

Curie&Röntgen

ISSN 2526-6233

REVISTA CIENTÍFICA
DO CONSELHO NACIONAL
DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA

ANO 03
NÚMERO 02
FEVEREIRO 2019

Ciências ionizantes

*10 pesquisas realizadas por estudantes
e profissionais das técnicas radiológicas
mostram que ciência se faz na prática*



Curie&Röntgen

Manoel Benedito Viana Santos
Presidente

Adriano Célio Dias
Diretor-secretário

Abel dos Santos
Diretor-tesoureiro

Conselheiros efetivos

Antônio Eudes de Oliveira
Sandoval Kehrle
Luciano Guedes

Mauro Marcelo Limeira de Souza
Marcos Junior de Oliveira Silva
Sílvia Karina Lopes da Silva

Conselheiros suplentes

Alexandro Alves dos Santos
Rubens Acosta Machado
Vanderleia da Silva
Jorge Chernicharo
Lúcia Helena Solha
Luis Gomes da Silva

Carlos Alberto Rodembusch Alves
Marcos José Fraga Nunes
Gilvan Serafim de Souza

Comissão científica

Andréa Huhn
Laércio Carlos Tomaz
Matheus Brum Marques Bianchi Savi
Marcus Oliveira
Romário Costa

Jornalista responsável

Laércio Carlos Tomaz
8965/DF

Revisão

Romário Costa

Projeto gráfico

Guina Vieira

Tiragem

1.000 exemplares

Endereço

SRTVN 701 Ala A SALA 2.060
Edifício Brasília Rádio Center
Brasília/DF – CEP 70.719-900
Fone: (61) 3326 9374/3051 6500

www.conter.gov.br
conter@conter.gov.br



PÁG 05

ENTREVISTA

O pesquisador Graciano Paulo nos conta sobre as medidas adotadas pela União Europeia para reduzir doses pediátricas

PÁG 03

EDITORIAL

PALAVRA DO PRESIDENTE

“Ciência se faz na prática”, por Manoel Benedito Viana Santos

ARTIGOS

CADERNO CIENTÍFICO

- PÁG 10** Avaliação dos parâmetros de reconstrução em imagens PET
- PÁG 16** Alterações em bananas e goiabas após irradiação por equipamento odontológico de raios X
- PÁG 18** Aquisição e análise quantitativa de imagens PET em camundongos saudáveis utilizando o radiofármaco ¹¹C-Metionina
- PÁG 23** A relevância dos raios-X no diagnóstico da tuberculose
- PÁG 26** Fibrose Sistêmica Nefrogênica: efeitos do agente contraste à base de Gadolínio
- PÁG 35** Estudo comparativo entre mamografia convencional e digital
- PÁG 39** Caracterização do chumbo e da argamassa de barita em blindagens contra a radiação X
- PÁG 43** Irradiação de sementes de feijão preto: avaliação do processo germinativo
- PÁG 52** Tromboembolismo pulmonar diagnosticado por angiotomografia
- PÁG 60** A introdução de sistemas CR ou DR na prática clínica e o desafio para o técnico e tecnólogo em Radiologia para a qualidade da imagem na era digital

Ciência se faz na prática

A gente costuma pensar a ciência distanciada da prática, feita nos laboratórios de pesquisa e longe do cotidiano das pessoas. Mas, na realidade, não é bem assim. Muitas descobertas e avanços científicos relevantes para o futuro da humanidade se dão a partir de problemas reais, de ideias e de soluções concebidas na prática do dia-a-dia, por meio do trabalho e da dedicação de estudantes, de professores e de pesquisadores comprometidos com a produção e a difusão do conhecimento em escala acadêmica.

Uma categoria que publica revista científica indica que possui massa crítica para se sustentar, tanto na teoria quanto na prática. Pensando nisso, criamos este espaço para quem produz conhecimento, com a intenção de colocar no papel o que a categoria pensa e faz a respeito dos mais diversos assuntos que envolvem o emprego das técnicas radiológicas. O resultado é uma trama de pensamentos complexos e ideias ricas de sentidos e formas.

