



ELSEVIER



## Artigo Original

# Exposição da equipe cirúrgica à radiação ionizante durante procedimentos cirúrgicos ortopédicos<sup>☆</sup>

Evandro Pereira Palácio\*, André Araújo Ribeiro, Bruno Moreira Gavassi, Gabriel Guimarães Di Stasi, José Antônio Galbiatti, Alcides Durigam Junior e Roberto Ryuiti Mizobuchi

Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina de Marília (Famema), Marília, SP, Brasil

## INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 16 de agosto de 2013

Aceito em 23 de agosto de 2013

On-line em 28 de fevereiro de 2014

Palavras-chave:

Radiação ionizante

Fluoroscopia

Cirurgia ortopédica

## RESUMO

**Objetivo:** avaliar o grau de exposição da equipe cirúrgica ortopédica à radiação ionizante fluoroscópica.

**Métodos:** foi dosada a radiação ionizante incidida sobre a equipe cirúrgica ortopédica (R1, R2 e R3) com dosímetros termoluminescentes, distribuídos em regiões anatômicas alvo, com e sem a proteção de avental de chumbo, durante 45 procedimentos de osteossíntese de quadril (DHS), por fraturas transtrocantericas classificadas como 31-A2.1 (AO).

**Resultados:** a dose radioativa sobre o R3 foi de 6,33 mSv, de 4,51 mSv sobre o R2 e de 1,99 mSv sobre o R1 ( $p=0,33$ ). A região da tireoide recebeu 0,86 mSv de radiação, a região torácica 1,24 mSv e a região gonadal 2,15 mSv ( $p=0,25$ ). Não houve registro de radiação nas dosímetros localizados abaixo dos protetores de biossegurança ou nas costas dos membros da equipe.

**Conclusões:** os membros da equipe cirúrgica que ficaram mais próximos do fluoroscópio receberam maiores doses de radiação do que os que ficaram mais remotamente. As regiões anatômicas abaixo da linha cintura foram as que mais receberam radiação ionizante. Os resultados ressaltam a importância do uso de dispositivos de biossegurança, os quais são efetivos em impedir que a radiação atinja órgãos vitais dos integrantes da equipe médica.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

## Exposure of the surgical team to ionizing radiation during orthopedic surgical procedures

## ABSTRACT

**Objective:** the aim of this study was to assess the degree of exposure of the orthopedic surgical team to fluoroscopic ionizing radiation.

**Methods:** the ionizing radiation to which the orthopedic surgical team (R1, R2 and R3) was exposed was assayed using thermoluminescent dosimeters that were distributed in target anatomical regions (regions with and without protection using a lead apron). This was

**Keyword:**

Ionizing radiation

Fluoroscopy

Orthopedic surgery

<sup>☆</sup> Trabalho realizado no Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina de Marília (Famema), Marília, SP, Brasil.

\* Autor para correspondência.

E-mail: palacio@famema.br (E.P. Palácio).

done during 45 hip osteosynthesis procedures to treat transtrochanteric fractures that were classified as 31-A2.1 (AO).

Results: the radioactive dose received by R3 was 6.33 mSv, R2 4.51 mSv and R3 1.99 mSv ( $p=0.33$ ). The thyroid region received 0.86 mSv of radiation, the thoracic region 1.24 mSv and the gonadal region 2.15 mSv ( $p=0.25$ ). There was no record of radiation at the dosimeters located below the biosafety protectors or on the team members' backs.

Conclusions: the members of the surgical team who were located closest to the fluoroscope received greater radiation doses than those located further away. The anatomical regions located below the waistline were the ones that received most ionizing radiation. These results emphasize the importance of using biosafety devices, since these are effective for preventing radiation from reaching the vital organs of the medical team.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

## Introdução

O uso da fluoroscopia durante as cirurgias ortopédicas é uma importante ferramenta cirúrgica, que proporciona aos cirurgiões melhor avaliação das estruturas anatômicas operadas e do material de síntese implantado, além de diminuir, consideravelmente, o tempo cirúrgico e a morbidade dos pacientes. Embora as facilidades decorrentes do uso de tais aparelhos sejam muitas, existe um perigo potencial, não apenas para o cirurgião, mas para todos os membros da equipe cirúrgica: o aumento da exposição à radiação ionizante.<sup>1,2</sup>

