

# Avaliação da exposição do ortopedista a doses ocupacionais de radiação em cirurgias do pé e tornozelo

## Assessment of orthopedist exposure to occupational doses of radiation in foot and ankle surgeries

Thiago Pavani Zigovski<sup>1</sup>, Larissa Lopes Endlich<sup>2</sup>, Aleksei Dickow Sato<sup>1</sup>, Danielle Filipov<sup>2</sup>, Janine Nicolosi Corrêa<sup>2</sup>

1. Hospital XV, Curitiba, PR, Brasil.

2. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

### RESUMO

**Objetivo:** Medir as doses de radiação ocupacional às quais um médico, que realiza cirurgias ortopédicas do pé e tornozelo utilizando aparelho de fluoroscopia está exposto em sua jornada de trabalho, bem como comparar as doses obtidas com os valores previstos na legislação em vigor e propor medidas de radioproteção.

**Métodos:** Por meio de dosimetria do tipo termoluminescente (TLD), foram obtidas respostas para pontos alvo-críticos (corpo-inteiro, cristalino, tireoide, mãos direita e esquerda) no corpo do cirurgião, durante todos os procedimentos cirúrgicos realizados por ele entre os dias 19/12/2017 e 05/02/2018. A partir dos valores de dose médios obtidos para os procedimentos, estimou-se a dose de exposição à radiação anual em cada uma das regiões analisadas e comparou-se com a legislação vigente.

**Resultados:** A estimativa da dose anual de radiação recebida pelo cirurgião para a região do tórax, por cima do avental de chumbo, teve resultado cinco vezes mais alto do que a legislação nacional preconiza. Entretanto, considerando-se o uso do avental plumbífero, a dose torna-se adequada. As estimativas de doses equivalentes para as extremidades e tireoide tiveram resultados compatíveis com as exigências das legislações vigentes. A dose equivalente para o cristalino, por outro lado, teve resultado quatro vezes mais alto do que o indicado na legislação.

**Conclusão:** O cirurgião ortopedista especialista em pé e tornozelo está exposto, em sua jornada de trabalho, a doses de radiação superiores àquelas consideradas adequadas. Os dados corroboram a necessidade do uso de vestimentas de proteção radiológica, especialmente avental e óculos plumbíferos.

**Nível de Evidência IV; Estudos Prognósticos; Série de Casos.**

**Descritores:** Cirurgias ortopédicas; Absorção de radiação; Dose de radiação.

### ABSTRACT

**Objective:** To measure the doses of occupational radiation to which a physician who performs orthopedic surgery of the foot and ankle using a fluoroscopy device is exposed during work and to compare those doses with the values provided in the current legislation and propose measures of radioprotection.

**Methods:** Thermoluminescent dosimetry (TLD) was used to measure radiation in critical target areas (whole-body, lens, thyroid, right and left hands) of the surgeon's body during all the surgical procedures performed by him between 12/19/2017 and 2/5/2018. From the mean dose values obtained for the procedures, the dose of annual radiation exposure was estimated for each of the regions analyzed and compared with the current legislation.

**Results:** The estimate of the annual radiation dose received by the surgeon to the chest region, above the lead apron, was 5 times higher than that established by the national legislation. However, considering the use of the lead apron, the dose was acceptable. Estimates of equivalent doses for the limbs and thyroid had results within the levels required by the current legislation. The equivalent dose for the lens, on the other hand, was 4 times higher than that established by the legislation.

Trabalho realizado no Hospital XV, Curitiba, PR, Brasil.

**Correspondência:** Thiago Pavani Zigovski. Rua XV de Novembro nº 2223, Alto da XV, Curitiba, Paraná, Brasil. CEP 82590-300. E-mail: [tpavani21@hotmail.com](mailto:tpavani21@hotmail.com)

**Conflito de interesses:** não há. **Fonte de financiamento:** própria.

**Data de Recebimento:** 15/03/2019. **Data de Aceite:** 25/04/2019. **Online em:** 31/05/2019.



**Conclusion:** During the workday, the foot and ankle orthopedic surgeon is exposed to doses of radiation higher than those considered acceptable. The data corroborate the need to wear radiological protective clothing, especially a lead apron and goggles.

