

Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura*

Utilization of radiation protection gear for absorbed dose reduction: an integrative literature review

Flávio Augusto Penna Soares¹, Aline Garcia Pereira², Rita de Cássia Flôr³

Resumo **Objetivo:** Avaliar a relação entre o uso de vestimenta de proteção radiológica e a diminuição da dose absorvida de radiação ionizante, reforçando a eficácia do seu uso tanto para pacientes quanto para indivíduos ocupacionalmente expostos. **Materiais e Métodos:** O estudo foi desenvolvido utilizando-se o método de revisão integrativa de literatura, e teve como materiais: 21 artigos, 2 livros, 1 tese, 1 trabalho de conclusão de curso, 1 programa de computador, 4 pesquisas em base de dados (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde) e 2 diretrizes de proteção radiológica. **Resultados:** A utilização da vestimenta de proteção radiológica, teoricamente, reduz 86% a 99% a dose absorvida. Na prática, a redução nos pacientes pode ser de 88% na radiologia convencional e chegar a 95% no exame tomográfico. Nos indivíduos ocupacionalmente expostos, a redução durante um cateterismo cardíaco é em torno de 90% e durante uma cirurgia ortopédica é de 75%. **Conclusão:** Conforme demonstrado em várias pesquisas, o uso de vestimenta de proteção radiológica é eficaz e de baixo custo e reduz a dose desnecessária nos pacientes e nos indivíduos ocupacionalmente expostos. Logo, sua utilização é necessária para a implementação de um efetivo programa de proteção radiológica em um serviço de radiodiagnóstico. **Unitermos:** Proteção radiológica; Dose em tomografia computadorizada; Redução de dose; Vestimenta de proteção radiológica.

Abstract **Objective:** The present study was aimed at evaluating the relation between the use of radiation protection gear and the decrease in absorbed dose of ionizing radiation, thereby reinforcing the efficacy of its use by both the patients and occupationally exposed personnel. **Materials and Methods:** The integrative literature review method was utilized to analyze 21 articles, 2 books, 1 thesis, 1 monograph, 1 computer program, 4 pieces of database research (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística and Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde) and 2 sets of radiological protection guidelines. **Results:** Theoretically, a reduction of 86% to 99% in the absorbed dose is observed with the use of radiation protection gear. In practice, however, the reduction may achieve 88% in patients submitted to conventional radiology, and 95% in patients submitted to computed tomography. In occupationally exposed individuals, the reduction is around 90% during cardiac catheterization, and 75% during orthopedic surgery. **Conclusion:** According to findings of several previous pieces of research, the use of radiation protection gear is a low-cost and effective way to reduce absorbed dose both for patients and occupationally exposed individuals. Thus, its use is necessary for the implementation of effective radioprotection programs in radiodiagnosis centers.

Keywords: Radiation protection; Dose in computed tomography; Dose reduction; Radiation protection gear.

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 Mar/Abr;44(2):97-103.

* Trabalho realizado no Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – Campus Florianópolis, Florianópolis, SC, Brasil. Apoio financeiro: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

1. Doutor em Física, Docente do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

2. Tecnóloga em Radiologia, Consultora do Projeto Sinan (Sistema de Informação de Agravos de Notificação), Florianópolis, SC, Brasil.

3. Doutora em Enfermagem, Docente do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

Endereço para correspondência: Aline Garcia Pereira. Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis – DASS. Avenida Mauro Ramos, 950, Centro. Florianópolis, SC, Brasil, 88020-300. E-mail: aalinegp@gmail.com

Recebido para publicação em 4/2/2010. Aceito, após revisão, em 17/2/2011.

INTRODUÇÃO

O uso de radiação ionizante para fins diagnósticos e terapêuticos vem crescendo anualmente, em razão do desenvolvimento dos equipamentos e facilidades no acesso ao exame radiográfico. No Brasil, essa utilização vem crescendo a taxas próximas de 10% ao ano, e os exames de diagnóstico por imagem, segundo dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (Datasus), tiveram acréscimo de 45,27%⁽¹⁾

entre dezembro de 2000 e 2006. Já no Estado de Santa Catarina, no mesmo período, o aumento foi de 57,16%⁽²⁾. Com relação aos equipamentos de diagnóstico existentes em estabelecimentos de saúde no Brasil, nota-se um acréscimo de 5,48%, comparando-se os anos de 2002 e 2005, conforme índices do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)^(3,4).

A utilização da radiação para diagnóstico médico traz benefícios, possibilitando a detecção de tumores e fraturas (na radio-

grafia convencional, tomografia computadorizada, mamografia), e o tratamento de doenças (radioterapia) como o câncer. A radiação também está presente na medicina nuclear, para verificar a fisiologia dos órgãos e dos sistemas do corpo humano. Todavia, a interação da radiação com o tecido humano pode gerar efeitos biológicos. Estes efeitos foram notados logo após a descoberta da radiação X, quando surgiram doenças na pele das pessoas expostas aos raios X, levando cientistas a pesquisarem as possíveis causas. A manifestação dos efeitos biológicos ocorre de duas maneiras: o efeito determinístico, ocasionado por altas doses de radiação num curto espaço de tempo, e o efeito estocástico, provocado por pequenas doses recebidas ao longo de um grande período. Estes efeitos provocam doenças, já diagnosticadas, como a catarata radiogênica, a radiodermite, a esterilidade, entre outras. Cabe, portanto, aos profissionais de saúde que exercem atividades nos serviços de radiologia e diagnóstico por imagem, valer-se dos princípios de proteção radiológica para se exporem o mínimo possível à radiação, bem como proteger o paciente de radiação desnecessária.

