

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 29/03/2024.

UNIVERSIDADE ESTUDADUAL PAULISTA

“JÚLIO MESQUISTA FILHO”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**Nova Metodologia de Estimativa de Exposição Ocupacional em Radiologia
Intervencionista**

ABNER ALVES DE OLIVEIRA

BOTUCATU-SP

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO MESQUISTA FILHO”

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

**Nova Metodologia de Estimativa de Exposição Ocupacional em Radiologia
Intervencionista**

ABNER ALVES DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu para obtenção do título de Mestre em Farmacologia e Biotecnologia.

Orientador(a): Prof. Associada Diana Rodrigues de Pina

Coorientador: Allan Felipe Fattori Alves

BOTUCATU – SP

2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÊC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Oliveira, Abner Alves de.

Nova metodologia de estimativa de exposição ocupacional em radiologia intervencionista / Abner Alves de Oliveira.
- Botucatu, 2022

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Diana Rodrigues de Pina
Coorientador: Allan Felipe Fattori Alves
Capes: 20903006

1. Exposição ocupacional. 2. Dosimetria. 3. Dosímetros.
4. Radiologia intervencionista. 5. kerma.

Palavras-chave: Dosimetria; Dosímetro opticamente estimulado; Produto kerma area; Radiologia intervencionista.

*...Louvai ao Deus dos deuses; porque a sua
benignidade dura para sempre. (Salmos 136:2, ARC)*

Agradeço primeiramente a Deus, muito obrigado pela tua graça e misericórdia, sem as bênçãos do Senhor nada posso fazer.

Agradeço aos meus pais e aos meus irmãos pelo apoio, carinho e afeto que me deram nestes anos. Meu amor por vocês me faz chegar sempre mais longe. Quando penso em vocês minha alegria transborda, agradeço a Deus todos os dias pela vida de vocês. Agradeço também a toda minha família, por me dar forças e servir de exemplo para seguir em frente, mesmo em momentos difíceis.

Agradeço a todos os meus amigos de laboratório que me ajudaram em vários âmbitos, muito obrigado pela caminhada que proporcionaram. Obrigado aos integrantes do laboratório de Física Aplicada ao Radiodiagnóstico (LAFAR) e laboratório de Biomagnetismo, todos me proporcionaram ótimos momentos. Agradeço em especial ao meu coorientador Allan Felipe Fattori Alves e professor José Ricardo de Arruda Miranda, muito obrigado não só por me orientarem, mas também por se tornarem meus amigos, o que fizeram por mim sempre será lembrado com gratidão.

Agradeço a todos os membros do setor de hemodinâmica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB), muito obrigado pelo apoio e suporte que me deram no decorrer desta pesquisa

Agradeço a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, ao Instituto de Biociências, ao Departamento de Biofísica e Farmacologia e todos os professores, pela infraestrutura, formação e todas as oportunidades.

Agradeço a professora Diana Rodrigues de Pina, minha orientadora, por tudo o que fez por mim, não há como expressar ou retribuir tudo o que me proporcionou. Obrigado pela mudança completa em minha vida pois o aprendizado que recebi excede em muito o meio acadêmico, me direcionando nos conhecimentos mais diversos desta vida. Que Deus te abençoe grandemente, pois só Ele pode retribuir esse grande presente que foi poder trabalhar contigo.

Agradeço a instituição SAPRA Landauer pelo apoio nesta pesquisa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Códigos de Financiamento 88887.496446/2020-00 e 88887.657636/2021-00.

Resumo

A Radiologia Intervencionista é uma área da medicina que utiliza radiação ionizante como guia de intervenções. Os valores de dose aos quais os intervencionistas são expostos são difíceis de padronizar.

Nesta pesquisa é apresentado uma avaliação das exposições ocupacionais nos seguintes procedimentos vasculares: angiografia coronariana, angioplastia coronariana, angiografia cerebral, angiografia de extremidades e angioplastia de extremidades. Essa pesquisa foi abordada em 2 etapas.