**Level of Evidence IV; Prognostic Study; Case Series.**

**Keywords:** Orthopedic surgeons; Absorption, radiation; Radiation dosage.

**Como citar esse artigo:** Zigovski TP, Endlich LL, Sato AD, Filipov D, Corrêa JN. Avaliação da exposição do ortopedista a doses ocupacionais de radiação em cirurgias do pé e tornozelo. *Sci J Foot Ankle*. 2019;13(2):147-53.

## INTRODUÇÃO

A descoberta da radiação ionizante ocorreu no ano de 1895, pelo físico Wilhelm Conrad Röntgen<sup>(1)</sup>.

Desde sua descoberta, a radiação ionizante foi aplicada em diversas áreas, incluindo a indústria de alimentos, civil, mecânica e área médica. Na saúde seu uso ganhou destaque no diagnóstico e tratamento de doenças, através do uso de radiografias, tomografias, medicina nuclear, radioterapia, entre outros<sup>(1)</sup>.

Conforme o uso da radiação foi se expandindo, acumularam-se evidências de seus efeitos deletérios na saúde humana, como queimaduras, intoxicações e efeito carcinogênico<sup>(2,3)</sup>.

O uso da radiação através da fluoroscopia tem papel fundamental no tratamento de diversas patologias ortopédicas cirúrgicas. As doses de radiação às quais a equipe médica é exposta durante procedimentos cirúrgicos foram relatadas em outros trabalhos<sup>(4,5)</sup>.

Nas cirurgias do pé e tornozelo o avanço de técnicas minimamente invasivas e cirurgias percutâneas acarretaram no aumento da necessidade do uso da fluoroscopia.

Este trabalho tem o objetivo de mensurar as doses de radiação ocupacional às quais um médico, que realiza cirurgias ortopédicas do pé e tornozelo, utilizando aparelho de fluoroscopia, está exposto em sua jornada de trabalho, bem como comparar as doses obtidas com os valores previstos na legislação em vigor e propor medidas de radioproteção.

## MÉTODOS

Este trabalho obteve aprovação do Comitê de Ética, com registro na Plataforma Brasil, sob o número do CAAE: 78449517.9.3003.5529 e respeitou todos os requisitos referentes aos direitos humanos.

Para a elaboração do estudo foi escolhido 01 médico ortopedista, especialista em pé e tornozelo, exposto a doses ocupacionais de radiação em suas atividades cirúrgicas. O profissional envolvido concordou em participar e assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) relativo ao estudo.

Através da avaliação da jornada de trabalho do profissional, pesquisa bibliográfica e legislação foi determinada a metodologia para o monitoramento através de 5 (cinco) pontos área-alvo críticos (Figura 1): mão direita e mão esquerda (dose nas extremidades), pescoço (tireoide), testa (cristalino) e tórax (corpo total). Os pontos escolhidos foram monitorados acima do equipamento de proteção individual radiológico (avental plumbífero, com 0,50mm de chumbo (Pb) equivalente, da NMartins®) utilizado pelo profissional, para que o dosímetro pudesse ser sensibilizado por uma quantidade significativa de radiação.



**Figura 1.** Pontos alvo-críticos para o monitoramento do profissional destacados em vermelho.

**Fonte:** Arquivo pessoal dos autores.

Não foram utilizados equipamentos de proteção radiológica nas mãos, pescoço e olhos.

O monitoramento foi realizado com o uso de medidores termoluminescentes (TLD - *thermoluminescent dosimeter*) de LiF:Mg,Ti fornecidos por um Laboratório de Física Nuclear Aplicada, para a medição da dosagem acumulada.

Os kits de dosímetros foram preparados e calibrados pelo laboratório, sendo irradiados com uma fonte de raios X, aplicando-se uma tensão no tubo de 56 quilovolts (kVp) (tensão média aplicada nos procedimentos) e diferentes valores de produto corrente-tempo através de miliamperagem-segundo (mAs), como mostra a tabela 1. Nesta etapa da calibração, foi empregada uma câmara de ionização, que verificava, a cada exposição, um valor de dose de radiação.

