão apresentados na Figura 4. A dose efetiva média em angiografias foi 2,6 μ Sv e o valor máximo encontrado foi 16 μ Sv.

DISCUSSÃO

Dosimetria dos pacientes

Os dados da Tabela 1 mostram que em 61% dos exames foram realizadas aquisições de imagens por subtração digital e em 39% dos exames, além das imagens por

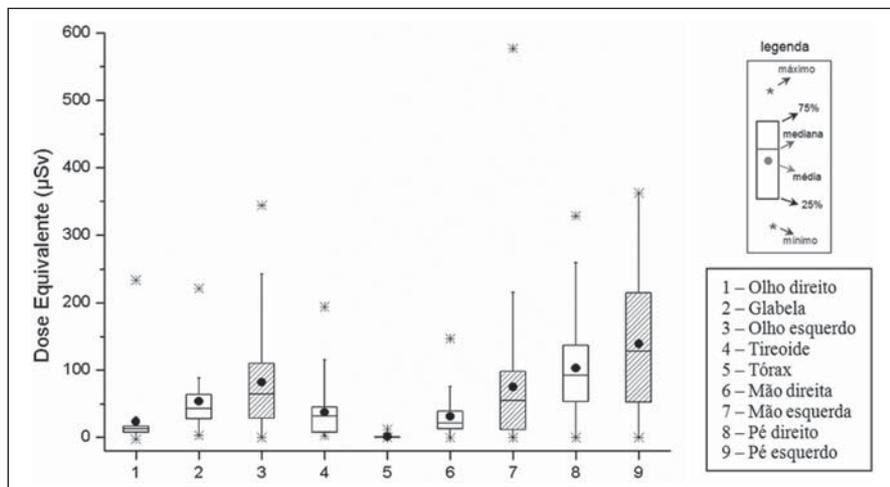


Figura 3. Distribuição da dose equivalente em várias regiões dos médicos que realizaram angiografias cerebrais.

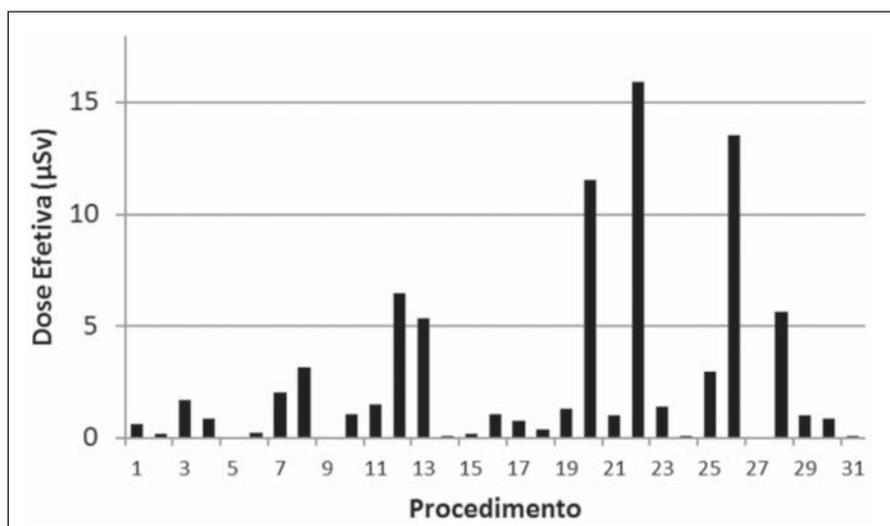


Figura 4. Dose efetiva dos médicos que realizaram procedimentos de angiografias cerebrais.

subtração digital, também foram efetuadas aquisições rotacionais para a reconstrução tridimensional (3D). Nos procedimentos de angiografia de subtração digital (DSA – *digital subtraction angiography*), inicialmente ocorre a aquisição de uma imagem da região de interesse do exame e esta é subtraída digitalmente das imagens adquiridas na sequência com a injeção do material de contraste. Com isso, é possível visualizar a estrutura vascular e dos vasos de interesse. Em angiografias cerebrais destinadas ao diagnóstico de aneurismas, muitas vezes, além da aquisição por DSA, são realizadas séries angiográficas rotacionais que permitem a reconstrução 3D da rede vascular do paciente. A reconstrução 3D permite ao médico planejar a estratégia de

tratamento de uma anormalidade vascular, permitindo a visualização das estruturas em diversos ângulos, e realizar medições do volume ou do colo (abertura vascular) de um aneurisma. O número de sequências rotacionais realizadas por exame depende da anormalidade vascular encontrada no exame. Em 38 exames, na maior parte do segundo grupo (DSA + 3D), foram realizadas duas sequências rotacionais para a reconstrução 3D. Um número maior (quatro ou mais) de sequências rotacionais para a reconstrução 3D é necessário apenas nos casos em que o paciente possui múltiplas anormalidades situadas em ambos os lados do cérebro, sendo necessária a injeção do contraste em hemisférios cerebrais diferentes. Observa-se também que a média do nú-

mero de imagens em procedimentos com reconstrução 3D é maior que o dobro da média do número de imagens em procedimentos sem a aquisição rotacional.