A primeira etapa caracterizou-se a exposição ocupacional, através de dosimetria de Luminescência Opticamente Estimulada (OSL) em diferentes partes do corpo: cristalino, tireoide, tórax, abdômen, pés e mãos. Foi realizado em três modalidades diferentes de procedimentos de radiologia intervencionista: coronariano, cerebral e periféricas.

Na segunda etapa foi determinado a dose efetiva através da dosimetria, utilizando a conversão de 6 regiões com dose superficial em aventais plumbíferos para 26 regiões internas. Através de parâmetros de rotina, foi estimado a dose efetiva através do Produto Kerma Área (PKA) obtido através de equipamentos fluoroscópicos, onde a estimativa é realizada através de fator obtido para cada modalidade. As doses efetivas, calculada através da dosimetria e estimada por PKA, foram comparadas através do método de Bland Altman avaliando a concordância entre os dois métodos. A utilização de fatores experimentais para estimar a dose efetiva é proposta para auxiliar o programa de radioproteção.

As maiores doses equivalentes encontradas foram abdômen e mãos para as modalidades coronarianas e periféricas, cristalino e mãos para modalidades cerebrais. A dose no tórax como representativo para o corpo todo pode subestimar outras doses como abdômen, extremidades e cristalinos.

As modalidades coronarianas e cerebral apresentaram viés entre -1 e 0 μSv , onde a estimativa através do PKA infere valores de dose efetiva próximos ao calculado por dosímetros. As modalidades periféricas apresentaram um viés entre -11 e -7 μSv subestimando a dose efetiva, onde a proximidade do intervencionista implica em maiores

níveis de exposições de radiação espalhada em contraste com menores valores de PKA, devido as regiões de extremidades.

Palavras-chave: Radiologia intervencionista, dosimetria, produto kerma área, dosímetro opticamente estimulado.

Abstract

Interventional Radiology is an area of medicine that uses ionizing radiation as a guide to interventions. The dose values the interventionists are exposed to are difficult to standardize.

This presents an assessment of the occupational: coronary angiography, coronary angioplasty, cerebral angiography, borderline angiography and borderline angioplasty. This was addressed in 2 steps.

The first stage was characterized by occupational exposure, through Optically Stimulated Luminescence (OSL) dosimetry in different parts of the body: thyroid, lens, abdomen, feet and hands. It was performed in three different modalities of interventional radiology procedures: coronary, cerebral and peripheral.

In the second step, an effective dose was determined through dosimetry, using the conversion of 6 regions with surface dose in lead aprons to 26 internal regions. Through routine parameters, the effectiveness was estimated through the Product through Kerma Area (KPA) performed through fluoroscopic equipment, where a factor calculation is performed for each modality. As the effective doses, through the combination of the two methods and calculated by KPA_i , were projected through alternative methods of agreement between the two methods. The use of experimental factors to estimate the effective dose is proposed to help the radioprotection program.

The highest equivalent doses were total abdominal and hands for coronary and peripheral modalities, crystalline and for modern modalities. The dose cannot as representative for the whole body underestimate other doses such as abdomen, limits and lens.

The coronary and cerebral modalities showed a bias between -1 and 0 μSv , where the estimate through KPA infers effective dose values close to those calculated by dosimeters. Peripheral modalities showed a bias between -11 and -7 μSv , underestimating the effective dose, where the proximity of the interventionist implies higher levels of scattered radiation exposure in contrast to lower KPA values, due to the extremity regions.

Keywords: Interventional Radiology, Dosimetry, Kerma Area Product, Optically Stimulated Dosimeter.

This research was developed in the Laboratory of Physics Applied to Radiodiagnosis (LAFAR), duly approved by the Research Ethics Committee (CEP) under protocol: CAAE 16932513.5.0000.5411.