As leituras dos TLDs foram corrigidas por fatores de calibração individual, previamente determinados. Além disso, foram usados dosímetros *background* (BG), para a quantificação da radiação natural. O valor verificado por esses dosímetros BG foi subtraído dos valores de todos os dosímetros irradiados. O resultado desta subtração forneceu um valor chamado de "Leitura Real".

Através desses resultados foi elaborada uma curva de calibração e seu erro, com o objetivo de se obter um fator relacionando à dose recebida por cada dosímetro com a leitura fornecida pelo mesmo. Esta curva (Figura 2) gerou a equação  $y = (0,00138 \pm 0,00005).x$ , na qual "y" representa a dose de radiação e "x" a leitura dos dosímetros, descontada do valor do BG.

Posteriormente a essa etapa, foram fornecidos ao médico kits para as áreas-alvo escolhidas, os quais continham dosímetros em duplicata para cada ponto, referente a cada equipamento, além do kit *background* que ficou armazenado fora da área de cirurgia.

Para o monitoramento o médico realizou a colocação dos dosímetros no momento anterior à assepsia. O controle de uso dos dosímetros foi realizado através de fichas para cada um dos fluoroscópios utilizados nas cirurgias, denominados de equipamento A e B, ambos da marca Siemens®,

**Tabela 1.** Dados para elaboração da curva de calibração

Leitura real de cada dosímetro	Dose de Radiação (miligray - mGy)	Miliampere-segundo (mAs)
243,6	0,3	3,2
606,6	0,5	5
852	1	10
1341	1,3	13,2
1653,3	2	20
1871,5	2,5	25
2744,8	4	40

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

manipulados por técnico em radiologia. Os fluoroscópios foram calibrados de acordo com as regulamentações presentes na Portaria 453/1998 do Ministério da Saúde<sup>(6)</sup>.

O médico foi orientado a utilizar uma ficha para coleta de dados em cada procedimento, contendo: data da cirurgia, procedimento cirúrgico, nº de imagens realizadas, tempo de exposição, voltagem e intensidade do fluoroscópio.

Após a coleta dos dados, no período entre 19/12/2017 e 05/02/2018, os dosímetros foram encaminhados para avaliação no Laboratório.

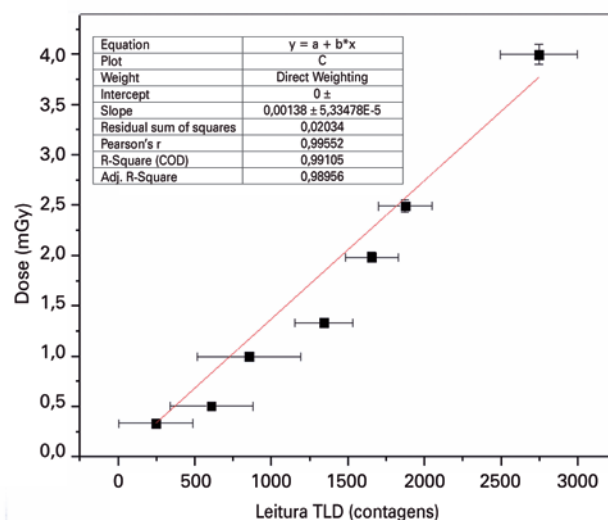
A partir dos resultados, estimou-se a dose de radiação anual a qual o profissional é exposto, em cada ponto de medida, para comparação com a legislação em vigor.

## RESULTADOS

A tabela 2 apresenta os dados registrados em todos os procedimentos cirúrgicos com fluoroscópio realizados pelo ortopedista entre 19/12/2017 e 05/02/2018, monitorado por dosimetria. No total, o profissional realizou 16 procedimentos, sendo destes 14 realizados com o uso do equipamento A e 2 com o B. Os tempos de exposição registrados variaram entre 0 e 60 segundos (s).

A média para as tensões, produto corrente-tempo, número de imagens e tempo de exposição, considerando-se os dois equipamentos foi de, respectivamente: 55 kVp (tensão máxima), 2mAs (corrente-tempo), 18 imagens e 23s.