Neste volume de *Curie&Röntgen*, publicamos 10 trabalhos científicos de 85 que recebemos na chamada pú-

blica para a segunda edição. É um número expressivo, que mostra a gana de uma categoria ávida por conhecimento e pronta para dar contribuições à ciência. O nosso compromisso é manter essa chama acesa por meio da publicação de edições em série no decurso de 2019.

Ao longo da minha carreira, conheci muitos mestres por meio de livros que carrego até hoje, mas foram os mestres que conheci em serviço que me ensinaram as principais técnicas que uso até hoje no desempenho da nossa estimada profissão. Não obstante, por meio de arquivos como este, agora temos a oportunidade de aprender com colegas de todo o país, sem nem mesmo conhecê-los. Vamos aproveitar a oportunidade que a tecnologia nos dá.

Este é apenas o nosso segundo passo, a nossa segunda edição, mas tenho certeza de que a revista *Curie&Röntgen* se tornará um dos mais importantes veículos de divulgação científica sobre técnicas radiológicas do país. Contamos com vocês.

Boa leitura.

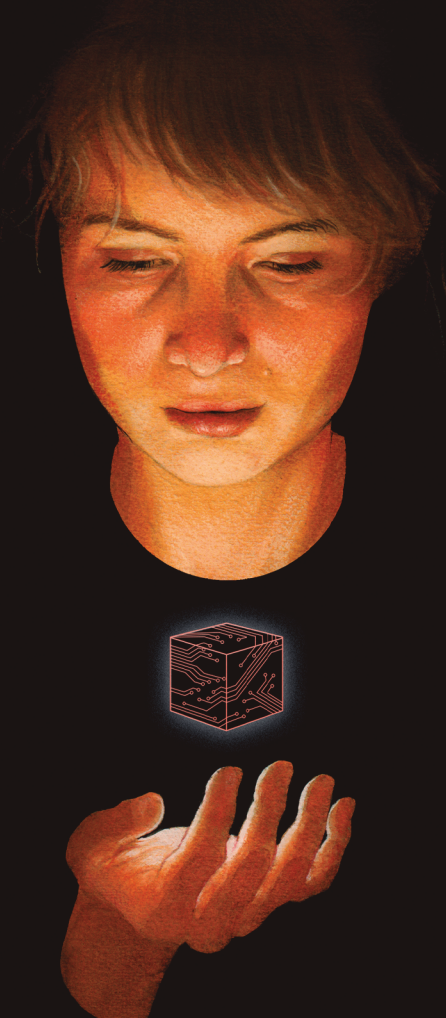


**TR. Manoel Benedito
Viana Santos**

**Presidente do Conselho
Nacional de Técnicos e
Tecnólogos em Radiologia
(CONTER)**

EUROPEAN CONGRESS OF RADIOLOGY

ECR 2020



A Clear Vision for Radiology

VIENNA
MARCH 11-15

ECR 2020 MEETS CANADA | CROATIA | ISRAEL | SLOVAKIA | SLOVENIA myESR.org

THE ANNUAL MEETING OF  EUROPEAN SOCIETY OF RADIOLOGY  EUROPEAN FEDERATION OF RADIOGRAPHER SOCIETIES  MOLECULAR TRANSNATIONAL HYBRID IMAGING

Doses na medida da necessidade

por Laércio Tomaz

A redução das doses provenientes de fontes ionizantes na área médica é uma preocupação em todo o mundo, principalmente, quando se trata de crianças. Os pequenos são mais suscetíveis aos efeitos dos raios X e, por isso, exigem cuidados especiais e acuidade técnica por parte de quem realiza o procedimento. Sobre o assunto, conversamos com o professor e pesquisador Graciano Paulo, coautor das primeiras normas de referência para limites de radiação pediátrica na Europa. Ele é mestre em Gestão e Economia da Saúde e doutor em Ciências da Saúde.



O que o profissional pode fazer para reduzir as doses de radiação nos exames pediátricos mais comuns?

