

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE FÍSICA

KEVELLYN CRISTINA SPIRANDELI MUTÃO

**Levantamento bibliográfico das doses em pacientes pediátricos submetidos a
procedimentos de radiologia intervencionista**

Uberlândia

2021

KEVELLYN CRISTINA SPIRANDELI MUTÃO

Levantamento bibliográfico das doses em pacientes pediátricos submetidos a procedimentos de radiologia intervencionista

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Física Médica

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Perini

Uberlândia

2021

KEVELLYN CRISTINA SPIRANDELI MUTÃO

Levantamento bibliográfico das doses em pacientes pediátricos submetidos a radiologia intervencionista

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado Instituto de Física da
Universidade Federal de Uberlândia
como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Física Médica

Uberlândia, 03 de novembro de 2021.

Banca Examinadora:

Profª. Dra. Ana Paula Perini – UFU

Orientadora

Prof. Dr. Mauricio Foschini - UFU

Membro

Prof. Dr. William de Souza Santos - UFU

Membro

Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos,
os quais me ajudaram nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores que participaram da minha formação acadêmica, e em especial, a minha orientadora Profa. Dra. Ana Paula Perini. Obrigada por todo apoio e incentivo.

Agradeço também a Universidade Federal de Uberlândia e o Instituto de Física, por proporcionar minha formação acadêmica e grandes ensinamentos.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, avós, irmã e meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando.

“Os que encantam com a prática sem a
ciências são como os timoneiros que entram
no navio sem timão nem bússola, nunca
tendo certeza do seu destino.”

(Leonardo Da Vinci)

RESUMO

Atualmente, com o avanço da tecnologia na área médica, tem sido cada vez mais comum procedimentos que utilizam radiações ionizantes, como por exemplo, a radiologia intervencionista (RI). Esta técnica é bastante utilizada, tanto para adultos quanto para crianças. Contudo, os pacientes pediátricos apresentam preocupações especiais, quando relacionados ao uso de radiações ionizantes, principalmente no quesito de dose recebida durante um procedimento de RI. Desta forma, o trabalho em questão traz uma revisão bibliográfica sobre as doses recebidas por pacientes pediátricos em procedimentos de RI. Logo, para que a pesquisa fosse realizada, foram feitas buscas de artigos científicos relacionados ao tema. Desse modo, foram feitos fichamentos dos artigos selecionados, com a intenção de separar os dados, e informações principais para o auxílio do estudo. Para isso, analisou-se os resultados obtidos nos artigos selecionados para possíveis comparações indicadas neste trabalho. Outrossim, observa-se que a RI na pediatria ainda possui problemas relativos a doses de radiação, podendo chegar a valores altos, gerando assim, preocupações com este grupo de pacientes, que tem uma radiosensibilidade bem maior que em adultos.

Palavras-chave: Radiologia intervencionista. Doses de radiação. Pacientes pediátricos.

ABSTRACT

Currently, with the advancement of technology in the medical field, procedures that use ionizing radiation, such as interventional radiology (IR), have been increasingly common. This technique is widely used, both for adults and children. However, the latter group presents special conditions, when related to ionizing radiation use, especially in the received dose during IR procedures. Thus, the study in question makes a bibliographic review on the doses received by pediatric patients in IR procedures. Therefore, for the research to be carried out, online searches were made about papers related to the theme. Thus, annotations were made, intending to separate data and main information to help the study. For this, the results obtained in the selected papers are analyzed. Furthermore, it is observed that IR in pediatrics still has problems related to radiation doses, which can reach high values, thus generating concerns with this group of patients, who have a higher radiosensitivity than in adults.

Keywords: Interventional radiology. Radiation doses. Pediatric patients.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Doses efetivas na cabeça, tórax e abdômen, considerando parâmetros técnicos dos procedimentos de radiologia intervencionista pediátrica.....	16
Tabela 2 - Doses efetivas e parâmetros técnicos dos procedimentos de radiologia intervencionista pediátrica.....	17

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Objetivos.....	11
2	METODOLOGIA.....	12
2.1	Grandezas dosimétricas utilizadas neste estudo.....	12
2.1.1	Dose efetiva.....	12
2.1.2	Dose absorvida.....	13
2.1.3	Kerma.....	13
2.1.4	Produto kerma-área.....	13
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	15
5	CONCLUSÃO.....	22
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

