

Revisão: radioproteção aplicada à Medicina Nuclear

Review: radioprotection applied in Nuclear Medicine

Marcos A. D. Machado^{1,2,3}, Vinícius O. Menezes^{1,2,3}, Cleiton C. Queiroz^{1,2,3}, Daniel C. da Silva^{1,2,3}, Luiz J. L. Sampaio¹, Augusto Almeida²

¹Monte Tabor – Hospital São Rafael, Salvador (BA), Brasil

²Santa Casa de Misericórdia da Bahia – Hospital Santa Izelabel, Salvador (BA), Brasil

³Dancosi Nuclear Ltda., Salvador (BA), Brasil

Resumo

Este trabalho tem por objetivo avaliar as causas potenciais de exposição à radiação ionizante em um Serviço de Medicina Nuclear, identificar as causas de erros comuns na rotina de medicina nuclear, como evitar tais erros e estudar boas práticas de radioproteção à luz da legislação nacional e documentos internacionais.

Palavras-chave: medicina nuclear, radioproteção.

Abstract

The aim of this paper is to evaluate the potential causes of exposure to ionizing radiation in a nuclear medicine facility, identifying the causes of common errors in the clinical routine, how to avoid these errors and study good radioprotection practices based on the national law and international documents.

Keywords: nuclear medicine, radioprotection.

Introdução

O uso médico de fontes radioativas envolve pacientes, indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) e indivíduos do público. Existe muita informação e consenso geral a cerca dos riscos de exposições a altas doses de radiação. Entretanto, pouco ainda se sabe sobre os efeitos causados por baixas doses (<0,2 Gy) recebidas por trabalhadores e as doses ainda mais baixas recebidas pelo público¹. Desde a descoberta dos efeitos danosos da radiação, notou-se no mundo científico uma necessidade de regulação e controle no uso de fontes radioativas, a qual resultou nas leis e regulamentos atuais. No Brasil, a norma CNEN-NN-3.01 estabelece os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante.

O propósito primário da proteção radiológica é fornecer um padrão apropriado de proteção sem limitar os benefícios da prática. Para tanto, devem ser atendidos os princípios de radioproteção: justificação, otimização e limitação da dose individual^{2,3}. Embora a limitação de dose individual represente um limite legal de dose individual, ainda é insuficiente para assegurar a proteção desejável e deve ser sempre suprida pelo princípio da otimização, seguindo a filosofia ALARA⁴.

Na medicina nuclear, o gerenciamento da radioproteção envolve um conjunto de medidas que devem estar contidas num plano de radioproteção, que é um documento que deve ser submetido à CNEN contendo informações relevantes à proteção radiológica quando da solicitação para funcionamento de um Serviço de Medicina Nuclear (SMN), onde devem constar as exigências nas normas vigentes, como o objetivo da instalação, projeto das blindagens e da área física, aquisição, uso e armazenamento de fontes radioativas, gerenciamento de rejeitos radioativos, estimativas de doses, sinalizações, identificação e classificação de áreas, qualificação dos profissionais envolvidos, etc. O titular, responsável legal pela instalação, deve designar um Supervisor de Radioproteção para garantir a execução das tarefas relativas às ações de proteção radiológica^{3,5,6}.

Instalação Física

Um projeto adequado de um serviço de medicina nuclear é essencial para garantir a otimização para a prática. A norma CNEN-NE-3.05 estabelece as dependências mínimas para um serviço de medicina nuclear:

- a) sala de espera de pacientes;
- b) sanitário exclusivo de pacientes;
- c) local para armazenamento de rejeitos radioativos;
- d) laboratório de manipulação e armazenamento de fontes em uso;
- e) sala de administração de radiofármacos;
- f) sala(s) de exame(s);
- g) quarto para internação de paciente com dose terapêutica, com sanitário privativo, quando forem aplicadas doses terapêuticas de Iodo¹³¹, acima de 1,11 Gbq (30 mCi).

A área específica para cada dependência deve ser projetada levando-se em conta as características particulares de cada serviço, como tipo de procedimento, número de pacientes, recursos humanos e financeiros, de modo que o princípio da otimização seja atendido de maneira satisfatória.