A radiologia pediátrica apresenta desafios na prática clínica que os profissionais devem ter em conta no dia-a-dia. Principalmente, a heterogeneidade dos pacientes, no que diz respeito ao peso e ao tamanho do corpo (na Europa,

um paciente é considerado pediátrico dos 0 aos 18 anos de idade). Por isso, a maximização e o uso adequado de todos os dispositivos disponíveis, como o sistema de exposimetria automática, filtragem adicional, colimação adequada (em vez da utilização de ferramentas de cropping) e a escolha correta dos parâmetros de exposição

e uso de grelhas anti-difusoras apenas quando necessário irão contribuir para a redução da exposição à radiação, nunca esquecendo que todos esses parâmetros devem ser personalizados ao paciente e ao exame, razão pela qual os presets nos equipamentos devem servir apenas de referência e não para uso como regra.

A formação, a carga horária do curso e os requisitos legais para exercer a profissão são muito heterogêneos em toda a América Latina. Isso dificulta o intercâmbio profissional na região. É possível resolver isso?

Para resolver o problema, a América Latina teria de desenvolver um mecanismo idêntico ao que foi efetuado na Europa, que basicamente consiste na elaboração de um quadro de qualificações europeu, que vai do nível 1 ao nível 8, em que os níveis 6, 7 e 8 correspondem a graus universitários. O Nível 6 corresponde ao grau de licenciado (cursos de 3 ou 4 anos); o nível 7 ao grau de mestre (2 anos); o nível 8 ao grau de doutor (3 a 4 anos). Cada ano acadêmico na Europa corresponde, obrigatoriamente, a 60 créditos europeus. Cada estado-membro teve de criar o seu quadro nacional de qualificações, de acordo com o europeu. Assim, sempre que algum profissional pretender efetuar mobilidade entre os países, terá de solicitar o pedido à entidade competente e várias coisas podem acontecer: recusar, porque as qualificações não correspondem; aceitar condicionado à obtenção de medidas compensatórias; aceitar plenamente. Esta será uma solução possível, mas apenas se os governos dos países da América Latina o desejarem.

No Brasil, a legislação limita a carga horária semanal de trabalho dos técnicos em 24 horas semanais. Entretanto, por causa dos baixos salários, muitos trabalhadores atuam em dois ou até três empregos, perfazendo até 60 horas por semana. É seguro fazer isso?

Tudo é seguro desde que sejam cumpridas as normas básicas de

segurança emitidas pela Agência Internacional de Energia Atômica, ou seja, que a dose proveniente da exposição ocupacional não ultrapasse os limites definidos na legislação. Para isso, a monitorização individual é de enorme importância.

Quantas horas por semana o senhor considera adequado trabalhar em um equipamento de raios X convencional?

O limite de horas de trabalho semanal não deve, em minha modesta

A entrada da inteligência artificial na área da radiologia vai mudar radicalmente as nossas profissões

opinião, estar indexado ao fato de se trabalhar com o equipamento A ou B. Repito, desde que não sejam ultrapassados os limites de exposição definidos na legislação, a evidência mostra que os perigos são nulos ou reduzidos. O que me parece relevante prende-se com o fato de o profissional da Radiologia estar em condições físicas e psicológicas que lhe permitam prestar cuidados de saúde de qualidade, sem colocar em risco o paciente, minimizando, por isso, o erro. É para isso o limite de horas semanais de trabalho, para garantir que o trabalhador tenha períodos de descanso que lhe permita estar sempre nas melhores condições físicas e psicológicas, para atender pacientes.

Como funciona o mercado de trabalho na área da Radiologia em Portugal?

O Sistema de Saúde Português é complexo de descrever, mas é sem sombra de dúvida um dos pilares da nossa democracia e uma das maiores conquistas da Revolução do 25 de Abril de 1974. A Radiologia em Portugal é prestada por serviços públicos e privados, sendo que o Estado tem convenções com as entidades privadas, permitindo aos pacientes fazer exames nessas entidades sem pagar ou pagando apenas uma taxa moderadora, cabendo ao Estado posteriormente pagar ao privado. Cerca de 60% dos exames radiológicos são feitos nas entidades privadas, através desses sistemas convencionados.