A despeito de todo o aparato disponível, relativamente à biossegurança da equipe médica, como aventais de chumbo, colares protetores de tireoide e óculos com películas de chumbo, os efeitos cumulativos e deletérios radioativos não devem ser negligenciados. Fluoroscópios emitem doses de, aproximadamente, 5 rads por minuto<sup>3</sup> e mesmo os mini-fluoroscópios podem causar sérios e irreversíveis danos à saúde.<sup>2-6</sup> Sabe-se que doses de 1 rad, quando aplicadas sistematicamente sobre determinada região, podem causar danos ao ácido desoxirribonucleico (DNA) e, conseqüentemente, cânceres, em uma proporção aproximada de 1:100.000.<sup>5,7</sup> Faz-se importante salientar que, no organismo humano, a radiação ionizante inibe a mitose celular e quebra, irreparavelmente, a cadeia dupla do DNA. Modificações estruturais nucleares produzem alterações graves na célula e aumentam as chances de potenciais transmissões genéticas de tais erros. Mãos, tireoide, olhos, abdome e genitais são áreas-alvo críticas e que devem receber os devidos cuidados.

A radiação ionizante e suas mazelas assumem maior gravidade quando consideramos o uso indiscriminado de fluoroscópios pelos residentes de ortopedia. Esses são submetidos a altas doses de radiação, desde o início de seus treinamentos, por causa, principalmente, da falta de prática operatória e/ou de conhecimento sobre suas funestas conseqüências.

Levando-se em consideração o grande número de intervenções cirúrgicas ortopédicas feitas com o auxílio de fluoroscópios e as graves sequelas relacionadas à radiação ionizante, bem como a escassa literatura relacionada ao tema, principalmente nas principais bases de dados nacionais, propõe-se o presente estudo, cujo objetivo é avaliar o grau de exposição da equipe cirúrgica ortopédica à radiação ionizante fluoroscópica, associado, ou não, ao uso de equipamentos de bioproteção.

## Material e métodos

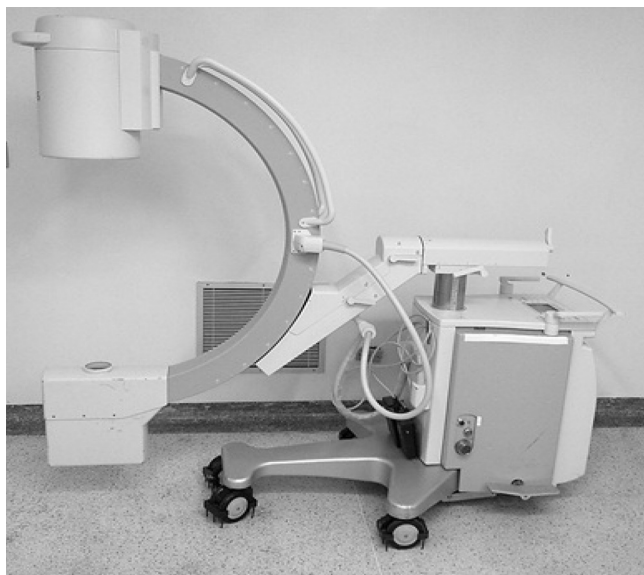
Conforme a resolução n° 1.595/2000 do Conselho Federal de Medicina, os autores declaram não ter havido auxílio de qualquer espécie a esta pesquisa. Não houve, tampouco, qualquer conflito de interesse dos pesquisadores em relação ao presente estudo.

O protocolo de estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos sob o n° 474/2012. Todos os pacientes ou responsáveis legais concordaram em participar e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) após terem sido minuciosamente informados sobre o conteúdo e a forma do estudo.

O tamanho amostral foi determinado no início do estudo, por meio de testes estatísticos específicos, levaram-se em consideração os riscos  $\alpha$  (5%) e  $\beta$  (20%), bem como a diversidade das variáveis, e chegou-se a um valor mínimo de 45 procedimentos cirúrgicos.