A radiologia intervencionista (RI) tem sido uma técnica corriqueiramente empregada na atualidade. Essa consiste em um procedimento médico menos invasivo, quando comparado às operações cirúrgicas. Para que esta técnica seja realizada é necessário a utilização de raios-x fluoroscópico, que irá auxiliar o procedimento percutâneo, por meio de imagens realizadas em tempo real, guiando assim, o médico intervencionista (NAVARRO *et al.*, 2012). Embora, procedimentos de RI sejam muito mais comuns em adultos, os procedimentos pediátricos, também estão crescendo em todo o mundo. Os tipos mais comuns de procedimentos de RI pediátrica são intervenções da cardiologia, hepatologia e neurologia. Uma justificativa do uso de RI pediátrica está relacionada ao alto risco cirúrgico apresentado pelas crianças (NAVARRO *et al.*, 2012).

A principal preocupação advinda do uso de RI em pacientes pediátricos é em relação as doses de radiação recebidas por estes pacientes. Sabe-se que esse grupo etário é mais radiosensível quando comparado aos adultos (JOHNSON; MARTIN-CARRERAS; RABINOWITZ., 2014). Isso ocorre, pois crianças apresentam uma alta taxa de reprodução celular, fazendo assim, com que o DNA tenha uma maior dificuldade em reparar os danos provocados pela radiação ionizante. Esse fato ligado a circunstância de que pacientes pediátricos vivem mais, aumenta a probabilidade de um desenvolvimento de um efeito estocástico (STRAUSS e KASTE, 2010). Para que este efeito ocorra não é necessário um limiar de dose, mas a probabilidade de ocorrência deste efeito aumenta com o valor de dose recebida, sendo o câncer um exemplo de efeito estocástico (AZEVEDO, 2003). Dessa forma, estudos mostram que uma criança submetida a procedimentos com radiação ionizantes, até antes dos 10 anos de idade, possui três vezes mais chances de desenvolver problemas de saúde, quando comparado a pacientes adultos (STRAUSS e KASTE, 2010).

Além disso, outras prováveis decorrências dessa exposição seria o desenvolvimento de efeitos determinísticos ou reações teciduais. Estes por sua vez, ocorrem a partir de um limiar de dose, aumentando a sua gravidade e probabilidade de ocorrência com o aumento da dose. Geralmente, os danos são a morte celular, epilação, eritema, catarata, necrose tecidual, entre outros. Esse fator pode variar de acordo com a sensibilidade de cada pessoa, variando assim, o limiar necessário para a ocorrência dessas lesões (AZEVEDO, 2003).

Portanto, sabe-se que a utilização de radiação ionizante em procedimentos de RI pediátrica pode gerar efeitos determinísticos e estocásticos, como citado anteriormente. A probabilidade de ocorrência destes efeitos aumenta, quando a radiação não é utilizada de maneira otimizada. Comumente, crianças são expostas a altas doses de radiação e longos tempos de irradiação nesses processos. Isto revela a importância de minimizar e quantificar as doses recebidas por esses pacientes (MIKSYS *et al.*, 2010). Esse processo de otimização das doses de radiação está diretamente ligado ao princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable* - “tão baixo quanto razoavelmente exequível”) que visa manter as doses em menor quantidade possível, mas mantendo a qualidade do procedimento, fazendo assim, com que o processo seja otimizado (STRAUSS e KASTE, 2006).

Por meio do que foi apresentado anteriormente, a situação da RI na pediatria é bastante importante, tendo em vista que esses pacientes podem ser expostos a valores altos de dose, e possuem uma radiosensibilidade elevada. Portanto, se torna fundamental estudos como apresentado neste projeto, para se ter um melhor entendimento dos tipos de procedimentos de RI pediátrica utilizados, bem como as doses de radiação envolvidas.

1.1 Objetivo

Esse projeto possui como objetivo fazer um levantamento bibliográfico das doses de radiação recebidas por pacientes pediátricos submetidos a procedimentos de radiologia intervencionista.

2 METODOLOGIA

Para a execução desse trabalho, foram realizadas pesquisas em bibliotecas online para busca de artigos e trabalhos científicos relacionadas ao tema. Após isso, foi feito o fichamento do material adquirido, selecionando as partes mais relevantes, tais como: tipo de procedimento, faixa etária, valor de dose efetiva, tempo do procedimento, tensão e corrente aplicada ao tubo de raios X. Por fim, houve a elaboração de uma revisão de literatura baseada nos dados selecionados por meio do processo citado anteriormente. Os artigos e trabalhos científicos utilizados foram citados na lista de Referências Bibliográficas.