O termo “dose” aqui utilizado pode ser entendido como dose absorvida, definida como a quantidade de energia cedida à matéria pelos fótons ou partículas ionizantes por unidade de massa, sendo sua unidade o joule por quilograma, que recebe o nome especial de gray (Gy). Já a dose equivalente é a relação entre a dose absorvida média no órgão ou tecido e o fator de ponderação da radiação, fator este que leva em conta a radiosensibilidade do tecido ou órgão. A unidade no sistema internacional da dose equivalente também é o joule por quilograma, porém para diferenciar da dose absorvida tem o nome especial de sievert (Sv). Outro termo de interesse no processo de medição da radiação é a grandeza exposição, definida como a quantidade de carga elétrica produzida numa quantidade de massa pela passagem da radiação, e sua unidade no sistema internacional é o roentgen (R).

A maneira simples, eficaz e de baixo custo para proteção do indivíduo ocupacionalmente exposto à radiação ionizante, assim como para as exposições médicas dos pacientes, é o uso de vestimentas de proteção radiológica (VPR). Cabe esclarecer,

aqui, o uso do termo VPR. Este está sendo utilizado em substituição aos equipamentos de proteção individual, pois o termo vestimenta, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)⁽⁵⁾ e a Norma Regulamentadora nº 6⁽⁶⁾, é utilizado para designar a proteção de corpo inteiro e também do tórax, como é o caso dos aventais de chumbo. Os demais equipamentos utilizados para a proteção das exposições a essas radiações não são referidos nesta Norma, exceção apenas para as luvas de chumbo. Assim, os aventais e luvas de chumbo, para serem considerados equipamentos de proteção individual pela legislação, devem atender a critérios rigorosos na sua fabricação e somente após teste e certificação pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2006)⁽⁶⁾ podem receber o selo de denominação. Por isso, o termo VPR aqui utilizado abrange todos os acessórios para proteção radiológica, tais como: óculos, luvas, aventais, protetor de tireoide, de gônadas, coletes, saias, entre outros.

O presente artigo é uma revisão integrativa que tem como objetivo identificar, na literatura, publicações relacionadas às formas de proteção do indivíduo ocupacionalmente exposto à radiação ionizante, assim como para as exposições médicas dos pacientes, demonstrando a eficiência do uso de protetores e estimulando sua utilização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica baseada nos pressupostos da revisão integrativa. A revisão integrativa é definida como aquela em que pesquisas já publicadas são sintetizadas e geram conclusões sobre o tema de interesse⁽⁷⁾. Tal escolha se fez em função de o método de pesquisa possibilitar uma análise ampla e sistemática de estudos científicos, permitindo sua caracterização e análise das bases teóricas e tendências da produção relacionada ao uso das VPRs. Nesta pesquisa, a revisão foi composta pelas seguintes etapas: identificação do tema; estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos; fichamento dos temas selecionados e avaliação dos estudos incluídos na revisão integrativa; categorização dos estudos; interpretação dos resultados e apresentação da revisão do conhecimento⁽⁸⁾.

O levantamento bibliográfico foi realizado mediante consulta ao Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (Bireme), nas bases de dados Lilacs, PubMed/Medline, ScienceDirect, SpringerLink. A busca nas bases de dados foi realizada no período de 2008–2009, considerando como descritores de busca em português: redução de dose; aventais de chumbo; radiologia; raios X; proteção radiológica; dose absorvida; vestimentas de proteção radiológica. Este último termo foi encontrado num trabalho de conclusão de curso, porém não é um termo indexado, mas está sendo utilizado por ser de fácil compreensão. Na pesquisa em inglês, os descritores foram: *lead apron*; *dose reduction*; *protective garment*; *protective gear*; *x-ray*; *computed tomography*; *apron*; *fluoroscopy*; *radiation protection*.

A seleção das publicações foi realizada fazendo-se leitura criteriosa do resumo e consequente leitura do texto, a fim de verificar a relação com o tema a ser pesquisado. Utilizou-se também o programa IPEM Report 78 do Institute of Physics and Engineering in Medicine (IPEM)⁽⁹⁾ para cálculos de kerma no ar, a fim de corroborar cientificamente os resultados apresentados nos estudos. Dessa forma, a amostra foi composta de 21 artigos, sendo a maioria em inglês. Outras fontes, como tese, trabalho de conclusão de curso e livros contribuíram para um relato sobre os efeitos biológicos associados à radiação, as formas de se proteger e os resultados práticos da utilização das VPRs, que passaram a compor as fontes documentais do processo de análise.