A análise dos dados mostra que, apesar de poucos trabalhos apresentarem o número de sequências adquiridas, o valor médio encontrado neste estudo é similar ao valor médio de sequências do estudo de Pappageorgiou et al.⁽²⁹⁾. No entanto, o número de imagens em outros estudos é mais disperso devido à grande variabilidade nas complexidades investigadas nos diagnósticos⁽³⁰⁾. Em estudos com equipamentos bipolares, em que as imagens são adquiridas em dois planos compostos por tubos de raios X diferentes, o número de imagens adquiridas é maior do que com equipamentos monoplanares⁽³¹⁾. Entretanto, o valor médio do número de imagens obtidas neste estudo é intermediário aos valores encontrados em outros estudos^(30,32), que não informam sobre as possíveis aquisições rotacionais, como no caso deste trabalho. O tempo médio de exposição ficou muito próximo de outros estudos da literatura^(16,29,31).

A análise dos resultados da Tabela 2 mostra que o valor do P_{KA} em fluoroscopia nos procedimentos de diagnósticos representa aproximadamente a sexta parte do valor do P_{KA} total do exame. Neste trabalho, o valor médio do P_{KA} em fluoroscopia é de 16% do valor do P_{KA} total do exame, valor similar ao encontrado por Bor et al.⁽³¹⁾, de 18%. Observa-se também que os valores médios do P_{KA} e do $K_{a,r}$ em procedimentos que realizam aquisição rotacional são maiores do que os que não tiveram este tipo de aquisição. No entanto, os valores máximos do P_{KA} e do $K_{a,r}$ encontrados foram nos procedimentos que não realizaram aquisição rotacional. Isto aconteceu em razão da ocorrência do caso atípico de um paciente que realizou 27 aquisições, com 1.092 imagens, o que acarretou estes valores extremos.

A Tabela 4 mostra os valores médios e o intervalo de variação dos valores do P_{KA} e $K_{a,r}$ em angiografias cerebrais avaliados neste estudo e em alguns estudos disponíveis na literatura. Os valores obtidos neste estudo estão na mesma ordem de grandeza dos demais trabalhos referenciados. No entanto, muitos dos estudos foram realizados com equipamentos mais antigos, que

Tabela 4 Valores médios, mínimo e máximo do P_{KA} e $K_{a,r}$ em angiografias cerebrais em pacientes adultos obtidas neste trabalho e na literatura.

Estudo	Amostra	P_{KA} (Gy.cm ²)	$K_{a,r}$ (mGy)
Bor et al. (2004) ⁽³⁴⁾	47	86 (68 – 149)	–
Rampado et al. (2005) ⁽³²⁾	12	49 (17 – 76)	400 (147 – 686)
Bor et al. (2005) ⁽³¹⁾	27	46 (8 – 121)	–
Tsalafoutas et al. (2006) ⁽³⁵⁾	43	50 (20 – 146)	349 (75 – 1.864)
Papageorgiou et al. (2007) ⁽²⁹⁾	33	119 (33 – 261)	–
Alexander et al. (2010) ⁽¹⁶⁾	432	102	–
Este trabalho	159	75,4 ± 2,7 (16,3 – 251,7)	769 ± 28 (233 – 2.829)

não possuem a entrada automática de filtros de cobre e, portanto, com espectros de radiação distintos. Levando-se também em conta a ampla variabilidade de complexidades envolvidas nestes procedimentos, podemos afirmar que os dados coletados estão consistentes com os dados disponíveis na literatura.

Doses em órgãos

Os resultados das medidas com os TLDs mostraram que o maior valor de kerma no ar registrado neste estudo foi na região do olho esquerdo. Assumimos, neste estudo, que o valor do kerma no ar registrado na superfície da pele na região lateral do olho representa uma estimativa da dose absorvida por este olho. Desta forma, a dose média absorvida pelos olhos foi 34,1 mGy. No entanto, foram observados valores extremos de dose absorvida de 210 mGy. Dados apresentados pela United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)⁽³³⁾ em procedimentos de angiografias cerebrais mostraram que a dose absorvida máxima nos olhos foi 125 mGy. Esse valor é inferior aos encontrados no presente trabalho.