A metodologia utilizada nessa pesquisa foi exploratória e descritiva, que se baseou na investigação de informações, por meio de levantamento e coleta de dados disponíveis na plataforma *Google Scholar*. As palavras chaves na busca foram: radiologia intervencionista, pacientes pediátricos, doses efetivas e dosimetria, e em inglês: *interventional radiology, pediatric patient, effective doses and dosimetry*.

Dessa maneira, os critérios usados para a seleção dos artigos e trabalhos foram: (i) a presença de dados de dose efetiva; (ii) a faixa etária dos pacientes submetidos a procedimentos de RI e (iii) o uso de radiologia intervencionista. Logo, baseando-se nesse método, foram selecionados os artigos científicos para o desenvolvimento do trabalho, listados na Tabelas 1 e 2.

Para o desenvolvimento deste projeto, algumas grandezas dosimétricas precisaram ser estudadas e seus conceitos serão descritos nas próximas seções.

2.1 Grandezas dosimétricas utilizadas neste estudo

As grandezas dosimétricas são fundamentais nos processos que utilizam radiação ionizante. Dessa forma, é possível avaliar as exposições médicas e ocupacionais em diferentes tipos de procedimentos que usam radiação ionizante. Portanto, por meio da avaliação das grandezas dosimétricas é possível controlar os efeitos adversos por meio da otimização das doses de radiação (CANEVARO, 2009).

2.1.1 Dose efetiva (E)

A dose efetiva é uma grandeza de proteção que pode ser determinada por meio da Equação (2.1) e, sua unidade é o sievert (Sv) (ICRP 103, 2007).

$$E = \sum_T w_T H_T \quad (2.1)$$

em que w_T é um fator de peso do órgão ou tecido T, tabelado pela ICRP 103 (ICRP 103, 2007) e H_T representa a dose equivalente no órgão ou tecido analisado (CANEVARO, 2009).

2.1.2 Dose absorvida (D_T)

A dose absorvida pode ser definida pela Equação (2.2):

$$D_T = \frac{d\varepsilon}{dm} \quad (2.2)$$

em que $d\varepsilon$ representa a energia média, proveniente da radiação ionizante, depositada em uma área de massa dm . A unidade de medida desta grandeza é o J/kg ou gray (Gy) (CASTRO, 2005).

2.1.3 Kerma (K)

O Kerma pode ser definido pela Equação (2.3). A sua unidade de medida é o J/kg ou gray (Gy) (CANEVARO, 2009).

$$K = \frac{dE_{Tr}}{dm} \quad (2.3)$$

em que dE_{Tr} é a soma das energias cinéticas iniciais de todas as partículas carregadas produzidas/liberadas por radiação ionizante não carregada, numa porção de massa dm .

2.1.4 Produto kerma-área (P_{ka})

O produto kerma-área é uma grandeza muito utilizada para avaliação de dose em procedimentos de RI. Pode ser determinada como a integral do produto kerma no ar em função de uma determinada área (CANEVARO, 2009).

$$P_{ka} = \int_A K_A (X, Y) dx dy \quad (2.4)$$

A unidade desta grandeza é o $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$. Para a realização da medida do P_{KA} coloca-se uma câmara de ionização de transmissão na saída do tubo de raios X.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos neste Trabalho de Conclusão de Curso advêm de dados apresentados nos artigos selecionados sobre o tema proposto. Dessa forma, os artigos foram analisados, e com informações relevantes, desenvolveu-se as Tabelas 1 e 2, para comparação dos valores de dose efetiva e alguns parâmetros técnicos essenciais para o procedimento de RI pediátrica. Dessa maneira, posteriormente, foi desenvolvida uma discussão sobre o que foi observado.

Com isso, vale ressaltar que os valores para a dose efetiva apresentados mostraram variações. Assim, fatores como a diversificação da faixa etária dos pacientes, tempo de exposição ao exame, tensão do tubo e corrente aplicada podem contribuir para a variação dos valores de dose efetiva.

As Tabelas 1 e 2 serão apresentadas, mostrando os valores de dose efetiva, idades dos pacientes, tempo de exame, tensão e corrente do tubo. Os valores selecionados foram retirados dos artigos empregados no trabalho.