RESULTADOS

Importância do uso das VPRs

A interação da radiação ionizante com o organismo humano pode gerar efeitos biológicos, os quais variam com o grau de radiosensibilidade da célula e da dose de radiação absorvida. Segundo descreve Biral⁽¹⁰⁾, o grau de radiosensibilidade é inversamente proporcional à diferenciação da célula, ou seja, células pouco diferenciadas em sua função são mais radiosensíveis, como, por exemplo, as células da epiderme, os eritroblastos e as espermatogônias. Há, no entanto, células que fogem à regra: os oócitos e os linfócitos. Depen-

dendo da radiosensibilidade, a radiação ionizante pode afetar a célula de forma direta (ionização) ou indireta (ação de radicais livres), sendo que os danos causados podem ser a quebra da fita de DNA, alteração de seu material genético, bem como alteração das suas proteínas, enzimas, a modificação da permeabilidade da membrana das células e ativação dos oncogenes. O corpo humano possui mecanismos para reparação do dano causado pela radiação, porém quando eles falham, resultam na incapacidade de reprodução da célula, ou na sua modificação definitiva. Em alguns casos pode ocorrer morte celular⁽¹¹⁾.

Redução da dose absorvida nos pacientes

Para minimizar a dose de radiação primária e secundária, utiliza-se a VPR no paciente. De acordo com a norma NBR IEC 61331 da ABNT⁽⁵⁾, as VPRs são divididas entre dispositivos para pacientes e para indivíduos ocupacionalmente expostos. As VPRs para pacientes compreendem: avental, protetor de gônadas, blindagem de escroto, blindagem de ovário e blindagem por sombreamento. Nas gônadas encontram-se células germinativas com alta divisão celular e alta radiosensibilidade, por isso há grande preocupação de proteger esta glândula contra a radiação ionizante. Estudos feitos demonstram que a utilização de protetores durante exames de tomografia computadorizada reduz consideravelmente a exposição deste órgão em até 95%⁽¹²⁾. Hohl et al.⁽¹³⁾ demonstraram, para um mesmo exame de abdome, redução de 87%. Já Raissaki⁽¹⁴⁾ pesquisou a aplicação de protetores de gônadas na radiologia infantil, observando redução da dose absorvida nas gônadas das meninas por volta de 50% e nos meninos, de 95%.

Uma das pesquisas realizadas por Parker et al.⁽¹⁵⁾, sobre a redução de dose em angiografias realizadas com tomografia computadorizada *multislice*, revelou que a dose na região mamária, durante um estudo para suspeita de embolia pulmonar, pode ser reduzida em 60,6% com a utilização de uma barreira feita de tungstênio-antimônio.

Outros órgãos do sistema humano que necessitam de proteção radiológica, por possuírem grande radiosensibilidade, são o cristalino e a glândula tireoide. Hopper

et al.⁽¹⁶⁾, em seu estudo, demonstraram que o uso de protetor de bismuto durante uma tomografia computadorizada de tórax reduziu 60% a radiação na glândula tireoide e 40% no cristalino. Em outro estudo, feito por Hopper⁽¹⁷⁾, a utilização de protetores oculares de bismuto reduziu 48,5% a radiação no cristalino, e o protetor de tireoide reduziu 67,3% a dose nesta glândula, sendo que as utilizações destes protetores não afetaram a qualidade da imagem. Em relação ao cristalino, outros estudos demonstraram que a proteção deste local reduz a dose em torno de 30% a 40%^(18,19). Conforme estudos feitos por Brnić et al.⁽²⁰⁾, o uso de protetores no tórax reduz a dose em 57% neste local durante um exame de crânio. Já o uso do mesmo protetor no exame de tórax pediátrico reduz a dose em 29%⁽²¹⁾. Estes dados e de outros estudos podem ser melhor comparados na Tabela 1.

Na radiologia convencional, estudos sobre a redução da dose em função da utilização do uso de VPRs são poucos, entretanto, nas pesquisas realizadas, observa-se que o uso de protetores de tórax durante um exame radiográfico na posição lateral de tórax reduz 88% a dose da radiação na região do útero e dos ovários⁽²²⁾.

Redução da dose absorvida nos indivíduos ocupacionalmente expostos

Para o indivíduo ocupacionalmente exposto, as VPRs compreendem os aventais

de proteção, com espessuras de 0,25 a 0,50 mm de chumbo, as luvas de proteção, os óculos plumbíferos e o protetor de tireoide⁽⁵⁾. A redução de dose no indivíduo ocupacionalmente exposto, em virtude da utilização de VPRs, pode ser notada também nos procedimentos intervencionistas. Segundo Scremin et al.⁽²³⁾, procedimentos intervencionistas que requerem imagens radiográficas, como em serviços de hemodinâmica, tiveram aumento na quantidade de exames nos últimos anos, em decorrência de ser uma técnica que nem sempre precisa de cirurgia, sendo de menor risco para o paciente. Sua pesquisa é voltada para a exposição ocupacional e demonstrou que o uso de uma barreira protetora plumbífera, na forma de cortina, reduz em até 90% a dose recebida na região do tórax pelo médico durante um cateterismo cardíaco e, para o enfermeiro, a redução pode chegar a 80%.