Na tabela 3 estão descritas as doses acumuladas em miligray (mGy) e erros do TLD ao qual o profissional foi exposto nos 14 procedimentos realizados com o equipamento A.



**Figura 2.** Curva de calibração e erro gerado para os dosímetros.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

**Tabela 2.** Coleta de dados do hospital 1.

Data	Procedimento	N	T (s)	kVp	mAs
19/12/2017	Hálux valgo unilateral	15	----	52	5,2
19/12/2017	Dedos em garra	30	----	46	----
02/01/2018	Retirada de parafusos+tentativa retirada de haste de tibia	40	----	61	10
02/01/2018	Fratura luxação	----	42	55	----
06/01/2018	Hálux valgo bilateral e sastre esquerdo	22	18	57	0,8
09/01/2018	Artrodese subtalar+artroscopia	20	60	50	----
09/01/2018	Artrodese tripla+artroscopia	36	18	50	----
09/01/2018	Fratura de calcâneo	23	12	51	----
16/01/2018	Artroscopia e reconstrução de ligamento	16	----	58	----
20/01/2018	Fratura de tornozelo	12	----	67	----
23/01/2018	Fratura de calcâneo	13	0	64	1,1
23/01/2018	Fratura de tornozelo	11	----	65	----
23/01/2018	Fratura de tibia distal	30	----	56	----
27/01/2018	Perda de redug. de fratura e calcâneo	24	18	48	0,5
27/01/2018	Fratura de tornozelo	13	18	58	0,3
05/02/2018	Hálux valgo bilateral percutâneo	15	----	54	----

**Fonte:** Elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

"N": número de imagens; "T": tempo de exposição à radiação em segundos (s); "kVp": tensão em kilovoltagem; "mAs": produto corrente-tempo em miliampere-segundo.

**Tabela 3.** Resultados das doses por ponto alvo-crítico do equipamento A.

Equipamento 1A	Dose acumulada para 14 dias de trabalho (Milligray - mGy)	Erro da dose acumulada para 14 procedimentos (mGy)	Dose para 1 procedimento (mGy)	Erro da dose para 1 procedimento (mGy)
Testa	0,8	1,2	0,06	0,08
Tórax	1,3	1,2	0,1	0,08
Mão esquerda	1,3	1,2	0,09	0,09
Mão direita	1,7	1,2	0,13	0,09

**Fonte:** Elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

Pode-se observar que a maior dose acumulada foi na mão direita, seguido pelo tórax e mão esquerda e, por fim, testa.

A tabela 4 contém os resultados em dose (mGy) e erros do TLD, considerando-se a jornada de trabalho do profissional com o uso do fluoroscópio B. No caso do equipamento B, a maior dose acumulada foi a do tórax, seguida pela mão direita, posteriormente, pela testa, pescoço e mão esquerda.

As doses limites estabelecidas na legislação são medidas a uma determinada profundidade no tecido (não mais que 1 mm). Assim, os valores reais das doses no profissional são ligeiramente inferiores aos que foram obtidos.

Para a comparação com a legislação em vigor foi realizada uma expectativa considerando-se o total de 16 procedimentos em 49 dias monitorados. Expandindo-se esta carga de trabalho para 1 ano (descontando-se 30 dias de férias) chegou-se em 109 cirurgias, obtendo-se as doses descritas na tabela 5. Os resultados estão em milisievert (mSv), (o fator de conversão entre as unidades mGy e mSv

é igual a 1) para comparação com os limites anuais estabelecidos na legislação.

Considerando-se os resultados de estimativa de dose anual, a maior dose observada foi na região do tórax, seguida pelas extremidades (mãos direita e esquerda), cristalino e tireoide.

## DISCUSSÃO

A comparação dos resultados obtidos com a norma CNEN 3.01<sup>(7)</sup> mostra que a estimativa de dose efetiva para o corpo inteiro (tórax) ( $109 \pm 86 \text{ mSv/ano}$ ) foi cerca de cinco vezes mais alta do que a legislação nacional preconiza ( $20,0 \text{ mSv/ano}$ ), porém se considerado que o profissional trabalha utilizando um avental plumbífero e o mesmo, quando em estado funcional ótimo, reduz a dose em 99,94%, a dose estimada diminui para  $0,07 \pm 0,05 \text{ mSv/ano}$ , estando adequada.