Tabela 1 – Doses efetivas na cabeça, tórax e abdômen, considerando parâmetros técnicos dos procedimentos de radiologia intervencionista pediátrica

Autor	Idade do paciente	Tipo de procedimento	Dose efetiva (mSv)						Tempo de exame (min)	Tensão do tubo (kVp)	Corrente (mAs)
			Cabeça		Tórax		Abdômen				
			P	L	P	L	P	L			
MIKSYS	1		0.057±0.013	0.038±0.008	0.15±0.02	0.22±0.02	0.31±0.02	0,48±0.03	10		
<i>et al.</i>	5	Fluoroscopia	0.057±0.008	0.042±0.011	0.15±0,016	0.19±0.02	0.30±0.02	0.72±0.03	10	64-80	15-100
(2010)	10		0.053±0.009	0.032±0.005	0.091±0.02	0.19±0.03	0.27±0.06	1.1±0.10	10		
MIKSYS	1	Angiografia de	0.0086±0.0017	0.0078±0.0010	0.013±0.002	0.013±0.001	0.036±0.004	0.028±0.003			
<i>et al.</i>	5	subtração	0.012±0.001	0.0073±0.0011	0.013±0.002	0.016±0.003	0.033±0.004	0.032±0.003	-	75-82	50-125
(2010)	10	digital	0.0079±0.001	0.013±0.002	0.012±0.002	0.026±0.007	0.042±0.007	0.047±0.005			
LAI	1		0,05±0,004	0,07±0,0006	0,1±0,004	0,1±0,01	0,1±0,007	0,3±0,02	10		
<i>et al.</i>	5	Fluoroscopia	0,008±0,0003	0,007±0,0003	0,06±0,005	0,2±0,010	0,09±0,006	0,2±0,006	10	-	-
(2014)	10		0,007±0,0005	0,007±0,001	0,036±0,006	0,09±0,009	0,01±0,002	0,07±0,02	10		
LAI	1	Angiografia de	0,2±0,003	0,1±0,003	0,3±0,02	0,3±0,01	0,4±0,05	0,8±0,04			
<i>et al.</i>	5	subtração	0,02±0,0008	0,02±0,001	0,2±0,007	0,4±0,009	0,3±0,01	0,6±0,01	-	-	-
(2014)	10	digital	0,02±0,001	0,02±0,003	0,1±0,007	0,2±0,0009	0,1±0,03	0,2±0,06			

Legenda – P: projeção pósterio-anterior; L: projeção lateral.

Fonte: Autora (2021), empregando as referências listadas na tabela.

Tabela 2 – Doses efetivas e parâmetros técnicos dos procedimentos de radiologia intervencionista pediátrica

(continua)

Autor	Idade do paciente	Tipo de procedimento	Dose efetiva (mSv)	Tempo de exame (min)	Tensão do tubo (kVp)	Corrente (mAs)
	Recém-nascido		0,011	1		
WIDGRUBER <i>et al.</i> (2016)	Bebê	Fluoroscopia	0,025	1	-	-
	Criança		0,049	1		
	Recém-nascido		0,14	1		
WIDGRUBER <i>et al.</i> (2016)	Bebê	Angiografia de subtração digital	0,60	1	-	-
	Criança		0,65	1		
BACHER <i>et al.</i> (2005)	≤10	Terapêuticos cardíacos	4,60	-	80	-
BACHER <i>et al.</i> (2005)	≤10	Terapêuticos cardíacos	6,0	-	80	-
	0-1		0,59	1,95	70	
WARD <i>et al.</i> (2008)	0-4	Uretrocistografia miccional (com feixe contínuo)	0,55	2,26	70	-
	0-8		0,45	1,91	70	
	0-1		0,006	1,95	70	
WARD <i>et al.</i> (2008)	0-4	Cistografia com radionuclídeos (com feixe contínuo)	0,0027	2,26	70	-
	0-8		0,002	1,91	70	
GOVIA <i>et al.</i> (2012)	0-3	Inserção PICC	0,115±0,002	3,23±0,03	66-80	22-102
GOVIA <i>et al.</i> (2012)	3-7	Inserção PICC	0,083±0,002	2,23±0,04	66-80	22-102
GOVIA <i>et al.</i> (2012)	7-13	Inserção PICC	0,116±0,002	2,28±0,04	66-80	22-102
GOVIA <i>et al.</i> (2012)	0-3	Inserção CVC	0,078±0,002	2,18±0,04	66-80	22-102
GOVIA <i>et al.</i> (2012)	3-7	Inserção CVC	0,057±0,002	1,52±0,03	66-80	22-102