O Sistema de Saúde Português é um verdadeiro *case-study*, uma vez que conseguiu, em 40 anos, passar de um dos piores indicadores de saúde dos países da OCDE (sobretudo, na saúde materno-infantil) para estar agora entre o TOP 20 mundial em termos de qualidade, apesar de, nos últimos 10 anos, a crise financeira a que o país esteve sujeito ter vindo a degradar a situação por falta de investimento em recursos humanos e em equipamentos.

Qual formação é necessária para operar um equipamento de raios X convencional em um hospital português?

A profissão de Técnico de Radiologia em Portugal (nome equivalente a tecnólogo no Brasil) é das mais desenvolvidas do mundo. Assenta num modelo de formação universitária de 4 anos (240 créditos europeus), num curso agora desig-



nado de Imagem Médica e Radioterapia, habilitando estes licenciados a exercer a profissão de Técnico de Radiologia, Técnico de Radioterapia e Técnico de Medicina Nuclear.

Estas profissões são reguladas pelo Estado, sendo que apenas se pode exercer depois de obter a respectiva cédula profissional, que é emitida pela Administração Central do Sistema de Saúde.

O senhor é coautor das primeiras normas de referência para limites de radiação pediátrica na Europa. No que consiste esse trabalho?

As European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging, publicadas pela Comissão Europeia na Radiation Protection Series (RP 185, disponível em: <https://bit.ly/2FoLsHB>), foram desenvolvidas pelas associações europeias representativas dos profissionais envolvidos nas exposições médicas, tais como a European Federation of Radiographer Societies (EFRS, que representa os Tecnólogos), a European Society of Radiology

(ESR, que representa os médicos radiologistas), a European Society of Paediatric Radiology (ESPR, que representa os médicos radiologistas pediátricos) e a European Federation of Organizations for Medical Physics (EFOMP, que representa os físicos médicos).

O estabelecimento e uso dos Níveis de Referência de Diagnóstico (NRD/DRLs) foram recomendadas pela International Commission on Radiological Protection (ICRP) e são uma exigência na União Europeia, através da Diretiva 2013/59/Euratom.

Os NRDs são uma ferramenta fundamental no processo de implementação de um programa de otimização na Radiologia Diagnóstica e de Intervenção. Particular atenção deve ser dada no estabelecimento de NRD na Radiologia Pediátrica, uma vez que as crianças apresentam um risco mais elevado (para alguns órgãos e regiões do corpo), quando comparadas com os adultos.

Estas “*guidelines*” europeias apresentam um conjunto de recomendações sobre como estabele-

cer e usar os NRD na Radiologia Pediátrica, com o objetivo de harmonizar práticas e metodologias no espaço europeu.

Essas normas levaram à redução nas doses de radiação para crianças?

Pela aplicação das metodologias definidas no RP185, conjugadas com a avaliação da qualidade objetiva e subjetiva da qualidade de imagem, desenvolvemos estudos em Portugal que levaram à redução significativa de exposição à radiação em crianças, sem comprometer a qualidade clínica da imagem.

O que o Brasil pode aprender com essa experiência?

O Brasil tem um enorme potencial para a implementação deste tipo de programas de otimização e de redução de dose, uma vez que, pela sua dimensão e heterogeneidade das estruturas prestadoras de cuidados de saúde, qualquer estratégia de harmonização de procedimentos, contribuirão, seguramente, para a redução da dose individual e coletiva dos cidadãos brasileiros.

Nem sempre os níveis de referência são fáceis de traduzir para o público. Como podemos explicar esse assunto de maneira simples para a população entender?

Em Portugal, os NRD estão definidos como: “os níveis de dose nas práticas médicas de radiodiagnóstico ou de radiologia de intervenção; no caso de radiofármacos, os níveis de atividade para exames típicos em grupos de pacientes de tamanho padrão ou em fantasmas, padrão para tipos de equipamento de definição alargada”.