Os pisos e paredes dos ambientes do SMN devem ser revestidos de material liso, impermeável e de fácil limpeza e desinfecção^{5,6}. O laboratório de manipulação e armazenamento de fontes em uso deve ter pisos e paredes com cantos arredondados, bancada lisa, tanque com no mínimo 40 cm de profundidade e torneiras sem controle manual. Nos casos de fontes voláteis (I-131) ou de serviços que realizem estudos de ventilação pulmonar, é necessário um sistema de extração de ar⁵.

Classificação das Áreas

O controle da exposição ocupacional pode ser feito dividindo as áreas em três tipos: Área livre, controlada e supervisionada. Na área livre, o risco de exposição deve ser baixo o suficiente para assegurar que o nível de proteção dessa área seja comparado ao nível de proteção de indivíduos do público. A área controlada está sujeita a regras especiais de proteção e segurança, com a finalidade de controlar as exposições normais, prevenir a disseminação de contaminação radioativa e prevenir ou limitar a amplitude das exposições potenciais. Na área supervisionada as condições de exposição ocupacional são mantidas sob supervisão, mesmo que medidas de proteção e segurança específicas não sejam normalmente necessárias^{3,6,7}. As áreas controladas devem estar sinalizadas com o símbolo internacional de radiação ionizante, acompanhando um texto descrevendo o tipo de material, equipamento ou uso relacionado à radiação ionizante. As áreas supervisionadas devem ser indicadas como tal, em seus acessos³.

Equipamentos

O SMN deve possuir no local, em plenas condições de funcionamento, no mínimo os seguintes equipamentos e materiais:

- a) Um sistema de aquisição de imagem, para serviços que realizem procedimentos diagnósticos;
- b) Calibrador de dose;
- c) Monitor de contaminação de superfície;
- d) Monitor de taxa de exposição;
- e) Equipamentos e materiais de proteção individual;
- f) Fontes radioativas de referência para testes periódicos.

O Responsável Legal deve garantir o acesso a um monitor de contaminação de superfície e a um de taxa de exposição reservas em plenas condições de funcionamento^{5,6}.

Fatores de Radioproteção

Existem três fatores básicos que podem ser usados para minimizar a dose de radiação: tempo, blindagem e distância.

O tempo de exposição pode ser diminuído trabalhando-se o mais rápido possível próximo a fontes de radiação e na manipulação das mesmas, o que pode ser conseguido com treinamento adequado na manipulação dos radioisótopos, planejando e discutindo a tarefa a ser realizada antes de entrar na área e usando apenas o número de trabalhadores necessários para a tarefa.

As blindagens devem ser usadas sempre que possível, devendo sempre manipular material radioativo atrás da blindagem em "L", usar avental de chumbo, acondicionar os geradores de Mo/Tc dentro de blindagens específicas a fim de blindar as altas energias provenientes do decaimento do Mo-99, usar castelos para eluição dos geradores, e manter os frascos contendo material radioativo sempre blindados. Devem-se usar transportadores de seringa sempre que for feito o transporte de doses e usar o protetor de seringa para injeção do radiofármaco no paciente. A maioria dos aventais plumíferos comerciais têm espessura de 0,25mm e 0,5mm, oferecendo proteção satisfatória para isótopos de baixas energias (Tc-99m, Tl-201), mas possui eficiência questionável para isótopos de altas energias (I-131, F-18). Ao manipular radionuclídeos emissores de radiação β , é requerido cuidado para não utilizar blindagens com material de alto número atômico, como o chumbo, pois nestes casos pode haver formação de radiação de freamento, o que não ocorre em materiais como plástico e vidro. Por isso, quando um IOE fizer uso de I-131 (emissor β e γ), uma primeira blindagem de chumbo ou vidro deve ser usada para blindar a radiação β , e uma segunda blindagem de chumbo é necessária para blindar a radiação γ .