Tabela 2 – Doses efetivas e parâmetros técnicos dos procedimentos de radiologia intervencionista pediátrica

(continua)

Autor	Idade do paciente	Tipo de procedimento	Dose efetiva (mSv)	Tempo de exame (min)	Tensão do tubo (kVp)	Corrente (mAs)
GOVIA <i>et al.</i> (2012)	7-13	Inserção CVC	0,090±0,002	1,76±0,04	66-80	22-102
PLOUSSI <i>et al.</i> (2021)	-	Diagnóstico por intervenção cardiológica	1,1±4,8	7,0 - 16,0	-	-
PLOUSSI <i>et al.</i> (2021)	-	Terapêutico	0,74- 8,70	11,0 - 18,9	-	-
PLOUSSI <i>et al.</i> (2021)	-	Persistência do canal arterial	5,4 - 10,30	8 - 21	-	-
PLOUSSI <i>et al.</i> (2021)	-	Defeito do septo atrial	1,0 - 5,1	7 - 13,5	-	-
PLOUSSI <i>et al.</i> (2021)	-	Valvuloplastia pulmonar	3,6	11 - 16,8	-	-
PLOUSSI <i>et al.</i> (2021)	-	Valvuloplastia aórtica	-	12,4	-	-
GLENNIE <i>et al.</i> (2008)	5	Linha venosa central (CVL)	0,35	1,8-2,2	70	-
GLENNIE <i>et al.</i> (2008)	5	Inserção PICC	0,35	3,9-4,6	70	-
GLENNIE <i>et al.</i> (2008)	5	Inserção de gastrostomia/ gastrojejunostomia	0,76	4,4-5,2	70	-
GLENNIE <i>et al.</i> (2008)	5	Angiografia cerebral	3	11,1-15,4	70	-
SONG <i>et al.</i> (2015)	0,5-7,0	Persistência do canal arterial (PDA)	10,3± 15,2	11,1±10,3	65±5	-
SONG <i>et al.</i> (2015)	2,6-12	Defeito do septo ventricular (VSD)	11,9± 6,6	18,9±10,9	65±5	-
SONG <i>et al.</i> (2015)	2,0-18,0	Defeito do septo atrial (ASD)	5,1±4,7	11,5±13,0	65±5	-
SONG <i>et al.</i> (2015)	4,0-15,0	Radiofrequência	7,7±8,2	19,5±10,7	65±5	-

Tabela 2 – Doses efetivas e parâmetros técnicos dos procedimentos de radiologia intervencionista pediátrica

(conclusão)

Autor	Idade do paciente	Tipo de procedimento	Dose efetiva (mSv)	Tempo de exame (min)	Tensão do tubo (kVp)	Corrente (mAs)
SONG <i>et al.</i> (2015)	1,5-11,0	Valvoplastia pulmonar percutânea com balão	3,6±1,9	11,0±5,6	65±5	-
YAKOUMAKIS <i>et al.</i> (2009)	0-14	Cateterismo de diagnóstico	3,71	5,2-41,2	55-70	-
YAKOUMAKIS <i>et al.</i> (2009)	1,5-18	Defeito do septo atrial	6,31	5,2-41,2	55-70	-
YAKOUMAKIS <i>et al.</i> (2009)	4,5-15	Defeito do septo ventricular	6,02	5,2-41,2	55-70	-
YAKOUMAKIS <i>et al.</i> (2009)	0-13	Persistência do canal arterial	4,85	5,2-41,2	55-70	-
YAKOUMAKIS <i>et al.</i> (2009)	0-12	Cateterismo terapêutico da aorta	4,49	5,2-41,2	55-70	-
YAKOUMAKIS <i>et al.</i> (2009)	0-8,5	Cateterismo terapêutico pulmonar	3,0	5,2-41,2	55-70	-
EL SAYED <i>et al.</i> (2012)	4,17	Defeito do septo atrial	3,3±3,1	14,9±14,7	70-100	-
EL SAYED <i>et al.</i> (2012)	4,17	Valvoplastia pulmonar percutânea com balão	2,9±2,7	8,1±4,4	70-100	-
EL SAYED <i>et al.</i> (2012)	4,17	Persistência do canal arterial	6,5±7,7	10,8±6,5	70-100	-

Legenda – PICC: cateter central de inserção periférica, CVC: cateter venoso central.

Fonte: Autora (2021), empregando as referências listadas na tabela.