Foi dosada a radiação ionizante incidida sobre a equipe cirúrgica ortopédica (R1, R2 e R3) durante os procedimentos cirúrgicos de osteossíntese de quadril (placa e parafuso deslizante de Richard – DHS) por fraturas transtrocanterianas classificadas como 31-A2.1 (AO) feitos de fevereiro de 2012 a agosto de 2012. Os critérios de inclusão foram: idade mínima de 18 anos e ser portador de fratura do fêmur proximal do tipo 31-A2.1. Foram excluídos todos os pacientes cujas operações necessitassem de radiografias intraoperatórias, os portadores de fraturas de origem tumoral, bem como aqueles que se recusassem a assinar o TCLE. Sete pacientes foram excluídos deste estudo: cinco que necessitaram de radiografias intraoperatórias e dois que, à entrada no Serviço, encontravam-se inconscientes e sem acompanhantes e não puderam assinar o TCLE. Dessa maneira, foram incluídas neste estudo 48 cirurgias.

Após a chegada ao pronto-socorro, os pacientes eram submetidos ao protocolo ATLS (Advanced Trauma Life Support) e a radiografias iniciais, com identificação e classificação das fraturas da região proximal do fêmur. Oportunamente, os pacientes eram levados ao centro cirúrgico para ser submetidos aos procedimentos de osteossíntese, sempre pela mesma equipe médica (R1: instrumentador; R2: primeiro cirurgião e R3: segundo cirurgião) e sob os mesmos protocolos e tempos cirúrgicos. Todos os procedimentos cirúrgicos foram acompanhados in loco pelo mesmo preceptor, especialista em cirurgia



**Figura 1 – Fluoroscópio (vista lateral).**

do quadril. O aparelho de fluoroscopia (Philips® BV Endura) (fig. 1), calibrado dentro de normas técnicas específicas,<sup>8,9</sup> foi operado sempre pelo mesmo profissional e sob os mesmos parâmetros técnicos.

Aventais protetores de chumbo com 5 mm de espessura (Konex®) foram usados pela equipe cirúrgica como equipamento de proteção individual. Durante todo o tempo do procedimento cirúrgico, a equipe médica usou 21 dosímetros de radiação termoluminescentes, distribuídos em diferentes regiões anatômicas (fig. 2) (tabela 1), abaixo e acima do dispositivo de biossegurança, cuja função foi medir a radiação

ionizante emitida pelo aparelho de fluoroscopia e incidida sobre a equipe ortopédica.

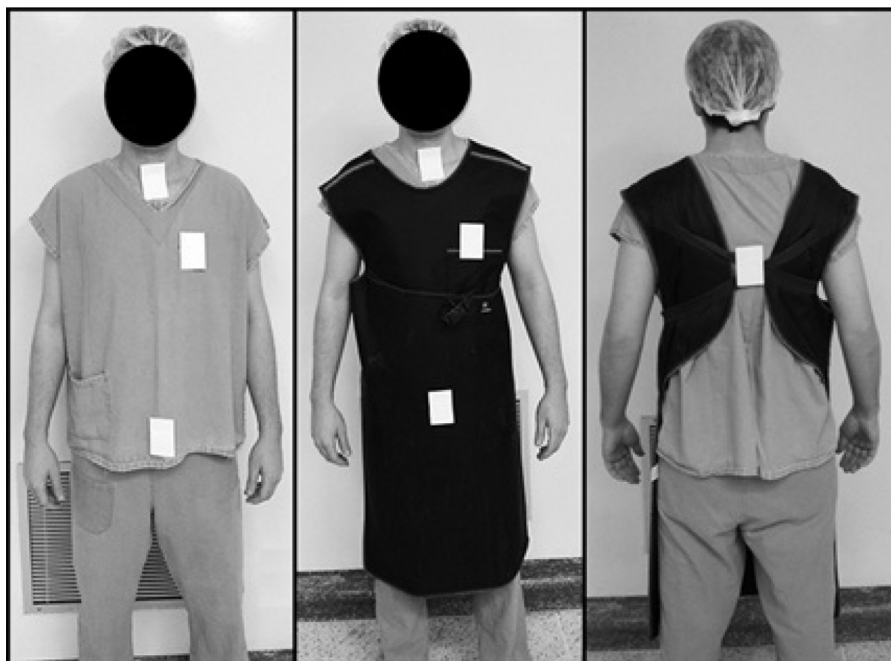
Os dosímetros permaneceram acondicionados em uma caixa de chumbo, de onde eram retirados pela equipe cirúrgica somente no momento imediatamente anterior à assepsia e antissepsia da equipe. Após o término do procedimento operatório a equipe cirúrgica acomodava, imediatamente, os dosímetros no mesmo recipiente. Três dosímetros (controles) foram mantidos, permanentemente, dentro do invólucro de chumbo, protegidos de quaisquer radiações externas que pudessem comprometer os resultados.