É importante ressaltar que o cristalino é um órgão radiossensível, podendo ocorrer catarata devido aos efeitos da radiação neste órgão. Na recomendação da International Commission on Radiological Protection (ICRP)⁽²⁴⁾ foi considerado um limiar de dose de indução para a ocorrência de catarata em 1% da população exposta como sendo de 1,5 Gy. Entretanto, estudos recentes têm mostrado que, devido às reações

teciduais do cristalino, existem evidências de ocorrência das lesões com doses mais baixas do que antes era considerado, com a manifestação destas reações de acordo com a sensibilidade do indivíduo, e em 2011 a ICRP baixou o limiar da dose para ocorrência de catarata para 0,5 Gy⁽¹⁵⁾. Desta forma, as doses absorvidas pelos olhos nos pacientes avaliados neste trabalho são altas o suficiente para provocar reações teciduais, especialmente nos indivíduos mais sensíveis.

Dosimetria ocupacional

A análise dos resultados das doses medidas nos médicos mostra que os pés, as mãos e os olhos do lado esquerdo apresentaram dose equivalente maior do que a do lado direito. Isto acontece devido ao posicionamento do médico do lado direito do paciente e com o tubo de raios X à sua esquerda.

O equipamento utilizado neste estudo não possui barreiras de proteção, como a cortina plumbífera, situada na borda da mesa do paciente, e o protetor de acrílico, suspenso no teto, que tem o objetivo de inibir a radiação espalhada na região de trabalho do médico. Os altos valores de dose equivalente na região dos pés são devidos à ausência da cortina de chumbo. O uso deste dispositivo de proteção reduz a dose equivalente nos médicos em cerca de 90%, conforme medidas realizadas no local.

Os valores de dose equivalente são maiores nos pés do que nas mãos quando o tubo se situa embaixo da mesa, e ao contrário quando a posição do tubo é acima da

mesa. Apesar disso, é recomendado o uso do tubo de raios X embaixo da mesa, por reduzir a dose nos olhos do médico e do paciente. No estudo de Bor et al.⁽³¹⁾, as doses equivalentes na região dos pés são menores que as encontradas neste trabalho, resultado provável do uso de barreira de proteção.

As doses absorvidas nos olhos dos pacientes avaliados neste estudo se mostraram particularmente altas. Isto pode resultar em um acréscimo na incidência de opacidades no cristalino e catarata, visto que estudos recentes mostram a ocorrência destes efeitos em doses abaixo de 500 mGy.

CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem concluir que os parâmetros de radiação utilizados para a realização de angiografias cerebrais acarretam altos valores de doses na região dos olhos do paciente, atingindo valores de 345 mGy.

Considerando o valor máximo de dose medido no olho do médico, que foi 344 μ Sv, pode-se concluir que o número máximo de procedimentos que o médico pode realizar para não ultrapassar o limite anual é de 1,2 procedimento por semana. Se for considerado o valor médio da dose nos olhos, este número passa a ser 4,8 procedimentos por semana. Estes valores de altas doses poderiam ser reduzidos com o uso de óculos ou anteparo plumbíferos. Uma mudança na cultura de proteção radiológica dos médicos intervencionistas deve ser incentivada, a fim de contribuir para a otimização dos procedimentos.

REFERÊNCIAS

1. Barros ML, Fernandes DA, Melo EV, et al. Malformações do sistema nervoso central e malformações associadas diagnosticadas pela ultrassonografia obstétrica. *Radiol Bras.* 2012;45:309–14.
2. Fernandes RCL, Rosso ALZ, Vincent MB, et al. Achados de ultrassonografia transcraniana na doença de Parkinson e no tremor essencial: relato de casos. *Radiol Bras.* 2012;45:356–8.
3. Coeli GNM, Silva GC, Tiengo RR, et al. Cerebelite aguda com herniação tonsilar: relato de caso. *Radiol Bras.* 2012;45:244–6.
4. Coeli GNM, Tiengo RR, Silva AC, et al. Neurocisticercose nodular calcificada com sinais de reativação. *Radiol Bras.* 2012;45:291–3.
5. Sanches P, Yamashita S, Freitas CCM, et al. Glioma cordoide do terceiro ventrículo: descrição de um novo caso. *Radiol Bras.* 2012;45:288–90.
6. Nogueira-Barbosa MH, Savarese LG, Herrero