A primeira análise realizada foi em relação as doses efetivas nas projeções pósterio-anterior e lateral. Dessa forma, ao observar a Tabela 1, compreendeu-se que o maior valor de dose foi apresentado no trabalho de Miksys *et al.* (2010), no procedimento de fluoroscopia, utilizando a projeção lateral para região abdominal. Este valor foi observado para a faixa etária de 10 anos, com um valor de dose efetiva em torno de $1,1\pm 0,10$ mSv. Os parâmetros técnicos empregados foram: 10 minutos de tempo de exame, tensão do tubo entre 64-80 kVp e a corrente em torno de 15-100 mAs. Em contrapartida, o menor valor de dose efetiva foi observado no trabalho de Lai *et al.* (2014), no procedimento de fluoroscopia para projeção lateral na região da cabeça. Neste caso, o processo foi feito em crianças de 5 e 10 anos e, apresentou uma dose efetiva de $0,007\pm 0,0003$ e $0,007\pm 0,001$ mSv, respectivamente. O tempo de exame foi de 10 minutos e os valores da tensão do tubo e da corrente não foram informados.

Além disso, ao examinar os procedimentos listados na Tabela 1, notou-se que a fluoroscopia colaborou, em geral, com valores mais altos de doses, quando comparada a angiografia de subtração digital.

Ao analisar a Tabela 2, nota-se que os maiores valores para a dose efetiva foram observados no trabalho de SONG *et al.* (2015) com uma média de $10,3\pm 15,2$ mSv para o procedimento de persistência do canal arterial (PDA) na faixa etária de 0,5-7 anos. Sendo o tempo de exame do procedimento de $11,1\pm 10,3$ minutos, a tensão do tubo em torno de 65 ± 5 kVp e a corrente não teve o seu valor informado. Outro procedimento que também apresentou um valor elevado de dose efetiva ($11,9\pm 6,6$ mSv) foi para o tratamento do defeito do septo ventricular (VSD), apresentado por SONG *et al.* (2015), em pacientes na faixa etária de 2,6-12 anos. Os parâmetros utilizados para este procedimento foram: tempo de exame de $18,9\pm 10,9$ minutos, 65 ± 5 kVp para a tensão do tubo e, novamente o valor da corrente não foi informado.

Em contrapartida, o menor valor de dose efetiva foi exibido no trabalho de Ward *et al.* (2008) no procedimento de cintilografia com radionuclídeos com feixe contínuo. Neste trabalho, o procedimento foi realizado em crianças na faixa etária de 0-8 anos, apresentando um valor de dose efetiva igual a 0,002 mSv. Os parâmetros técnicos usados foram um tempo de exame médio de 1,91 minutos, tensão no tubo de 70 kVp, sem a informação do valor da corrente. O mesmo procedimento realizado por Ward *et al.* (2008), para o intervalo de idades de 0-4 anos, mostrou o segundo menor valor para a dose efetiva. Este valor foi de 0,0027 mSv, com o tempo de exposição de 2,26 minutos e tensão no tubo de 70 kVp.

Assim, observando os parâmetros técnicos como tempo de exame, tensão do tubo e corrente, coletados em artigos usados neste trabalho, percebeu-se que o tempo de procedimento variou entre 1-41,2 minutos [Miksys *et al.* (2010), Lai *et al.* (2014), Widgruber *et al.* (2016), Ward *et al.* (2008), Govia *et al.* (2012), Ploussi *et al.* (2012), Glennie *et al.* (2008), Song *et al.* (2015), Yakoumakis *et al.* (2009), El Sayed *et al.* (2012)], tendo o menor tempo nos procedimentos de fluoroscopia e angiografia de subtração digital no trabalho de Widgruber *et al.* (2016) com a média de 1 minuto. Contudo, o maior valor foi de 41,2 minutos nos procedimentos apresentado no trabalho de Yakoumakis *et al.* (2009).

Quando se considera os valores de tensão do tubo de raios X, este valor variou entre 55-100 kVp [Miksys *et al.* (2010), Bacher *et al.* (2005), Ward *et al.* (2008), Govia *et al.* (2012), Glennie *et al.* (2008), Song *et al.* (2015), Yakoumakis *et al.* (2009), El Sayed *et al.* (2012)], com o valor mínimo médio de 55 kVp nos exames apresentados no trabalho de Song *et al.* (2015), e o valor máximo em torno de 100 kVp para os procedimentos indicados no trabalho de El Sayed *et al.* (2012). Por fim, os valores de corrente apresentados ficaram entre 15-125 mAs [Miksys *et al.* (2010), Govia *et al.* (2012)].