Informações como o tempo de uso do fluoroscópio e quantidade de kV e mSv emitida pelo aparelho foram fornecidas automaticamente pelo computador do aparelho e, posteriormente, tabulados em planilha eletrônica. No fim do estudo, os dosímetros foram enviados ao Departamento de Física Nuclear do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, que analisou a dose individual de radiação recebida em cada um deles, sem ter conhecimento da localização anatômica original (processo de cegamento).

#### **Metodologia estatística**

As variáveis tempo de cirurgia, dose individual de radiação e local de incidência, em cada um dos membros da equipe cirúrgica, foram analisadas por meio de testes estatísticos descritivos, paramétricos e não paramétricos, no modelo inteiramente casualizado, com o uso dos programas SigmaStat® versão 3.5 (Systat Software Inc., 2006) e Minitab® versão 15 (Minitab Inc., 2007). Para todos os cálculos foram usados nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

Foram calculados os valores de médias, desvios-padrão, medianas, frequências, percentuais e intervalos de confiança 95% IC ( $\alpha = 5\%$ ).



**Figura 2 – Localização anterior e posterior dos dosímetros nos integrantes da equipe (acima e abaixo do protetor de chumbo).**

**Tabela 1 – Distribuição anatômica dos dosímetros de acordo com a equipe**

	1º cirurgião (R2)	2º cirurgião (R3)	Instrumentador (R1)
Região dorsal (costas)	Dosímetro 1	Dosímetro 8	Dosímetro 15
Gônadas (abaixo do protetor)	Dosímetro 2	Dosímetro 9	Dosímetro 16
Gônadas (acima do protetor)	Dosímetro 3	Dosímetro 10	Dosímetro 17
Tireoide	Dosímetro 4	Dosímetro 11	Dosímetro 18
Tórax (abaixo do protetor)	Dosímetro 5	Dosímetro 12	Dosímetro 19
Tórax (acima do protetor)	Dosímetro 6	Dosímetro 13	Dosímetro 20
Controle	Dosímetro 7	Dosímetro 14	Dosímetro 21

**Resultados**

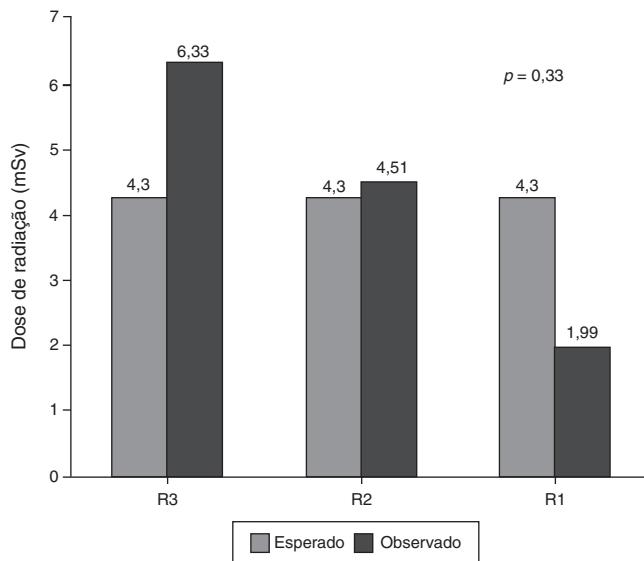
O tempo total de uso do fluoroscópio foi de 2h55 min, com média de 3 min e 53 seg ( $\pm$  1 min 22 seg) (mínimo: 1 min 44 seg; máximo: 6 min 45 seg; 95% IC: 3 min 29 seg-4 min 18 seg).