List of Figures

Figure 1.....	42
Figure 2.....	43
Figure 3.....	44
Figure 4.....	45
Figure 5.....	46
Figure 6.....	47
Figure 7.....	48
Figure 8.....	49
Figure 9.....	50
Figure 10.....	50
Figure 11.....	51
Figure 12.....	52
Figure 13.....	53

List of tables

Table 1.....	54
Table 2.....	55
Table 3.....	55

List of abbreviations

OSL – Optically Stimulated Luminescence

IR – Interventional Radiology

KPA – Kerma Area Product

EDR - Equivalent Dose Rate

D_E - Equivalent Dose

T_f - Fluoroscopy Time

E - Effective Dose

w_t - Sensitivity Factors

Coronary AG - Coronary Angiography

Coronary AP - Coronary Angioplasty

Cerebral AG - Cerebral Angiography

Peripheral AG - Extremity Angiography

Peripheral AP - Extremity Angioplasty

Sumário

1. Introdução, justificativa e relevância do tema	14
2. Objetivo	15
3. Fundamentos teóricos	16
3.1. Grandezas Dosimetricas	16
3.1.1. Exposição	16
3.1.2. Kerma	16
3.1.3. Dose absorvida	16
3.1.4. Dose equivalente	16
3.1.5. Dose Efetiva	17
3.1.6. Produto Kerma Área.....	17
3.2. Dosimetro OSL.....	17
4. Conclusão Geral	18
5. Submissão do Artigo	19
5.1. Formato Revista.....	19
5.2. Artigo	23
Abstract	23
Introduction	24
Materials and Methods	25
Fluoroscopy Equipment	25
Selection of Procedures	26
Dosimetry of Professionals	26
Equivalent Dose Calculation for each procedure	27
Effective Dose Calculation for each procedure.....	27
Effective Dose Estimation through KPA	28
Statistical Analysis	28
Results	28
Discussion	36

Conclusion.....	41
Ethical Statement.....	42
Figuras	42
Tables	54
6. Referências	56

1. Introdução, justificativa e relevância do tema

O uso de equipamentos e de fontes de radiações ionizantes aumentou-se grandemente desde a sua descoberta em 1895, devido aos grandes benefícios nas diferentes áreas da saúde. Inicialmente, as propriedades dos raios x, por serem desconhecidas, fez com que muitos profissionais da radiologia viessem a obter danos a saúde devido aos efeitos deletérios do uso indevidos da radiação [1, 2].

Após o estabelecimento de protocolos de proteção radiológica, exposições indevidas aos raios x tiveram um grau maior de preocupação a comunidade científica [3]. No entanto, acidentes radiológicos continuam a ser notificados junto aos órgãos normatizadores e fiscalizadores do uso de fontes radioativas, o que exige o constante aperfeiçoamento das legislações específicas [4-6]. Após a utilização das radiações ionizantes, a ciência e a medicina se beneficiaram, mas por outro lado provocaram diversos danos em médicos, pesquisadores, indivíduos expostos e pacientes [7].

Os primeiras normas de proteção radiológica para os indivíduos ocupacionalmente expostos foram publicadas pela Roentgen Society após a confirmação do dano no tecido humano causados pela descoberta dos raios x [8]. O uso desenfreado da falta de conhecimento das radiações observou-se os danos biológicos, sendo assim, criaram normas que visam à proteção do ser humano e do meio ambiente [9].

A radiologia intervencionista é uma área da medicina que utiliza radiação ionizante como guia de intervenções [10]. Estas intervenções são realizadas com fins diagnósticos e terapêuticos, utilizando acessos percutâneos, e sendo guiados por imagens fluoroscópicas. Estes procedimentos são levemente invasivos quando comparados a outros procedimentos cirúrgicos. Onde promovem a recuperação rapidamente com maiores benefícios para os pacientes [1, 2, 11].

Durante os procedimento da RI os intervencionistas posicionam-se próximos ao paciente, onde este recebe o feixe primário da radiação ionizante [12]. Portanto, devido à proximidade dos intervencionistas ao feixe primário, esta área da medicina é responsável pelas maiores exposições ocupacionais à equipe médica [10, 13, 14].