Durante as cirurgias ortopédicas intervencionistas, uma das partes mais expostas à radiação primária são as mãos dos médicos⁽²⁴⁾. Um procedimento bastante realizado é a vertebroplastia percutânea, que consiste em introduzir uma cânula no osso lesionado e injetar cimento ósseo para restaurá-lo. Para guiar esta cânula, utiliza-se o aparelho radiográfico com emissão quase contínua de radiação. No estudo feito por Synowitz e Kiwit⁽²⁵⁾, constatou-se que o uso de luvas protetoras durante o procedimento resultou numa redução de 75% da dose nas mãos do médico cirurgião.

Tabela 1 Redução da dose de radiação pelo uso de protetor durante tomografia computadorizada.

Exame	Estudo	Local protegido	Redução (%)	
			Feminina	Masculina
Abdome total	Hidajat et al. ⁽¹²⁾	Testículos	—	95
Coluna torácica	Hopper et al. ⁽¹⁶⁾	Mamas	57	—
Pediátrico	Raissaki 2004 ⁽¹⁴⁾	Gônadas	50	95
Pelve	Hopper et al. ⁽¹⁶⁾	Testículos	—	51
Rotina abdome pelve	Hohl et al. ⁽¹³⁾	Gônadas	—	87
Tórax	Hopper ⁽¹⁷⁾	Tireoide	67,3	—
	Hopper ⁽¹⁷⁾	Mamas	52,4	—
Tórax pediátrico	Fricke et al. ⁽²¹⁾	Mamas	29	—
Crânio	Brnić et al. ⁽²⁰⁾	Mamas	57	—
	Hopper et al. ⁽¹⁶⁾	Olhos	40	—
Crânio pediátrico	Perisinakis et al. ⁽¹⁸⁾	Lentes dos olhos	30–40	—
Coluna cervical	Hopper et al. ⁽¹⁶⁾	Tireoide	60	—
Olhos e face	Hopper ⁽¹⁷⁾	Orbita	48,5	—
Seios paranasais	Hein et al. ⁽¹⁹⁾	Lentes dos olhos	40	—
Coração	Parker et al. ⁽¹⁵⁾	Mamas	60,6	—

A maioria dos estudos chama a atenção para o cristalino, a tireoide e as gônadas, órgãos de alta radiosensibilidade. Porém, poucos mencionam sobre a dose de radiação nas extremidades baixas da equipe de saúde. Um estudo feito na Irlanda indica que com a utilização de protetor plumbífero nas laterais da mesa, tipo cortina, pode-se reduzir 64% da dose nas extremidades baixas⁽²⁶⁾.

Utilizando o programa IPEM Report 78 do IPEM⁽⁹⁾ para simulação do espectro emitido por alvos de tungstênio, pode-se verificar a eficácia do uso das VPRs e a influência das diversas espessuras na proteção radiológica. Na simulação feita utilizaram-se as tensões de 55, 75, 95 e 115 kV, pois compreendem a faixa utilizada nas radiografias convencionais. Foi calculada

a dose de kerma no ar por unidade de $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$ a 75 cm de distância da ampola, estando inclusa a atenuação inerente de 2,5 mm de alumínio do equipamento.

A partir dos resultados obtidos pelo programa de computador, constatou-se que a proteção de 0,25 mm de chumbo reduz a dose em, no mínimo, 86,82% (115 kV), chegando a até 99,06% (55 kV) nas energias mais baixas. Com o uso da proteção de 0,50 mm de chumbo, a redução de dose varia de 95,79% (115 kV) a 99,94% (55 kV). Para comparação dos dados, têm-se a Tabela 2 e a Figura 1.

Além da redução do kerma no ar, o uso da VPR elimina consideravelmente os fótons de baixa energia, conforme mostra a Figura 1. Isto implica redução ainda maior na dose absorvida, uma vez que as energias

baixas são barradas com elementos de alto número atômico, como o chumbo.

DISCUSSÃO

No conjunto das produções analisadas, fica evidente a contribuição de estudos a respeito da evolução da proteção radiológica, pois após a descoberta da radiação X por Roentgen, em 1895, ao mesmo tempo em que as radiografias eram executadas, doenças na pele começaram a aparecer nos trabalhadores. O pioneiro nos estudos das doenças atribuídas à radiação foi Crocker⁽²⁷⁾, um físico que, em 1897, relacionou o surgimento da dermatite e úlceras na pele com o uso prolongado do tubo de Crookes perto do corpo. Sabendo que as queimaduras eram semelhantes às graves queimaduras de sol, para o que era sugerido às pessoas protegerem-se cobrindo-se com algo de cor preta, ele propôs que os trabalhadores que estivessem expostos à radiação utilizassem luvas vermelhas ou cobrissem suas mãos e faces com pintura vermelha. Supunha-se naquela época que esses pigmentos barrariam a radiação ionizante.