A dose efetiva de radiação incidida sobre o R3 foi de 6,33 mSv, sobre o R2 foi de 4,51 mSv e sobre o R1 foi de 1,99 mSv ( $p=0,33$ ) (fig. 3). Não houve diferença estatística ao se comparar a dose individual total incidida entre R3 e R2 ( $p=0,58$ ), R2 e R1 ( $p=0,32$ ) e R3 e R1 ( $p=0,13$ ).

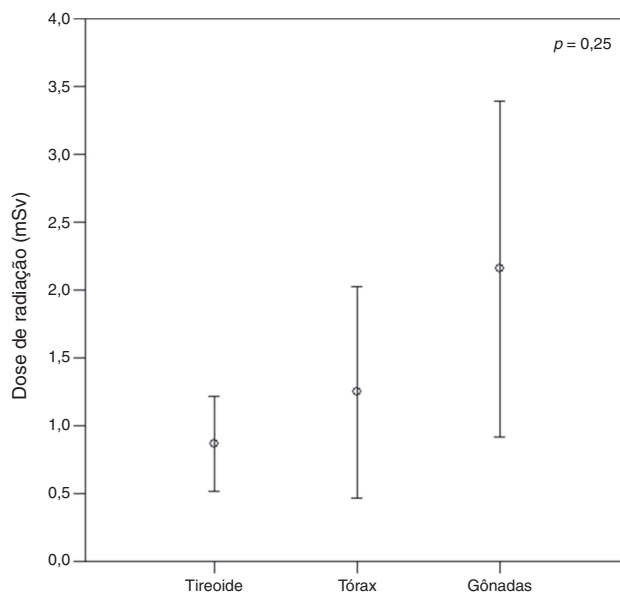
Com relação às regiões anatômicas, a região da tireoide recebeu uma dose média radioativa de 0,86 mSv ( $\pm$  0,3), a torácica de 1,24 mSv ( $\pm$  0,8) e a gonadal de 2,15 mSv ( $\pm$  1,2) ( $p=0,25$ ) (fig. 4).

A dose individual de radiação incidida sobre a região da tireoide do R3 foi de 1,24 mSv, sobre o R2 foi de 0,81 mSv e sobre o R1 foi de 0,55 mSv ( $p=0,87$ ) (fig. 5). Não houve diferença estatística ao se comparar a dose total incidida sobre a região da tireoide do R3 e do R2 ( $p=0,76$ ), sobre o R2 e o R1 ( $p=0,82$ ) ou sobre o R3 e o R1 ( $p=0,6$ ).

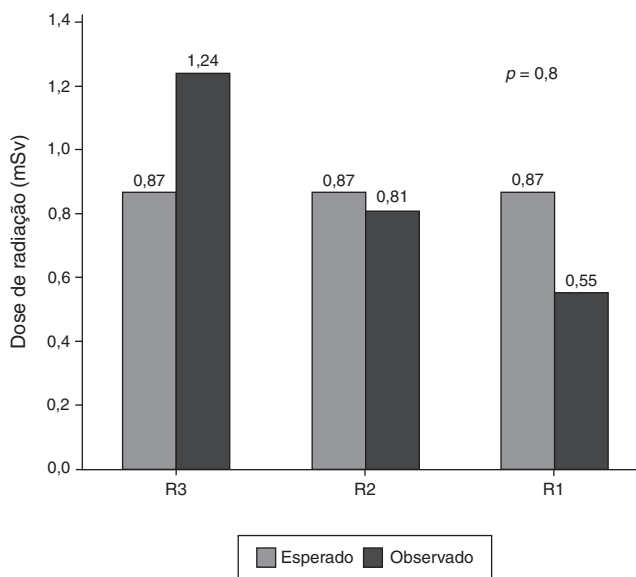
A dose individual de radiação incidida sobre a região torácica do R3 foi de 2,14 mSv, sobre o R2 de 0,9 mSv e sobre o R1 de 0,70 mSv ( $p=0,61$ ) (fig. 6). Não houve diferença estatística ao se comparar a dose total incidida sobre a região do tórax do