**Tabela 4.** Resultados das doses por ponto alvo-crítico do equipamento B.

Equipamento 1B	Dose acumulada para 2 dias de trabalho (Miligray - mGy)	Erro da dose acumulada para 2 procedimentos (mGy)	Dose para 1 procedimento (mGy)	Erro da dose para 1 procedimento (mGy)
Testa	1,3	1,2	0,66	0,58
Pescoço	1,1	1,8	0,56	0,9
Tórax	1,8	1,6	0,9	0,78
Mão esquerda	1,1	1,2	0,54	0,58
Mão direita	1,4	1,6	0,68	0,81

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

**Tabela 5.** Expectativa de doses anuais.

Regiões	Região (CNEN 3.01)	Grandeza	Estimativa de dose (Milisievert - mSv/ano)	Erro (mSv/ano)	Limites (mSv/ano)
Tórax	Corpo inteiro	Dose efetiva	109	86	20
Testa	Cristalino	Dose equivalente	79	64	20
Pescoço	Tireoide	Dose equivalente	61	99	300
Mão esquerda	Mãos	Dose equivalente	70	64	----
Mão direita	Mãos	Dose equivalente	88	89	----
Extremidades	----	Dose equivalente	79	55	500
CNEN (2014) <sup>(7)</sup>					

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

As expectativas de doses equivalentes para as extremidades, verificadas nas mãos esquerda e direita, de  $(79\pm 55)$  mSv/ano, e tireoide (medida no pescoço com  $61\pm 99$  mSv/ano) mostraram resultados dentro das legislações vigentes (500 e 300 mSv/ano, respectivamente), mesmo com o profissional não utilizando equipamentos de proteção. A dose equivalente para o cristalino (medido na testa) de  $79\pm 64$  mSv/ano, por outro lado, foi quatro vezes mais alta do que é indicado na legislação (20,0 mSv/ano) e, hoje, o profissional não utiliza nenhum equipamento de proteção radiológica ocular.

As doses de radiação às quais a equipe médica é exposta durante procedimentos cirúrgicos foram relatadas em outros trabalhos<sup>(4,5)</sup>. Palácio et al.<sup>(4)</sup> em seu estudo sobre exposição à radiação durante tratamento cirúrgico de fraturas transtrocantéricas concluíram que as regiões anatômicas abaixo da linha da cintura foram as que mais receberam radiação ionizante. Seus resultados ressaltam a importância do uso de dispositivos de biossegurança. Soares et al.<sup>(8)</sup> indicaram que, com a utilização de protetor plumbífero tipo cortina, nas laterais da mesa, pode-se reduzir 64% da dose nas extremidades inferiores. No presente trabalho não foram avaliadas as exposições à radiação em regiões abaixo da cintura e a região exposta a maior radiação foi o tórax, seguido pela mão direita (dominante). Acredita-se que a mão dominante do cirurgião receba maior radiação por estar em contato mais prolongado com o campo cirúrgico e segurar

a extremidade do paciente para se obter a imagem radiológica. Da mesma forma, o tórax situa-se mais próximo do aparelho de radiação no momento da obtenção das imagens.