Outrossim, observando-se de uma maneira geral os exames expostos na Tabela 2, nota-se que os procedimentos de radiologia intervencionista cardíacos, apresentam de uma forma geral, maiores valores de dose efetiva, quando comparado as intervenções cerebrais, renais e gástricas. Além disso, percebeu-se que os parâmetros técnicos também influenciam diretamente na dose recebida pelo paciente. Assim, ao aumentar o tempo de exame, a tensão do tubo e a corrente, haverá também, um acréscimo no valor da dose efetiva. Somado a isso, a idade da criança, também influenciará no valor de dose efetiva. Crianças em diferentes idades irão exibir distintas proporções anatômicas, fazendo assim, com que o exame seja modificado para tais singularidades.

5 CONCLUSÃO

Por meio dos resultados e discussões apresentados, conclui-se que é necessário um estudo sistemático e completo sobre as doses às quais os pacientes pediátricos são submetidos em procedimentos de RI. Isso é essencial pois, crianças são mais radiosensíveis do que adultos e, apresentam uma maior expectativa de vida, podendo desenvolver problemas futuros (NAVARRO *et al.*, 2012).

Desse modo, compreende-se que as questões técnicas como tempo de exposição, tensão do tubo e corrente, afetam diretamente no valor de dose efetiva recebida pelo paciente. Com isso, ao aumentar esses fatores, também haverá um acréscimo nessa dose. Outrossim, o tipo de procedimento e projeções do tubo também irá afetar no valor de dose efetiva.

Dessa maneira, ao observar as doses, nota-se que alguns valores apresentados são altos, visto que o paciente pediátrico poderá ao longo da vida fazer mais procedimentos de RI ou outros que fazem uso de radiação ionizante. Assim sendo, em determinados hospitais brasileiros são registrados valores de dose para pacientes pediátricos até 14 vezes maiores, do que em outros países, equiparando essas doses aos de procedimentos que envolvem pacientes adultos (NAVARRO *et al.*, 2012).

À vista disso, é importante que os procedimentos envolvendo RI apresentem métodos e tecnologias que possam reduzir a dose recebida pelo paciente e, que ao mesmo tempo, proporcione um processo eficaz, seguro e com resultados otimizados, levando assim, segurança para os profissionais, pacientes e familiares envolvidos nos sistemas (JOHNSON; MARTIN-CARRERAS; RABINOWITZ., 2014).

Portanto, é essencial conduzir estudos que busquem os valores de doses em procedimentos que envolvam pacientes pediátricos e que, por meio destes levantamentos, seja possível fazer comparações, na tentativa de otimizar ao máximo os valores de dose, escolhendo-se protocolos específicos para pacientes pediátricos, e mantendo-se a qualidade de diagnóstico e tratamento do procedimento empregado.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Cecília. **Radioproteção em serviços de saúde**. Fiocruz, 2003. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2021.

BACHER, K. *et al.* Patient-specific dose and radiation risk estimation in pediatric cardiac catheterization. **American Heart Association, Dallas**, v. 111, n. 1, p. 83-89, Jan. 2005. DOI 10.1161/01. Disponível em: <https://www.ahajournals.org/doi/epub/10.1161/01.CIR.0000151098.52656.3A>. Acesso em: 09 out. 2021.

CANEVARO, Lucía. Aspectos físicos e técnicos da Radiologia Intervencionista. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 101-115, out. 2009. DOI 10.29384/rbfm.2009.v3.n1. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Lucia-Canevaro/publication/242132284_Palavras-chave_Radiologia_Intervencionista_Dosimetria_Controlde_qualidade_Protecao_radiologica/links/54230a450cf290c9e3ae25c2/Palavras-chave-Radiologia-Intervencionista-Dosimetria-Controlde-qualidade-Protectao-radiologica.pdf. Acesso em: 05 out. 2021.

CASTRO, Robson. **Cálculo de dose equivalente em órgãos de pacientes devido a fotonêutrons gerados em aceleradores lineares**. 2005. 85 p. Tese (Pós-graduação em engenharia nuclear) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

EL SAYED, M.H. *et al.* Radiation exposure in children during the current era of pediatric cardiac intervention. **Pediatric Cardiology**, v. 33, n. 1, p. 27-35, Jan. 2012. DOI 10.1007/s00246-011-0064-z. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00246-011-0064-z#article-info>. Acesso em: 19 out. 2021.