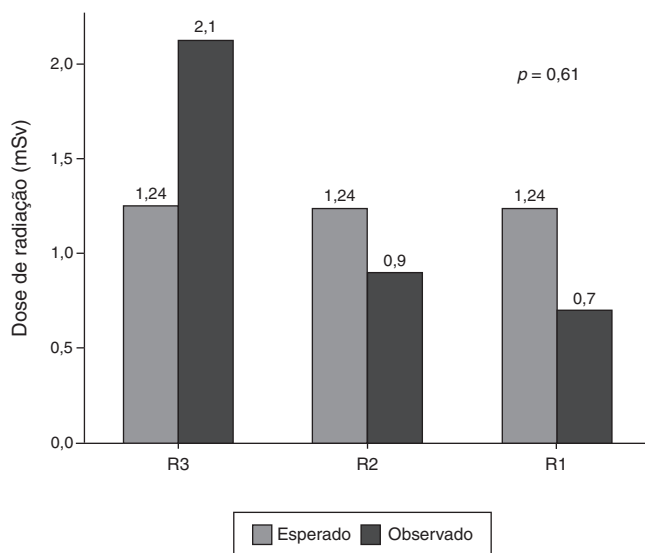
**Figura 3 – Dose de radiação total (mSv) incidida sobre os integrantes da equipe.**



**Figura 4 – Dose total de radiação (mSv) sobre as diferentes áreas anatômicas dos integrantes da equipe.**



**Figura 5 – Dose de radiação (mSv) incidida sobre a região da tireoide dos integrantes da equipe.**

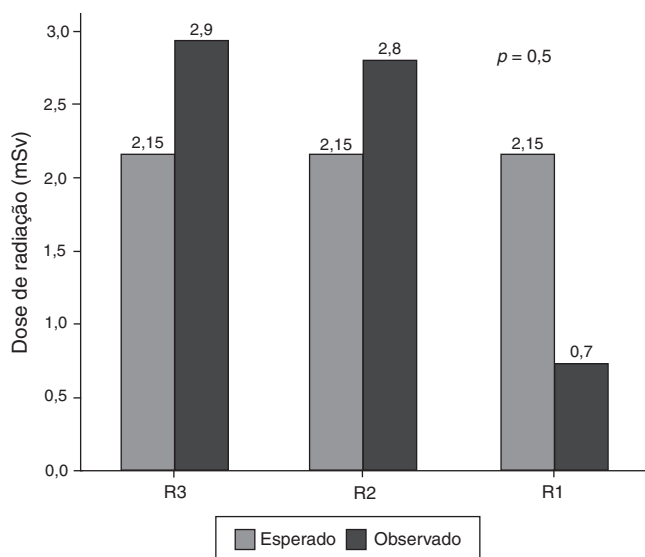


**Figura 6 – Dose de radiação (mSv) incidida sobre a região torácica dos integrantes da equipe.**

R3 e do R2 ( $p=0,47$ ), sobre o R2 e o R1 ( $p=0,87$ ) ou sobre o R3 e o R1 ( $p=0,4$ ).

A dose individual de radiação incidida sobre a região das gônadas do R3 foi de 2,94 mSv, sobre o R2 de 2,8 mSv e sobre o R1 de 0,73 mSv ( $p=0,5$ ) (fig. 7). Não houve diferença estatística ao se comparar a dose total incidida sobre a região das gônadas do R3 e do R2 ( $p=0,95$ ), sobre o R2 e o R1 ( $p=0,27$ ) ou sobre o R3 e o R1 ( $p=0,24$ ).

Os níveis de radiação detectados nos dosímetros de controle, nos colocados abaixo dos protetores de biossegurança (avental de chumbo) e nos colocados às costas dos membros da equipe foram inferiores a 0,1 mSv. Foram, portanto, considerados nulos.