Em 1902, Rollins propôs três maneiras de diminuir a exposição dos trabalhadores e pacientes à radiação: utilizar óculos absorvedores; encapsular os tubos de raios X em chumbo; limitar o campo de radiação à região de interesse clínico mediante o uso de materiais protetores. No entanto, suas recomendações não foram seguidas por um longo período. A partir de 1913, alemães e ingleses começaram a produzir guias de referência para proteção radiológica, com a recomendação de uso de um dispositivo para proteger o trabalhador. Nos anos de 1922 a 1928, norte-americanos e ingleses publicaram recomendações para trabalhadores, indicando valores de tolerância à dose e determinando barreiras para a proteção do trabalhador. Em 1928, durante o Segundo Congresso Internacional de Radiologia, realizado em Estocolmo, surge a International Commission on Radiological Protection (ICRP), cabendo a ela definir as diretrizes de proteção radiológica, as quais foram adotadas por grande parte dos países do mundo⁽²⁸⁾.

Segundo Archer⁽²⁹⁾, após Estocolmo, o National Bureau of Standards (NBS) dos Estados Unidos da América (EUA) estabele-

Tabela 2 Redução da taxa de kerma no ar em função da energia máxima e da espessura de proteção para um espectro de tungstênio.

Tensão (kV)	Proteção	Kerma no ar ($\mu\text{Gy}/\text{mAs}$)	Redução (%)
55	Nenhuma	71,98	—
	0,25 mmPb	0,68	99,06
	0,50 mmPb	0,04	99,94
75	Nenhuma	122,20	—
	0,25 mmPb	5,57	95,44
	0,50 mmPb	1,12	99,08
95	Nenhuma	177,10	—
	0,25 mmPb	17,62	90,05
	0,50 mmPb	5,45	96,92
115	Nenhuma	234,80	—
	0,25 mmPb	30,95	86,82
	0,50 mmPb	9,89	95,79

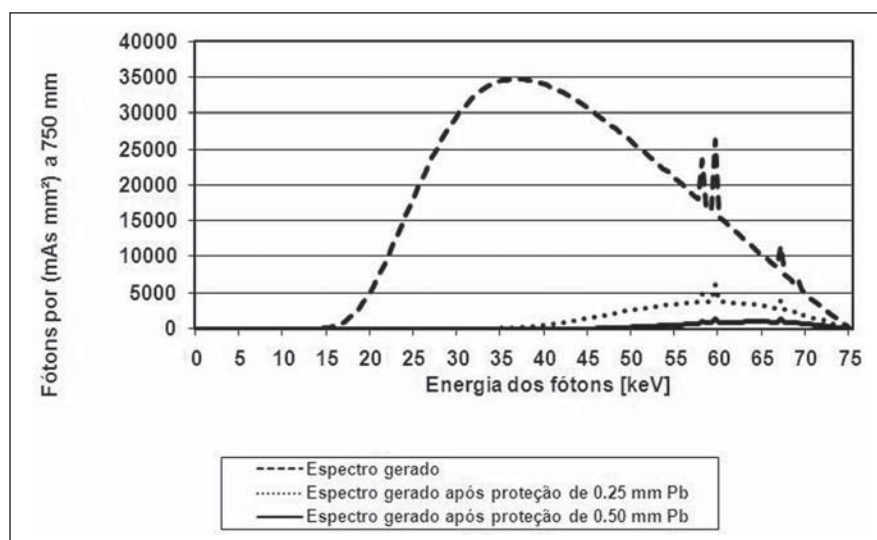


Figura 1. Espectro de energia de uma ampola de alvo de tungstênio e filtração inerente de 2,5 mmAl a 75 kV.

leceu o Advisory Committee on X-Ray and Radium Protection (ACRP), um comitê que publicou, em 1931, seu primeiro relatório, intitulado X-Ray Protection. O ACRP foi reorganizado e transformado, em 1964, no conhecido National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Em 1961, o ACRP, juntamente com o NBS, publicou um relatório intitulado Medical X-Ray Protection up to Three Million Volts, que posteriormente ficou conhecido como NCRP nº 26, o qual introduziu muitos dos princípios e métodos comuns à proteção radiológica, utilizados até hoje. Nesse mesmo relatório foram conceituados carga de trabalho e fator de uso, para descrever de forma mais concisa a exposição por acidente e o uso de barreiras para evitá-la.

O relatório nº 49 do NCRP (1976) foi o primeiro guia utilizado pelos peritos habilitados dos EUA como referência para especificar protetores de radiação em instalações médicas de imagem de raios X. Na década de 90, viu-se a necessidade de modificar este relatório, visto que ele não abrangia as novas tecnologias, como tomografia computadorizada e mamografia. Modificaram-se, então, os valores de limite de dose, os fatores de ocupação, a carga de trabalho, entre outros, criando-se novos relatórios, os de números 116 e 147⁽³⁰⁾.

No Brasil, as regras internacionais foram adotadas efetivamente com a publicação, pelo Ministério da Saúde, da Portaria nº 453⁽³¹⁾, em julho de 1998, que ressalta a utilização da radiação desde que ela resulte em benefício para a saúde do indivíduo e/ou da sociedade.