- CFPS, et al. Redundant nerve roots of the cauda equina: review of the literature. *Radiol Bras.* 2012;45:155–9.
7. Jurno ME, Castro MHA, Lage MA, et al. Síndrome de desmielinização osmótica: relato de caso com evolução favorável. *Radiol Bras.* 2012; 45:61–2.
 8. Gonçalves FG, Barra FR, Matos VL, et al. Sinais em neurorradiologia – Parte 1. *Radiol Bras.* 2011;44:123–8.
 9. Barra FR, Gonçalves FG, Matos VL, et al. Sinais em neurorradiologia – Parte 2. *Radiol Bras.* 2011;44:129–33.
 10. Wajnberg E, Rodrigues G, Abud DG. O uso de *stents* farmacológicos no tratamento da estenose das artérias vertebrais. *Radiol Bras.* 2011;44:343–8.
 11. Fletcher DW, Miller DL, Balter S, et al. Comparison of four techniques to estimate radiation dose to skin during angiographic and interventional radiology procedures. *J Vasc Interv Radiol.* 2002; 13:391–7.
 12. Vañó E, González L, Guibelalde E, et al. Evaluation of risk of deterministic effects in fluoroscopically guided procedures. *Radiat Prot Dosimetry.* 2005;117:190–4.
 13. Moritake T, Matsumaru Y, Takigawa T, et al. Dose measurement on both patients and operators during neurointerventional procedures using photoluminescence glass dosimeters. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2008;29:1910–7.
 14. Mooney RB, McKinstry CS, Kamel HA. Absorbed dose and deterministic effects to patients from interventional neuroradiology. *Br J Radiol.* 2000;73:745–51.
 15. International Commission on Radiological Protection. Draft report: Early and late effects of radiation in normal tissues and organs: threshold doses for tissue reactions and other non-cancer effects of radiation in a radiation protection context. [acessado em 24 de julho de 2012]. Disponível em: <http://www.icrp.org/page.asp?id=116>.
 16. Alexander MD, Oliff MC, Olorunsola OG, et al. Patient radiation exposure during diagnostic and therapeutic interventional neuroradiology procedures. *J NeuroIntervent Surg.* 2010;2:6–10.
 17. Vañó E, González L, Guibelalde E, et al. Radiation exposure to medical staff in interventional and cardiac radiology. *Br J Radiol.* 1998;71:954–60.
 18. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução Nº 196 de 10 de outubro de 1996. [acessado em 31 de agosto de 2012]. Disponível em: http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/reso_96.htm.
 19. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Radiodiagnóstico médico: desempenho de equipamentos e segurança. Brasília: Ministério da Saúde; 2005.
 20. Rauch P, Lin PJ, Balter S. Functionality and operation of fluoroscopic automatic brightness control/automatic dose rate control logic in modern cardiovascular and interventional angiography systems: a report of Task Group 125 Radiography/Fluoroscopy Subcommittee, Imaging Physics Committee, Science Council. *Med Phys.* 2012; 39:2826–8.
 21. Artis zee/zeego. Manual do utilizador – volume 1. Munich: Siemens AG; 2009.
 22. International Electrotechnical Commission. Medical electrical equipment – Part 2-43: Particular requirements for the safety of X ray equipment for interventional procedures. 1st ed. Geneva; IEC; 2000.
 23. Martin CJ. A review of radiology staff doses and dose monitoring requirements. *Radiat Prot Dosimetry.* 2009;136:140–57.
 24. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP.* 2007;37:1–332.
 25. Padovani R, Foti C, Malisan MR. Staff dosimetry protocols in interventional radiology. *Radiat Prot Dosimetry.* 2001;94:193–6.
 26. Schultz FW, Zoetelief J. Estimating effective dose for a cardiac catheterisation procedure with single or double personal dosimeters. *Radiat Prot Dosimetry.* 2006;118:196–204.
 27. International Commission on Radiological Protection. General principles for the radiation protection of workers. ICRP Publication 75. Oxford: Pergamon Press; 1997.
 28. Järvinen H, Bult N, Clerinx P, et al. Overview of double dosimetry procedures for determination of the effective dose of the interventional radiology staff. *Radiat Prot Dosimetry.* 2008;129:333–9.
 29. Papageorgiou E, Tsapaki V, Tsalafoutas IA, et al. Comparison of patient doses in interventional radiology procedures performed in two large hospitals in Greece. *Radiat Prot Dosimetry.* 2007; 124:97–102.
 30. Urairat J, Asavaphatiboon S, Singhara Na Ayuthaya S, et al. Evaluation of radiation dose to patients undergoing interventional radiology procedures at Ramathibodi Hospital, Thailand. *Biomed Imaging Interv J.* 2011;7:e22.
 31. Bor D, Çekirge SC, Türkay T, et al. Patient and staff doses in interventional neuroradiology. *Radiat Prot Dosimetry.* 2005;117:62–8.
 32. Rampado O, Ropolo R. Entrances skin dose distribution maps for interventional neuroradiological procedures: a preliminary study. *Radiat Prot Dosimetry.* 2005;117:256–9.
 33. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2000 Report Vol I. Sources and effects of ionizing radiation. Annex D: Medical radiation exposures. UNSCEAR; 2000.
 34. Bor D, Sancak T, Olgar T, et al. Comparison of effective doses obtained from dose-area product and air kerma measurements in interventional radiology. *Br J Radiol.* 2004;77:315–22.
 35. Tsalafoutas IA, Goni H, Maniatis PN, et al. Patient doses from noncardiac diagnostic and therapeutic interventional procedures. *J Vasc Interv Radiol.* 2006;17:1489–98.