Smith et al.<sup>(9)</sup> avaliaram doses de radiação ionizante, em cirurgias de trauma ortopédico, nas regiões dos olhos, corpo total e mãos. Seus resultados não extrapolaram a dose máxima recomendada em nenhuma área do corpo. Torres-Torres et al.<sup>(10)</sup> também relataram doses de exposição à radiação, durante cirurgias ortopédicas diversas, com resultados inferiores ao limite recomendado, entretanto os autores ressaltaram a necessidade do uso de medidas de radioproteção, especialmente nas mãos e olhos. Singh et al.<sup>(11)</sup> avaliaram a dose de exposição anual nas mãos de ortopedistas especialistas em pé e tornozelo durante 12 meses e concluíram que as doses foram muito inferiores às consideradas seguras pela legislação. Esse resultado condiz com o encontrado nesse estudo, no qual as doses obtidas nas extremidades foram cerca de um sexto do valor limite estipulado. Leite et al.<sup>(12)</sup> relataram uma estimativa de exposição anual para ortopedistas que operam junto ao feixe de radiação de: 20,63 a 68,75 mSv (gônadas), 4,95 a 16,50 mSv (cristalino) e 8,25 a 27,50 mSv (mãos). Os autores concluíram que a exposição do médico à radiação em cirurgias ortopédicas apresenta níveis consideráveis, permitindo classificar estes profissionais como expostos à insalubridade, e justificando a utilização obrigatória da dosimetria individual e a adoção de medidas de radioproteção.



Na atual pesquisa as doses de exposição nas mãos do cirurgião foram maiores que no trabalho citado acima, mas, ainda assim, dentro dos limites de normalidade. A dose de exposição no cristalino, entretanto, foi bem superior, extrapolando os limites preconizados.

Nesse trabalho a média de exposição à radiação foi de 23 segundos. La Salvia et al.<sup>(13)</sup> encontraram um tempo médio de exposição à radiação de 61 segundos em diversas cirurgias ortopédicas. Segundo os autores os procedimentos com uso de dispositivo intramedular foram os que mais demandaram uso de radiação. Crawley e Rogers<sup>(14)</sup> avaliaram cirurgias de fixação interna de fraturas de tornozelo e obtiveram tempo médio de uso de fluoroscopia de cerca de 33s. Sítio anatômico, tipo e complexidade da cirurgia, qualidade do aparelho de fluoroscopia e nível de experiência do cirurgião influenciam diretamente no tempo de exposição cirúrgica à radiação. Dessa forma torna-se difícil comparar o atual resultado de tempo de exposição à radiação com o restante da literatura.

Existem diversas evidências de efeitos deletérios da radiação na saúde humana, incluindo queimaduras, intoxicações e efeito carcinogênico<sup>(1,3)</sup>. Mahajan et al.<sup>(5)</sup>, apesar de terem encontrado doses ocupacionais dentro dos limites permitidos em seu estudo prospectivo, alertaram que nada pode ser concluído a respeito dos efeitos estocásticos da radiação. Em outro estudo, Noriega et al.<sup>(15)</sup> encontraram alterações nos níveis de hormônio estimulador da tireoide em cirurgias ortopédicas de coluna após um ano de exposição rotineira à radiação. Zadeh et al.<sup>(16)</sup> encontraram maiores níveis de malformações congênitas em filhos de médicos comparativamente com o restante da população. Os autores, entretanto, não correlacionaram diretamente essas alterações com a exposição ao raio X, relatando que outros fatores podem estar associados. Provavelmente existem efeitos deletérios da radiação no corpo humano ainda não descobertos ou comprovados. Esse fato reitera a importância do uso de materiais adequados de radioproteção e o respeito às medidas de segurança preconizadas.

Frente aos riscos associados com a exposição à radiação, cresce o interesse por novas tecnologias capazes de reduzi-los, sem comprometer o resultado cirúrgico. Dawe et al.<sup>(17)</sup> compararam o uso da fluoroscopia convencional com o mini C-arm em cirurgias do pé e tornozelo e concluíram que este reduz a emissão de radiação e custos, recomendando seu uso rotineiro. Giordano et al.<sup>(18)</sup> avaliaram o uso do mini C-arm em cirurgias de membro superior e concluíram que a equipe médica recebe doses mínimas de radiação com o uso do aparelho, exceto se estiver na trajetória direta do feixe de radiação. Panchbhavi et al.<sup>(19)</sup> avaliaram

o uso da fluoroscopia com auxílio de um sistema de mira a laser em cirurgias do pé e tornozelo e concluíram que o sistema aumenta a acurácia de obtenção de imagens no intra-operatório, reduzindo a exposição à radiação.