A estimativa de dose através dos dosímetros é o método padrão ouro na dosimetria ocupacional, porém este método é mais eficiente em casos de feixe de radiação homogêneo [10, 13, 14]. Para as doses recebidas pela equipe na RI, a estimativa apresenta

complicações devido ao feixe não ser homogêneo [14]. Porém os métodos dosimétricos em procedimentos intervencionistas são os mesmos empregados em outras modalidades de procedimentos [10]. Os valores de dose efetiva alteram-se devido a diversos fatores como tempo de exposição, carga no tubo de raios X, tipo de exame, locais de intervenção e anatomia do paciente [3, 10, 14, 15].

A RI realiza intervenções em diversas áreas do corpo, como exemplo as modalidades coronariana, cerebral e de extremidades [16-18]. Para cada área de intervenção utilizam-se protocolos específicos, entregando níveis de exposições distintos aos intervencionistas [16, 19]. Isto ressalta a dificuldade de se criar metodologias que indiquem com maior eficácia e precisão a dose recebida por intervencionistas durante os procedimentos da RI [2, 10, 14].

Durante os avanços tecnológicos, parâmetros dosimétricos foram implementados nos aparelhos fluoroscópicos, permitindo o controle através de cada procedimento do nível de exposição ocupacional [20]. Portanto parâmetros como tempo de fluoroscopia, Kerma e Produto Kerma Área (PKA) foram implementados permitindo o monitoramento [20]. Estudos demonstram a utilização do PKA como um fator representativo para a dose [21-23]. Onde o PKA tem uma maior representação da dose distribuída em relação ao Kerma, pois leva-se em consideração a distribuição da dose em área [24].

2. Objetivo

6. Referências

1. Soares, F.A.P., A.G. Pereira, and R.d.C. Flôr, *Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: Uma revisão integrativa da literatura*, in *Radiologia Brasileira*. 2011. p. 97-103.
2. Miller, D.L., et al., *Clinical radiation management for fluoroscopically guided interventional procedures*, in *Radiology*. 2010. p. 321-332.
3. 103, I.P., *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. The International Commission on Radiological Protection, 2011.
4. Okuno, E., *Radiação: efeitos, riscos e benefícios*. 2018: Oficina de Textos.
5. Sanitária, A.N.d.V., *Resolução RDC N° 330*, D. Colegiada, Editor. 2019. p. 92.
6. Sanitária, A.N.d.V., *INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 91*, M.d. Saúde, Editor. 27 DE MAIO DE 2021.
7. Navarro, M.V.T., et al., *Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica*. 2008. **15**: p. 1039-1047.
8. XAVIER, A.M., J.T. MORO, and P.F.J.U. HEILBRON, 3ª Edição, *Princípios básicos de segurança e proteção radiológica*. 2006.
9. Pires, D., F.L. Gelbcke, and E.J.T. Matos, Educação e Saúde, *Organização do trabalho em enfermagem: implicações no fazer e viver dos trabalhadores de nível médio*. 2004. **2**(2): p. 311-326.
10. Häusler, U., R. Czarwinski, and G. Brix, *Radiation exposure of medical staff from interventional x-ray procedures: A multicentre study*. *European Radiology*, 2009. **19**: p. 2000-2008.
11. Kim, K.P., et al., *Occupational radiation doses to operators performing fluoroscopically-guided procedures*, in *Health Physics*. 2012. p. 80-99.
12. Sacks, D. *Society of Interventional Radiology clinical practice guidelines*. in *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2003. Citeseer.
13. Jacob, S., et al., *Eye lens radiation exposure to interventional cardiologists: a retrospective assessment of cumulative doses*. *Radiation Protection Dosimetry*, 2013. **153**: p. 282-293.
14. Miller, D.L., et al., *Occupational radiation protection in interventional radiology: A joint guideline of the cardiovascular and interventional radiology society of Europe and the society of interventional radiology*, in *CardioVascular and Interventional Radiology*. 2010. p. 230-239.
15. UNSCotEoA, R., *Effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly, with scientific annexes*. 2009, United nations publications.
16. Theodorakou, C. and J.J.T.B.j.o.r. Horrocks, *A study on radiation doses and irradiated areas in cerebral embolisation*. 2003. **76**(908): p. 546-552.
17. Rehani, M.M. and P. Ortiz-Lopez, *Radiation effects in fluoroscopically guided cardiac interventions-keeping them under control*, in *International Journal of Cardiology*. 2006. p. 147-151.
18. Hirsch, A.T., et al., *ACC/AHA 2005 practice guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic) a collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery,* Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (writing committee to develop guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease): endorsed by the American Association*