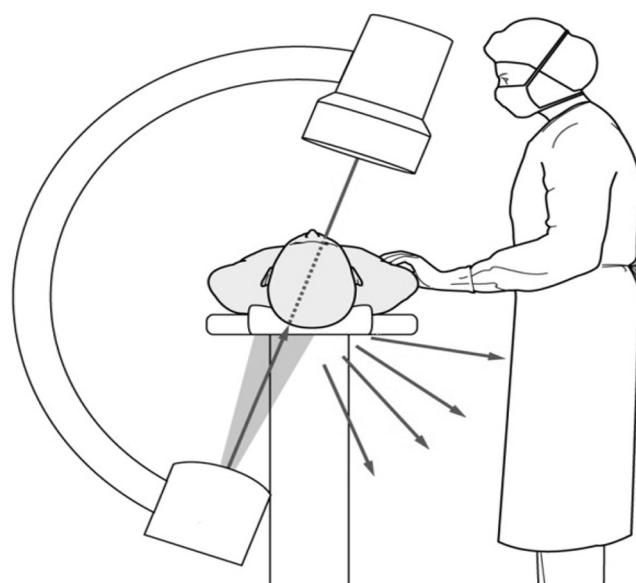
**Figura 7 – Dose de radiação (mSv) incidida sobre a região das gônadas dos integrantes da equipe.**

## Discussão

Estudos do Departamento de Saúde Radiológica dos Estados Unidos e do Departamento de Saúde, Educação e Bem-Estar indicam que o uso de equipamentos médicos emissores de raios-X constitui-se na maior fonte de exposição da população à radiação ionizante de origem não natural.<sup>10-12</sup> No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) preconiza que a dose efetiva, em indivíduos ocupacionalmente expostos à radiação, não deve exceder o limite médio de 20 mSv ao ano.<sup>13</sup> Os resultados deste estudo demonstram que, em apenas seis meses, residentes de um programa de residência médica em ortopedia e traumatologia receberam, em média, um quarto da dose máxima anual permitida ao fazer somente cirurgias do quadril de média complexidade, acompanhados por um especialista da área. Pode-se, então, hipotetizar que, se levarmos em consideração todos os procedimentos cirúrgicos feitos pelos residentes durante seu treinamento, a dose limite anual será, certamente, ultrapassada.

Assim como outros autores,<sup>14-16</sup> identificamos que o fluoroscópio gera grandes doses de radiação ionizante que acometem a região do baixo ventre, principalmente as gônadas (figs. 4 e 7). A radiação refletida, também chamada de *scattered radiation*, que se dissemina após o encontro com o objeto de estudo é uma das principais responsáveis pelo aumento da incidência radioativa naquelas regiões (fig. 8). A radiação refletida também explica o motivo pelo qual não se deve inverter a posição do fluoroscópio ao se colocar sua fonte emissora de radiação acima do objeto de estudo.

Os resultados também evidenciam que, embora não haja diferença significativa entre o R3, o R2 e o R1, há uma forte tendência à diminuição do impacto radioativo sobre a equipe cirúrgica, à medida que aumenta a distância desses com relação ao fluoroscópio. De fato, vários autores preconizam que a equipe deve manter uma distância segura do aparelho, de, no mínimo, um metro.<sup>11-15</sup> É importante notar também



**Figura 8 – Irradiação refletida (*scattered radiation*) (Fonte: adaptado de AO Foundation).**

que o uso do equipamento de proteção individual (aventais de chumbo, óculos etc.) é uma conduta imprescindível para profissionais que entram em contato com esse tipo de radiação.<sup>16,17</sup> Neste estudo, os dosímetros colocados abaixo do avental de chumbo permaneceram sem registrar radiação, o que comprovou a efetividade do protetor em preservar a equipe médica. Deve-se salientar, contudo, que, embora os equipamentos de proteção sejam eficazes, as regiões do corpo não protegidas, principalmente os membros superiores, permanecem sob o risco de desenvolvimento de neoplasias.