A distância tem um forte efeito na redução da dose, pois a taxa de dose é inversamente proporcional ao quadrado da distância. Para tanto, é importante o uso de pinças para o manuseio de frascos. O projeto da sala de exames deve permitir o acompanhamento do paciente a distâncias razoáveis (2m)⁸.

Fontes Radioativas e Manipulação

Em medicina nuclear, a dose é resultado da exposição de fontes radioativas presentes no serviço. Podemos destacar:

Fontes seladas: São as fontes padrão usadas para aferição dos equipamentos (Co-57, Ba-133, Cs-137 e Ge-68).

Fontes não seladas: Para uso em pacientes e controle de qualidade (Tc-99m, I-131, Ga-67, In-111, Lu-177, Tl-201, F-18, etc).

As fontes seladas apresentam apenas o risco de exposição, uma vez que o material radioativo contido no recipiente não pode ser extraído. Devem ser armazenadas em local específico com as blindagens necessárias e quando utilizadas deve-se seguir boas práticas de radioproteção.

As fontes não seladas apresentam também o risco de contaminação, visto que podem ser manipuladas pelo trabalhador. Por isso, o local de manipulação de radioisótopos deve ser forrado com material impermeável e com papel absorvente para, em caso de ocorrência de derramamento de material radioativo, sua remoção seja facilitada. O uso de EPI (equipamento de proteção individual) é fundamental para minimizar os riscos de exposição (avental de chumbo, transportador de seringas, protetor de seringas, castelo para eluição dos geradores Mo/Tc, luvas, guarda-pó e pinças).

Armazenamento de Rejeitos

Qualquer material resultante de atividades com radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista, é considerado rejeito radioativo. Os rejeitos devem ser segregados de acordo com suas características físicas,

químicas, biológicas e radiológicas, de modo a facilitar a gerência. Após a segregação e acondicionamento em recipientes adequados, os rejeitos devem ser identificados e, após eliminados, devem ser registrados em formulário próprio, como mostra a Figura 1^{9,10}.

Controle de Qualidade

As boas condições dos equipamentos usados na medicina nuclear garantem não só uma melhor acurácia dos procedimentos, como também são fundamentais para o controle de doses em pacientes, indivíduos ocupacionalmente expostos e indivíduos do público.

A legislação nacional já prevê um conjunto de testes periódicos de controle de qualidade nos equipamentos de medicina nuclear^{5,6}, mas ainda carece na inclusão de outros equipamentos de medicina nuclear, na inclusão de testes mais específicos e valores de referência. Para preencher essa lacuna, outros documentos podem ser estudados¹¹⁻¹⁴ e aplicados à realidade de cada serviço.

Monitoração

Devem ser realizadas monitorações periódicas para assegurar que as rotinas estejam sendo executadas de forma satisfatória. Devem ser realizadas medidas de levantamento radiométrico nas áreas restritas quinzenalmente e medida de contaminação de superfície ao término da jornada de trabalho ou sempre que houver suspeita de contaminação. Qualquer IOE que possa receber uma exposição ocupacional sujeita a controle deve ser submetido à monitoração individual, por meio de dosímetro^{3,5}. Os dosímetros são individuais e não

REJEITOS											
TIPO DE MATERIAL :											
A – Perfurocortantes (seringas,agulhas,scalps...) B- Frascos contaminados C – Papeis,algodão,esparadrapo											
D – A+C											
Data de Fechamento da caixa	Isótopo	Caixa Num.	Atividade (mCi)	Taxa de Exposição a 10cm	Tipo de Material	Massa (kg)	Local De guarda	Provável Data de Liberação	DATA Liberação	Atividade na data de liberacao	Resp.

Figura 1. Exemplo de formulário para rejeito radioativo.

podem ser usados por outro trabalhador em qualquer hipótese. Cada trabalhador deve usar o dosímetro apenas dentro do serviço e ao término da jornada de trabalho deve guardar no local apropriado. Sempre que for constatado nível de radiação acima do normal para determinada área (ou dose em trabalhador, quando for o caso), deve ser feita uma investigação para saber o que originou este evento e adotar medidas para evitar que níveis acima do aceito sejam encontrados. O auxílio da tecnologia da informação também tem-se mostrado uma boa ferramenta para o controle de doses e rastreabilidade¹⁵.