Diversos autores sugeriram medidas de proteção para diminuir a exposição do cirurgião à radiação. Mesbahi et al.<sup>(20)</sup> relataram que a exposição da equipe cirúrgica ortopédica era mínima quando a sua distância em relação ao intensificador era maior que 20cm. Singh et al.<sup>(11)</sup> sugeriram que a experiência do cirurgião e do técnico de raios X são fatores importantes na redução da exposição à radiação. Singer et al.<sup>(21)</sup> descreveram como medidas de redução de exposição à radiação a diminuição de tempo de uso, aumento da distância em relação ao feixe de raio X, uso de avental, colar, luvas e óculos de proteção, colimação do feixe, uso da opção de dose mais baixa do aparelho, inverter o lado do fluoroscópio e manter o controle do fluoroscópio com o cirurgião. Herscovici et al.<sup>(22)</sup> sugeriram como medidas de proteção a calibragem regular dos aparelhos, aumentar a distância entre os profissionais de saúde e o feixe de raio X, usar equipamentos de radioproteção e seguir *guidelines* de proteção radiológica. Kalem et al.<sup>(23)</sup> avaliaram propriedades físicas dos aparelhos de fluoroscopia, como tamanho do intensificador e maneabilidade e concluíram que esses fatores alteraram o tempo cirúrgico e tempo de exposição à radiação em cirurgias de fraturas de fêmur proximal. Mechlenburg et al.<sup>(24)</sup> avaliaram a exposição do ortopedista à radiação durante cirurgias de osteotomia periacetabular. Os autores concluíram que o uso do colar de chumbo reduziu a incidência de radiação na região da tireoide, mas o uso de luvas com chumbo não aumentou a proteção nas mãos do cirurgião. Outro autor, entretanto, defende a obrigatoriedade do uso de luvas protetoras, pois constatou a redução de 75% da dose nas mãos do cirurgião protegido<sup>(25)</sup>. Os dados obtidos nesse trabalho não suportam o uso de luvas de proteção, já que os valores de exposição à radiação nas extremidades foram bem inferiores aos limites preconizados.

No presente estudo foi possível verificar que um cirurgião especialista em pé e tornozelo pode estar exposto, na sua prática diária, a níveis de radiação acima do recomendado pela legislação brasileira. Os dados obtidos reiteram a necessidade do uso de vestimentas de radioproteção adequadas na prática cirúrgica, bem como o cumprimento das normas de saúde estabelecidas.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram que o cirurgião ortopedista especialista em pé e tornozelo está exposto, em sua

jornada de trabalho, a doses de radiação superiores às que-las consideradas adequadas, especialmente na região do tórax e olhos. Os dados corroboram a necessidade do uso

de vestimentas de proteção radiológica, principalmente avental e óculos plumbífero. Não parece haver necessidade de uso de proteção radiológica para extremidades.

**Contribuição dos autores:** Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo: TPZ \*(<https://orcid.org/0000-0003-0867-7481>) escreveu o artigo, interpretou resultados do estudo, participou do processo de revisão, aprovou a versão final; LLE \*(<https://orcid.org/0000-0002-7321-411X>) concebeu e planejou as atividades que levaram ao estudo, interpretou os resultados do estudo, escreveu o artigo, participou do processo de revisão, aprovou a versão final; ADS \*(<https://orcid.org/0000-0001-9760-8722>) planejou e participou do processo de revisão, aprovou a versão final; DF \*(<https://orcid.org/0000-0002-0040-1184>) concebeu e planejou as atividades que levaram ao estudo, escreveu o trabalho, participou do processo de revisão, aprovou a versão final; JNC \*(<https://orcid.org/0000-0001-9692-7182>) participou do processo de revisão, aprovou a versão final. \*ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