A equipe ortopédica, seja composta de residentes e/ou cirurgiões ortopédicos formados, durante seus procedimentos operatórios, deve usar o fluoroscópio de maneira cautelosa. Manter o tempo de uso do aparelho o mais baixo possível, ficar longe da fonte ionizante e, obviamente, usar equipamentos de proteção adequados são medidas eficazes na prevenção de sérios problemas de saúde da equipe.

## Conclusões

Nas condições do presente estudo, os membros da equipe cirúrgica (R3 e R2) que ficaram mais próximos do fluoroscópio receberam maiores doses de radiação, principalmente em regiões anatômicas abaixo da linha cintura. O dispositivo de biossegurança (aventil de chumbo) foi efetivo em impedir que a radiação atingisse órgãos vitais dos integrantes da equipe médica.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## REFERÊNCIAS

1. Giachino AA, Cheng M. Irradiation of the surgeon during pinning of femoral fractures. *J Bone Joint Surg Br.* 1980;62(2):227-9.
2. Mehlman CT, DiPasquale TG. Radiation exposure to the orthopaedic surgical team during fluoroscopy: "how far away is far enough?". *J Orthop Trauma.* 1997;11(6):392-8.
3. Hanel DP, Robson DB. The image intensifier as an operating table. *J Hand Surg Am.* 1987;12(2):322-3.
4. Levin PE, Schoen Jr RW, Browner BD. Radiation exposure to the surgeon during closed interlocking intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(5):761-6.
5. Miller ME, Davis ML, MacClean CR, Davis JG, Smith BL, Humphries JR. Radiation exposure and associated risks to operating-room personnel during use of fluoroscopic guidance for selected orthopaedic surgical procedures. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(1):1-4.
6. Riley SA. Radiation exposure from fluoroscopy during orthopedic surgical procedures. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(248):257-60.
7. International Electrotechnical Commission 61267 IEC 61267 1994 Medical diagnostic X-ray equipment – Radiation conditions for use in determination of characteristics. Geneva, International Electrotechnical Commission. 1994.
8. International Organization for Standardization. ISO 4037-1:1996. X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters for determining their response as a function of photon energy – Part 1: Radiation characteristics and production methods. Disponível em: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=20781](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=20781). (Acessado em 20 de maio de 2013).
9. Hynes DE, Conere T, Mee MB, Cashman WF. Ionising radiation and the orthopaedic surgeon. *J Bone Joint Surg Br.* 1992;74(3):332-4.
10. Kwong LM, Johanson PH, Zinar DM, Lenihan MR, Herman MW. Shielding of the patient's gonads during intramedullary interlocking femoral nailing. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(10):1523-6.
11. Giordano BD, Ryder S, Baumhauer JF, DiGiovanni BF. Exposure to direct and scatter radiation with use of mini-c-arm fluoroscopy. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(5):948-52.
12. Franciscatto PC. Caracterização das qualidades de radiação X segundo as recomendações da norma IEC 61267 no Laboratório de Calibração do Ipem São Paulo [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2009.
13. Giordano BD, Baumhauer JF, Morgan TL, Rechtine GR. Patient and surgeon radiation exposure: comparison of standard and mini-C-arm fluoroscopy. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(2):297-304, 2<sup>nd</sup>.
14. Mahaisavariya B, Songcharoen P, Riansuwan K. Radiation scattering to the primary surgeon during closed locked femoral nailing. *J Med Assoc Thai.* 2005;88(2): 252-5.
15. Tremains MR, Georgiadis GM, Dennis MJ. Radiation exposure with use of the inverted-c-arm technique in upper-extremity surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2001:674-8, 83-A(5).
16. Quimby EH, Shafiro G, Stickley EE. Radiation protection for medical and allied health personnel: recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements. Bethesda (MD): National Council on Radiation Protection and Measurements (US). Council's Scientific Committee 49 on Radiation Protection Guidance for Paramedical Personnel. 1976 (NCRP. Report, 48).
17. Theocharopoulos N, Perisinakis K, Damilakis J, Papadokostakis G, Hadjipavlou A, Gourtsoyiannis N. Occupational exposure from common fluoroscopic projections used in orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2003, 85-A(9): 1698 703.