Cuidados Gerais

O uso de luvas é obrigatório sempre quando for manipular material radioativo, devendo ser desprezada logo após esta tarefa. Ao transportar o material manipulado, devem-se vestir

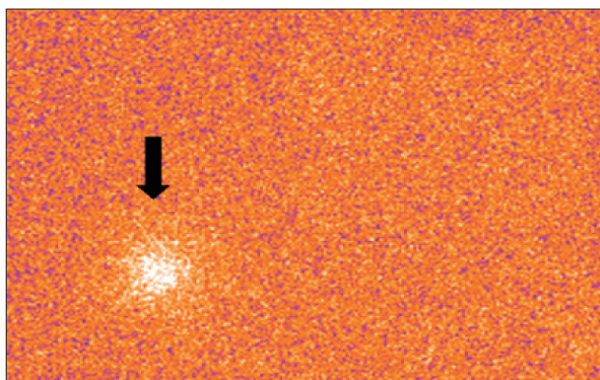


Figura 2. Decoy contaminado com Tc-99m.

luvas novas, evitando que uma possível contaminação seja espalhada por outras áreas do setor. A Figura 2 mostra um resultado de controle de qualidade de uniformidade diária, onde o “decoy” (suporte para cobrir o cristal do detector, presente em alguns equipamentos) foi contaminado.

Neste exemplo, a mesma luva usada para retirada da fonte de Tc-99m usada no controle de qualidade foi usada para transportar a fonte até a sala de exame e usada também, desnecessariamente, para a colocação do “decoy” no detector, contaminando não apenas o “decoy”, mas também o transportador de seringas.

As fontes radioativas devem ser armazenadas nos locais designados para seu armazenamento. Sempre que feito uso de uma fonte, esta deve ser descartada ou guardada em local apropriado. Na Figura 3, o controle de qualidade diário acusa a presença de um marcador de Tc-99m usado para localização da tireóide em imagens da região cervical.

A presença de fontes na sala de exames pode ser identificada no controle de qualidade de radiação de fundo⁶. Entretanto, a depender da atividade ou da posição da fonte, este teste mostra-se pouco sensível, sendo mais fácil de visualizar após a aquisição de uma imagem estática. Após identificada a presença de uma fonte, pode-se localizá-la com o auxílio de um monitor de contaminação de superfície.

Deve-se sempre conferir o radiofármaco, a atividade prescrita e o nome do paciente. Ao medir a atividade no calibrador de dose, conferir a janela de energia que está sendo usada, a fim de evitar erros na atividade do radionuclídeo administrada ao paciente.

É recomendado orientar o paciente sempre antes da injeção do radiofármaco, visto que depois de injetado, o