## REFERÊNCIAS

- Carvalho RP, Oliveira SMV. Aplicações da energia nuclear na saúde. São Paulo: SBPC; Viena: IAEA, 2017. Disponível em: <http://portal.sbpcnet.org.br/livro/energianuclearnaude.pdf>
- Okuno E, Yoshimura E. M. Física das radiações. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos; 2010.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation: Unsear 2016, Report to the General Assembly. United Nations: New York; 2017.
- Palácio EP, Ribeiro AA, Gavassi BM, Di Stasi GG, Galbiatti JA, Durigam Jr A, et al. Exposição da equipe cirúrgica à radiação ionizante durante procedimentos cirúrgicos ortopédicos. Rev Bras Ortop. 2014;49(3): 227-32.
- Mahajan A, Samuel S, Saran AK, Mahajan MK, Mam MK. Occupational exposure from C-arm during ortho procedures and its prevention. J Clin Diagn Res. 2015; 9(3):RC01-RC04.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria SVS/MS nº 453, de 1 de junho de 1998. Disponível em: [http://conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria\\_453.pdf](http://conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria_453.pdf).
- Comissão Nacional de Energia Nuclear. CNEN 3.01:2014. Diretrizes básicas de proteção radiológica: Norma CNEN NN 3.01 - Resolução 164/2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>.
- Soares FAP, Pereira AG, Flôr RC. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. Radiol Bras. 2011;44(2):97-103.
- Smith GL, Briggs TWR, Nordeen H, Lavy CBD. Ionising radiation: are orthopaedic surgeons at risk? Ann R Coll Surg Engl. 1992;74(5):326-8.
- Torres-Torres M, Mingo-Robinet J, Moreno BM, Rivas IJ, Burón AAI, González MS. Radiation safety in orthopedic operating theaters: What is the current situation? Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2014; 58(5):309-13.
- Singh PJ, Perera NS, Dega R. Measurement of the dose of radiation to the surgeon during surgery to the foot and ankle. J Bone Joint Surg Br. 2007;89(8):1060-3.
- Leite ES, Uva AS, Serranheira F. Exposição a radiações ionizantes em cirurgia ortopédica num hospital público de Lisboa. Rev Port Saúde Públ. 2006 (Volume Temático 6):55-66.
- La Salvia JC, Moraes PR, Ammar TY, Schwartzmann CR. Fluoroscopy duration in orthopedic surgery. Rev Bras Ortop. 2011;46(2):136-8.
- Crawley MT, Rogers AT. Dose-area product measurements in a range of common orthopaedic procedures and their possible use in establishing local diagnostic reference levels. Br J Radiol. 2000; 73(871):740-4.
- Noriega FIZ, Hirotani FH. Risk and radiation exposure in orthopedic surgery of the spine in Mexico. Coluna/Columna. 2015;14(1):41-4.
- Zadeh HG, Briggs TWR. Ionising radiation: are orthopaedic surgeons' offspring at risk? Ann R Coll Surg Engl. 1997;79(3):214-20.
- Dawe EJC, Fawzy E, Kaczynski J, Hassman P, Palmer SH. A comparative study of radiation dose and screening time between mini C-arm and standard fluoroscopy in elective foot and ankle surgery. Foot Ankle Surg. 2011;17(1):33-6.
- 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.
- Panchbhavi VK, Mays MM, Trevino S. Accuracy of intraoperative fluoroscopy with and without laser guidance in foot and ankle surgery. Foot Ankle Int. 2012;33(5):415-9.
- Mesbahi A, Rouhani A. A study on the radiation dose of the orthopaedic surgeon and staff from a mini c-arm fluoroscopy unit. Radiat Prot Dosimetry. 2008;132(1):98-101.
- Singer G. Occupational radiation exposure to the surgeon. J Am Acad Orthop Surg. 2005;13(1):69-76.
- Herscovici DJ, Sanders RW. The effects, risks, and guidelines for radiation use in orthopaedic surgery. Clin Orthop Relat Res. 2000; (375):126-32.
- Kalem M, Bagar KJ, Kocaoglu H, Sahin E, Kinik H. The effect of C-Arm mobility and field of vision on radiation exposure in the treatment of proximal femoral fractures: a randomized clinical trial. Biomed Res Int. 2018 Mar 27;2018:6768272.
- Mechlenburg I, Daugaard H, Søballe K. Radiation exposure to the orthopaedic surgeon during periacetabular osteotomy. Int Orthop. 2009;33(6):1747-51.
- Synowitz M, Kiwit J. Surgeon's radiation exposure during percutaneous vertebroplasty. J Neurosurg Spine. 2006;4(2):106-9.