Outra contribuição importante evidenciada nos estudos sobre proteção foi a produção acerca dos efeitos biológicos das radiações ionizante. Tais estudos revelam a radiosensibilidade das células e seus efeitos no organismo humano. A radiação ionizante é uma onda eletromagnética que interage com a matéria, transferindo sua energia aos elétrons de seus átomos. Estes, com o ganho de energia, começam a sair de seus orbitais, mudando de camadas eletrônicas e até de átomos, dissipando a energia na forma de mais radiação ou ionizando outros átomos. Esta produção de radicais livres pode induzir a efeitos radiobiológicos, como quebras cromossômicas induzidas. Este dano biológico depende da ener-

gia depositada (dose absorvida da radiação) no tecido ou órgão e da radiosensibilidade deste.

O efeito biológico se manifesta de duas formas no organismo humano. Uma delas é o efeito determinístico, causado pela alta dose de radiação, levando a célula à perda parcial ou total de sua função biológica, ou seja, morte celular. O indivíduo irradiado pode apresentar esterilidade temporária ou permanente, radiodermite, náuseas, fadiga, catarata, entre outros efeitos. A outra forma de manifestação é o efeito estocástico, no qual pequenas doses de radiação ao longo do tempo causam mutações genéticas. Caso a mutação seja em células germinativas, o dano acarreta uma mudança hereditária. Ocorrendo a mutação nas células somáticas, existe grande probabilidade de o indivíduo desenvolver um câncer, sendo que os tecidos mais suscetíveis a este efeito são o tecido mamário, as gônadas, a medula óssea e o tecido linfático. Para minimizar a ocorrência deste efeito, é de suma importância a utilização das VPRs⁽¹¹⁾.

Outra contribuição importante evidenciada nesta revisão foi acerca da implementação de proteção radiológica. Os estudos mencionam as normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)⁽³²⁾, que estabeleceu medidas contra os possíveis efeitos que podem ser causados pela radiação ionizante, sendo elas fundamentadas em três princípios básicos de proteção radiológica: **justificação** – a exposição médica à radiação só será aceita caso resulte em benefícios para a sociedade ou para o indivíduo; **limitação de dose** – a exposição à radiação deve ser restringida, não excedendo a dose permitida e ao local de interesse; **otimização** – a dose no paciente deve ser a menor possível, sem implicar a perda de qualidade de imagem. Este último princípio está ligado à filosofia ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), que numa tradução livre significa “tão baixo quanto razoavelmente exequível”, que implica sempre diminuir a dose de exposição à radiação, tanto do paciente quanto do indivíduo ocupacionalmente exposto.

Como apresentou Gelsleichter⁽³³⁾, todos esses princípios vêm ao encontro dos principais mecanismos de proteção radiológica: distância da fonte de radiação, tempo de exposição à fonte e blindagem. Os dois

primeiros mecanismos consistem em medidas que minimizam a exposição, e o último consiste em barreiras fixas ou acessórios que bloqueiam a trajetória dos feixes de raios X, absorvendo-os. Existem dois tipos de barreiras utilizadas como proteção radiológica: as blindagens dos ambientes para proteção coletiva, e a VPR para uso e proteção individual. Com relação às VPRs, elas são colocadas entre a fonte de radiação e o paciente, de modo que atenua a radiação que chega até ele, assim como no indivíduo ocupacionalmente exposto que as utilize. Essas vestimentas são fabricadas com material de alto nível atômico (normalmente chumbo ou seus compostos) para bloquear a passagem de fótons dos raios X, além de outro material lavável para fazer o revestimento e proteção do material absorvedor.

Com relação aos princípios de redução de dose, a redução do tempo de um exame radiológico não pode ser implementada em função da técnica radiológica estabelecida, pois implica a qualidade de imagem, e o aumento da distância nem sempre é possível, já que a distância da fonte à mesa de comando é limitada. Logo, o uso das VPRs nos serviços de radiologia e diagnóstico por imagem torna-se a única maneira eficaz de se reduzir a exposição do indivíduo ocupacionalmente exposto à radiação ionizante, assim como para as exposições médicas dos pacientes.

A Portaria nº 453⁽³¹⁾, em seu item 5.5, descreve que para cada equipamento de raios X deve haver uma VPR, a qual deve garantir proteção do tronco dos pacientes, incluindo tireoide e gônadas, com pelo menos 0,25 mm de equivalente de chumbo (mmPb). Além disso, no item 5.10a é estabelecido que caso um indivíduo precise assistir a um paciente debilitado, este deve utilizar um avental plumbífero com no mínimo 0,25 mmPb. Já para os profissionais, a Portaria, no item 4.26a (ii), relata que durante procedimentos radiológicos os profissionais devem proteger-se da radiação espalhada usando VPRs ou barreiras protetoras com atenuação não inferior a 0,25 mmPb. Em relação à fluoroscopia, no item 4.17d é descrito que o ambiente deve ter cortina ou saíte de chumbo inferior/lateral, para proteção do trabalhador contra a radiação espalhada pelo paciente, sendo

a espessura não inferior a 0,5 mmPb, a 100 kVp, e no item 4.40 é relatado que se deve utilizar luvas de chumbo com no mínimo 0,25 mmPb.