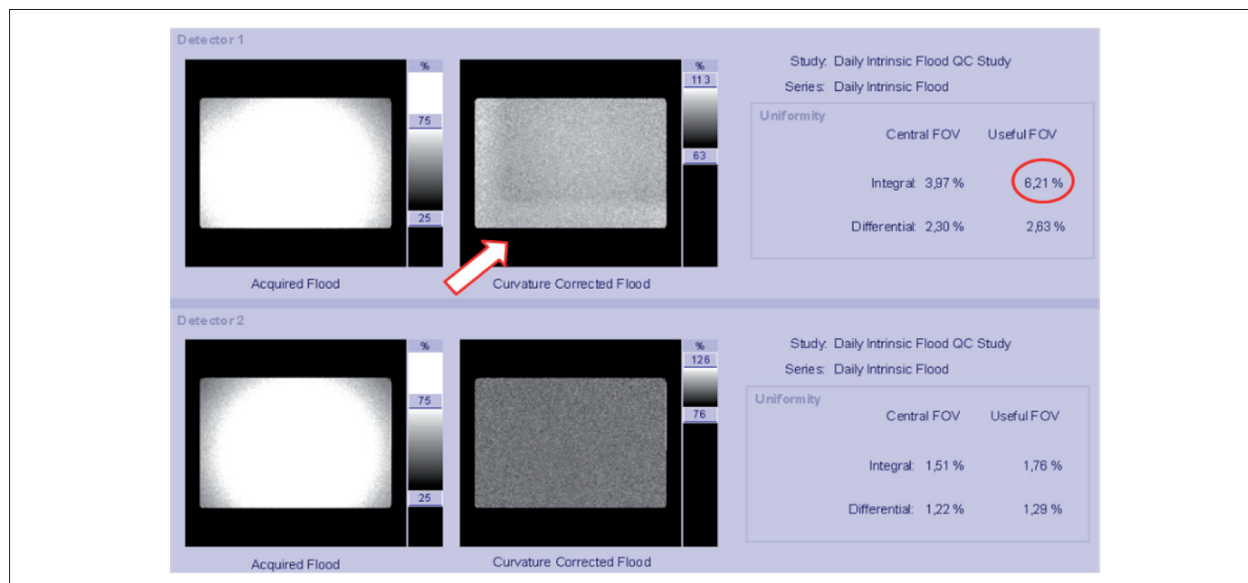


Figura 3. Artefato no controle de qualidade diário. Marcador de tireóide sem blindagem na sala de exames, encontrado em cima da bancada de medicamentos.

paciente fica radioativo e o trabalhador deve evitar contato desnecessário.

Na ocorrência de contaminação com material radioativo é necessário: Isolar o local, informar o supervisor de radioproteção e os demais membros e executar o procedimento de descontaminação conforme escrito no Plano de Radioproteção.

Todo trabalhador envolvido com o uso de material radioativo deve participar de treinamentos periódicos, realizado pelo supervisor de radioproteção, para assegurar que os procedimentos sejam executados conforme as melhores práticas.

Conclusão

A dose ocupacional consiste de uma grande variedade de possibilidades. A intenção deste artigo é destacar os possíveis erros e fornecer informações de maneira concisa sobre como evitar tais erros na rotina clínica. O uso apropriado dos fatores de radioproteção e as precauções destacadas são ferramentas poderosas na redução da dose de IOE.

Cabe salientar que quando tratamos de radioproteção sempre devemos levar em consideração não apenas os IOE, mas também os pacientes e o meio ambiente.

Agradecimentos

Ao Monte Tabor – Hospital São Rafael e à Santa Casa de Misericórdia da Bahia – Hospital Santa Izabel.

Referências

1. National Council on Radiation Protection and Measurements. NCRP Publication 124: Sources and magnitude of occupational and public exposures from nuclear medicine procedures; 1996.
2. International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 60: 1990 Recommendations of the ICRP*. New York, NY: Pergamon; 1991.
3. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Diretrizes Básicas de Radioproteção. CNEN-NN-3.01; 2005.
4. IAEA Fundamental Safety Standards. Fundamental Safety Principles. 2006
5. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear. CNEN-NE-3.05; 1996.
6. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 38, 2008.
7. National Council on Radiation Protection and Measurements. NCRP Publication 121: Principles and application of collective dose in radiation protection; 1995
8. Cherry SR, Sorenson JA, Phelps ME. *Physics in Nuclear Medicine*. Saunders; 2003: 433-436.
9. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Licenciamento de instalações Radiativas. CNEN-NE-6.02; 1998
10. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas. CNEN-NE-6.05; 1985.
11. NEMA Standards Publication NU1-2001. *Performance Measurements of Scintillation Cameras*. Washington, DC: National Electrical Manufacturers Association; 2001.
12. Quality control of nuclear medicine instruments. IAEA-TECDOC-6.02; 1991.
13. Murphy PH. Acceptance testing and quality control of gamma cameras, including SPECT. *J Nucl Med* 1987; 28:1221-1227.
14. Scintillation camera acceptance testing and performance evaluation. AAPM Report No. 6, Chicago: American Institute of Physics; 1980.
15. Menezes VO, Machado MAD, Queiroz CC, Sampaio LJJ, Silva DC. Information Technology Applied in Nuclear Medicine. XXII CONGRESO DE ALASBIMN; 2009.