- of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; National Heart, Lung, and Blood Institute; Society for Vascular Nursing; TransAtlantic Inter-Society Consensus; and Vascular Disease Foundation. 2006. 113(11): p. e463-e654.*
19. Faroux, L., et al., *Reduction in exposure of interventional cardiologists to ionising radiation over a 10-year period. International Journal of Cardiology, 2018. 259: p. 57-59.*
 20. imaging, E.S.o.R.c.m.o.J.I.i., *Summary of the European Directive 2013/59/Euratom: essentials for health professionals in radiology. 2015. 6: p. 411-417.*
 21. Miller, D.L., C.M. Hilohi, and D.C.J.M.p. Spelic, *Patient radiation doses in interventional cardiology in the US: advisory data sets and possible initial values for US reference levels. 2012. 39(10): p. 6276-6286.*
 22. Williams, J.J.T.B.j.o.r., *The interdependence of staff and patient doses in interventional radiology. 1997. 70(833): p. 498-503.*
 23. Miller, D.L., *Review of air kerma-area product, effective dose and dose conversion coefficients for non-cardiac interventional fluoroscopy procedures. Medical Physics, 2020: p. mp.13990.*
 24. Anderson-Evans, C.D.J.D., North Carolina: Duke University, *Estimating Effective Dose from Phantom Dose Measurements in Atrial Fibrillation Ablation Procedures and Comparison of MOSFET and TLD Detectors in a Small Animal Dosimetry Setting. 2011.*
 25. Landberg, T., et al., *ICRU reports. 1999(1): p. 48-51.*
 26. Almeida Jr, J.N., et al., *Estudo da calibração indireta de medidores clínicos do produto kerma-área. 2011. 4: p. 75-8.*
 27. Villani, D., S.B. de Almeida, and L.L.J.B.J.o.R.S. Campos, *Caracterização de dosímetros de Al₂O₃: C para dosimetria de fótons utilizando a técnica OSL. 2017. 5(3-A).*
 28. Akselrod, M., L. Bøtter-Jensen, and S.J.R.M. McKeever, *Optically stimulated luminescence and its use in medical dosimetry. 2006. 41: p. S78-S99.*
 29. Yukihiro, E.G. and S.W. McKeever, *Optically stimulated luminescence: fundamentals and applications. 2011: John Wiley & Sons.*
 30. Biology, P.i.M. *Author guidelines. 2022; Available from: <https://publishingsupport.iopscience.iop.org/journals/physics-in-medicine-biology/>.*
 31. Neto, F.A.B., et al., *Efficiency of personal dosimetry methods in vascular interventional radiology. 2017. 37: p. 58-67.*
 32. Christodoulou, E.G., et al., *Evaluation of the transmitted exposure through lead equivalent aprons used in a radiology department, including the contribution from backscatter. 2003.*
 33. Lunelli, N.A., et al., *Evaluation of occupational and patient dose in cerebral angiography procedures. 2013. 46: p. 351-357.*
 34. Delichas, M., et al., *Radiation exposure to cardiologists performing interventional cardiology procedures. 2003. 48(3): p. 268-273.*