Sabe-se da resistência, especialmente por parte dos profissionais da técnica radiológica, de se utilizar as VPRs, pois estas apresentam desconforto, em função do peso, o qual pode ocasionar dores lombares se usadas por muito tempo⁽³⁴⁾. Porém, é necessário que o indivíduo ocupacionalmente exposto utilize a VPR em procedimentos intervencionistas, bem como em procedimentos em que ele fique diretamente exposto ao feixe primário, ou ao secundário. Além disso, o profissional deve ter consciência de que o paciente deve utilizar a vestimenta quando possível, tanto nos exames de tomografia computadorizada quanto de raios X convencional ou nas técnicas intervencionistas, para proteger áreas que estão expostas à radiação, seja ela primária ou secundária, e que não interferem na qualidade da imagem. Tendo em vista a dificuldade de se utilizar a VPR, novos materiais estão sendo produzidos, tornando essas vestimentas mais leves, reduzindo, dessa forma, a fadiga dos profissionais e as lombalgias⁽³⁵⁾, diminuindo o desconforto e contribuindo para reduzir a resistência ao seu uso.

Estudos mostram que o uso de aventais plumbíferos é eficaz, pois atenua grande parte da radiação ionizante. Teoricamente, se consegue comprovar que a proteção de chumbo (0,25 mmPb) na tensão de 75 kV é capaz de reduzir a dose no paciente ou no indivíduo ocupacionalmente exposto em até 95%⁽⁹⁾. Já na prática, o material nem sempre possui constituição homogênea, portanto, a atenuação acaba sendo um valor menor que o teórico, mas mesmo assim ele é muito importante e eficiente. Segundo Hopper et al.⁽¹⁶⁾, um protetor de tireoide consegue atenuar até 67,3% da radiação X. Levando-se em conta que nem sempre a VPR se encontra íntegra, é necessário fazer alguns testes, como os definidos no item 4.45b(x) da Portaria nº 453⁽³¹⁾, a fim de constatar a qualidade do material utilizado no serviço.

Em razão dos efeitos radiobiológicos, como catarata radiogênica, esterilidade, morte celular e mutações genéticas, que podem ocorrer com o uso da radiação iônica,

qualquer ganho referente à atenuação da radiação é importante, tornando a utilização de VPRs indispensável.

CONCLUSÕES

Neste estudo foi feita uma análise da eficiência do uso de VPR por paciente e por indivíduo ocupacionalmente exposto, no qual é observado que o uso crescente da radiação implica aumento da proteção radiológica, sendo que todos os resultados mostram claramente que a utilização da VPR está relacionada diretamente com a redução da dose, tanto no indivíduo ocupacionalmente exposto quanto no paciente. Seu uso se demonstra eficaz e faz valer o princípio ALARA, ou seja, a radiação é usada empregando doses mínimas ao paciente e ao profissional da área.

A utilização da VPR implica redução de dose absorvida, sendo que as regiões que apresentaram maior redução da dose no paciente foram as gônadas, com variação de 87%⁽¹³⁾ a 95%⁽¹⁴⁾, e a glândula tireoide, com redução entre 60%⁽¹⁶⁾ e 67,30%⁽¹⁷⁾. Já no indivíduo ocupacionalmente exposto, houve grande redução da exposição das mãos do médico cirurgião, sendo esta redução de 75%⁽²⁵⁾, e outro local analisado foram as extremidades baixas, com redução de 64%⁽²⁶⁾ da dose absorvida.

Constatou-se a pouca quantidade de estudos em raios X, indicando a necessidade de mais estudos sobre a eficácia das VPRs, principalmente na radiologia convencional. Estudos sobre índices de qualidade, testes de conformidade e especificações técnicas das VPRs para proteção dos pacientes devem ser definidos. Em relação ao indivíduo ocupacionalmente exposto, recomenda-se educação continuada nesses serviços, de modo que os profissionais de saúde se conscientizem da importância do uso dessas vestimentas para a sua saúde e segurança no trabalho acerca da exposição a este agente físico, ou seja, a radiação ionizante.

REFERÊNCIAS

1. Departamento de Informática do SUS – DATA-SUS. Informações de saúde. [acessado em 14 de outubro de 2008]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defhtobm.exe?sia/cnv/pauf.def>
2. Departamento de Informática do SUS – DATA-SUS. Informações de Saúde. [acessado em 14 de outubro de 2008]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sia/cnv/pasc.def>