GLENNIE, D.; CONNOLLY, L.B.; GORDON, C. Entrance skin dose measured with MOSFETs in children undergoing interventional radiology procedures. **Pediatric Radiology**, v. 38, n. 11, p. 1180-1187, Aug. 2008. DOI 10.1007/s00247-008-0966-y. Disponível em: link.springer.com/article/10.1007/s00247-008-0966-y. Acesso em: 09 out. 2021.

GOVIA, K. *et al.* Estimates of effective dose to pediatric patients undergoing enteric and venous access procedures. **Jornal of Vascular and Interventional Radiology**, v. 23, n. 4, p. 443-450, Apr. 2012. DOI 10.1016/j.jvir.2011.11.020. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1051044311015417. Acesso em: 09 out. 2021.

ICRP 103. **Recommendations of the ICRP publication 103**. Elsevier, 37, 61-62, 2007.

JOHNSON, C.; MARTIN-CARRERAS, T.; RABINOWITZ, D. Pediatric interventional radiology and dose-reduction techniques. **Seminars in Ultrasound, CT and MRI**, v. 35, n. 4, p. 409-414, Aug. 2014. DOI 10.1053/j.sult.2014.05.007 Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0887217114000432>. Acesso em: 03 ago. 2021.

LAI, P. et al. Effective doses in children: Association with common complex imaging techniques used during interventional radiology procedures. **American Journal of Roentgenology**, v. 203, n. 6, p. 1336-1344, Dec. 2014. DOI 10.2214/AJR.13.11445. Disponível em: <https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.13.11445>. Acesso em: 05 out. 2021.

MIKSYS, N. et al. Estimating Effective Dose to Pediatric Patients Undergoing Interventional Radiology Procedures Using Anthropomorphic Phantoms and MOSFET Dosimeters. **American Journal of Roentgenology**, v. 194, n. 5, p. 1315-1322, May 2010. DOI 10.2214/AJR.09.3634. Disponível em: <https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.09.3634>. Acesso em: 03 ago. 2021.

NAVARRO, V. et al. Avaliação de exposições médicas em procedimentos pediátricos de radiologia intervencionista. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 45, n. 4, p. 210-214, ago. 2012. DOI 10.1590/S0100-39842012000400006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rb/a/Rh6Qthtrw7nRHmFCYm96LdJ/?lang=pt#>. Acesso em: 03 ago. 2021.

PLOUSSI, A. et al. Radiation exposure in pediatric interventional procedures. **CardioVascular and Interventional Radiology**, v. 44, n. 6, p. 857-865, May 2021. DOI 10.1007/s00270-020-02752-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00270-020-02752-7>. Acesso em: 05 out. 2021.

SONG, S; LIU, C; ZHANG, M. Radiation dose and mortality risk to children undergoing therapeutic interventional cardiology. **Acta Radiologica**, v. 56, n. 7, p. 867-872, July 2015. DOI 10.1177/0284185114542459. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0284185114542459>. Acesso em: 19 out. 2021.

STRAUSS, K; KASTE, S.C. ALARA in pediatric interventional and fluoroscopic imaging: Striving to keep radiation doses as low as possible during fluoroscopy of pediatric patients. **Journal of the American College of Radiology**, v. 3, n. 9, p. 686-688, Sept. 2006. DOI 10.1016/j.jacr.2006.04.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1546144006002390>. Acesso em: 03 ago. 2021.

WARD, V. L. et al. Pediatric radiation exposure and effective dose reduction during voiding cystourethrography. **Radiology**, v. 249, n. 3, p. 1002-1009, Dec. 2008. DOI 10.1148/radiol.2492062066. Disponível em: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2492062066>. Acesso em: 09 out. 2021.

WILDGRUBER, M. et al. Direct effective dose calculations in pediatric fluoroscopy guided abdominal interventions with Rando-Alderson phantoms – optimization of preset parameter settings. **PLOS ONE**, San Francisco, Aug. 2016. DOI 10.1371/journal.pone.0161806. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0161806>. Acesso em: 09 out. 2021.

YAKOUMAKIS, E.N. et al. Estimation of children's radiation dose from cardiac catheterisations, performed for the diagnosis or the treatment of a congenital heart disease using TLD dosimetry and Monte Carlo simulation. **Journal of Radiological Protection**, v. 29, n. 2, p. 251-261, May 2009. DOI 10.1088/0952-4746/29/2/011. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0952-4746/29/2/011/meta>. Acesso em: 19 out. 2021.