3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Pesquisa. Pesquisa de assistência médico-sanitária. [acessado em 14 de outubro de 2008]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/ams/default.shtm>
4. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Pesquisa. Pesquisa de assistência médico-sanitária. Tabelas. [acessado em 14 de outubro de 2008]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/ams/2005/defaulttab.shtm>
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Dispositivos de proteção contra radiação-X para fins de diagnóstico médico. ABNT NBR IEC 61331. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas; 2004
6. Brasil. Ministério do Trabalho. Portaria MTB nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Aprova as normas regulamentadoras – NR – do Capítulo V, Título II, da consolidação das leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. NR-6 – Equipamento de proteção individual-EPI. Portaria SIT/DSST nº 162, de 12 de junho de 2006. Brasília, DF: Diário Oficial da União; 16/05/2006.
7. Rodgers BL, Knafl KA. Concept development in nursing: foundations, techniques and applications. Philadelphia, PA: WB Saunders; 1993.
8. Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. Texto & Contexto Enferm. 2008;17:758–64.
9. Sutton D, Cranley K, Gilmore BJ, et al. Catalogue of diagnostic X-ray spectra and other data: electronic version – Report S. No. 78 (CD Rom). York, UK: The Institute of Physics and Engineering in Medicine; 1997.
10. Biral AR. Radiações ionizantes para médicos, físicos e leigos. Florianópolis, SC: Editora Insular; 2002.
11. Dimenstein R, Hornos YMM. Manual de proteção radiológica aplicada ao radiodiagnóstico. São Paulo, SP: Editora Senac; 2001.
12. Hidayat N, Schröder RJ, Vogl T, et al. The efficacy of lead shielding in patient dosage reduction in computed tomography. RøFo. 1996;165:462–5.
13. Hohl C, Mahnken AH, Klotz E, et al. Radiation dose reduction to the male gonads during MDCT: the effectiveness of a lead shield. AJR Am J Roentgenol. 2005;184:128–30.
14. Raissaki MT. Pediatric radiation protection. Eur Radiol Syllabus. 2004;14:74–83.
15. Parker MS, Kelleher NM, Hoots JA, et al. Absorbed radiation dose of the female breast during diagnostic multidetector chest CT and dose reduction with a tungsten-antimony composite breast shield: preliminary results. Clin Radiol. 2008;63:278–88.
16. Hopper KD, King SH, Lobell ME, et al. The breast: in-plane x-ray protection during diagnostic thoracic CT – shielding with bismuth radioprotective garments. Radiology. 1997;205:853–8.
17. Hopper KD. Orbital, thyroid, and breast superficial radiation shielding for patients undergoing diagnostic CT. Semin Ultrasound CT MR. 2002;23:423–7.
18. Perisinakis K, Raissaki M, Theodoropoulos N, et al. Reduction of eye lens radiation dose by orbital bismuth shielding in pediatric patients un-

- dergoing CT of the head: a Monte Carlo study. *Med Phys*. 2005;32:1024–30.
19. Hein E, Rogalla P, Klingebiel R, et al. Low-dose CT of the paranasal sinuses with eye lens protection: effect on image quality and radiation dose. *Eur Radiol*. 2002;12:1693–6.
20. Brnić Z, Vekić B, Hebrang A, et al. Efficacy of breast shielding during CT of the head. *Eur Radiol*. 2003;13:2436–40.
21. Fricke BL, Donnelly LF, Frush DP, et al. In-plane bismuth breast shields for pediatric CT: effects on radiation dose and image quality using experimental and clinical data. *AJR Am J Roentgenol*. 2003;180:407–11.
22. Jackson G, Brennan PC. Radio-protective aprons during radiological examinations of the thorax: an optimum strategy. *Radiat Prot Dosimetry*. 2006;121:391–4.
23. Scremin SCG, Schelin HR, Tilly Jr JG. Avaliação da exposição ocupacional em procedimentos de hemodinâmica. *Radiol Bras*. 2006;39:123–6.
24. Hafez MA, Smith RM, Matthews SJ, et al. Radiation exposure to the hands of orthopaedic surgeons: are we underestimating the risk? *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005;125:330–5.
25. Synowitz M, Kiwit J. Surgeon's radiation exposure during percutaneous vertebroplasty. *J Neurosurg Spine*. 2006;4:106–9.
26. Shortt CP, Al-Hashimi H, Malone L, et al. Staff radiation doses to the lower extremities in interventional radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2007;30:1206–9.
27. Crocker HR. A case of dermatitis from Roentgen rays. *Br Med J*. 1897;1:8–9.
28. Costa PR. Modelo para determinação de espessuras de barreiras protetoras em salas para radiologia diagnóstica [tese]. São Paulo, SP: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 1999.
29. Archer BR. History of the shielding of diagnostic x-ray facilities. *Health Phys*. 1995;69:750–8.
30. Archer BR. Recent history of the shielding of medical x-ray imaging facilities. *Health Phys*. 2005;88:579–86.
31. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Portaria nº 453, de 1º de junho de 1998. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2 de junho de 1998.
32. Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Radioproteção. CNEN-NN-3.01 – Diretrizes básicas de proteção radiológica. [acessado em 25 de outubro de 2008]. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/mostra-norma.asp?op=301>
33. Gelsleichter AM. Condições das vestimentas de proteção radiológica em dois hospitais públicos de Florianópolis [trabalho de conclusão de curso]. Florianópolis, SC: Centro Federal de Educação Tecnológica; 2006.
34. Moore B, vanSonnenberg E, Casola G, et al. The relationship between back pain and lead apron use in radiologists. *AJR Am J Roentgenol*. 1992;158:191–3.
35. Scuderi GJ, Brusovanik GV, Campbell DR, et al. Evaluation of non-lead based protective radiological material in spinal surgery. *Spine J*. 2006;6:577–82.