Importa referir que os NRD não são aplicados a exposições individuais, ou seja, não é pelo fato da exposição num determinado paciente ser superior ao NRD definido que qualquer avaliação deve ser efetuada. Isto é um ponto muito importante, uma vez que há alguma confusão a este respeito. No entanto, os NRD devem ser incorporados no processo de auditoria clínica do serviço e aos pacientes deve ser assegurado que o departamento de radiologia tenha integrado no seu *workflow* processos de garantia que os valores de dose de exposição se encontram auditados e avaliados, dando, assim, segurança aos pacientes. É bom nunca esquecer que não há limite de dose nas exposições individuais, desde que as mesmas sejam clinicamente justificadas.

O que o senhor pensa sobre o uso de escâneres corporais que emitem radiação ionizante para fazer controle de acesso em presídios?

Assuntos desta natureza apresentam sempre dilemas éticos, com os quais nem sempre é fácil lidar. Tenho para mim que se tiver de abdicar de alguma liberdade para ter mais segurança, prefiro a segurança. Acho apropriado o uso de qualquer equipamento que permita aumentar os níveis de segurança, desde que o mesmo seja utilizado por profissionais devidamente habilitados e que esteja a operar com os mais elevados padrões de segurança e qualidade. Se assim for, não é expectável surgirem problemas individuais ou coletivos na sociedade.

Existem países onde parece haver o uso indiscriminado do uso de

equipamentos de raios X para fazer segurança. O que o senhor pensa sobre isso?

As sociedades modernas têm uma certa tendência para terem comportamentos “bipolares”: ora não se controla nada, ora se controla de forma indiscriminada. Sou obviamente contra qualquer comportamento e atitude extremista. Sou a favor do bom senso, mas infelizmente é muito difícil regular ou legislar o bom senso. O uso de qualquer fonte de radiação, seja para que fim for, deverá assentar na evidência científica e, sobretudo, respeitar o princípio máximo da ética médica “*primum non nocere*” (primeiro, não prejudicar).

As sociedades modernas têm uma certa tendência para terem comportamentos ‘bipolares’: ora não se controla nada, ora se controla de forma indiscriminada

O que o senhor acha que vai ser da Radiologia daqui a 50 anos? Ainda usaremos raios X no diagnóstico médico?

Muito difícil responder a essa pergunta. 50 anos na escala exponencial a que a tecnologia nos surpreende é demasiado tempo para fazer qualquer tipo de futurologia.

Contudo, tenho algumas convicções pessoais, com base no que leio e do que vou vendo por esse mundo fora.

A entrada da Inteligência Artificial (AI) (novo *sound bite*, que invadiu o nosso mundo) na área da Radiologia vai mudar radicalmente as nossas profissões (quer de tecnólogo, quer de médico radiologista).

Já é visível que a Radiologia está a se comodotizar. A palavra comoditização vem da palavra inglesa “commodity”, que basicamente significa que, aos olhos de um cliente, não há diferença entre o serviço radiológico prestado pela entidade A, B ou C. Se não existe diferença para o cliente, o mesmo certamente irá escolher aquele que lhe ofereça o menor preço ou a melhor oferta.

Temos por isso de forma proativa que antecipar os problemas/desafios da nova era da AI e encontrar soluções que mantenham as nossas profissões vivas.

Os profissionais do futuro vão ter, sem sobra de dúvida, uma intervenção diferente. Os médicos radiologistas vão ter um papel mais relevante na radiologia de intervenção (tratando efetivamente os doentes) e cada vez menos na elaboração de relatórios (laudos), que passarão a ser fornecidos em massa por computadores.

Os equipamentos de Radiologia (*lato sensu*) vão ser cada vez mais automatizados, sendo que o papel dos tecnólogos terá obrigatoriamente de evoluir para a garantia da qualidade da prestação de cuidados e para dar aos pacientes o que a máquina jamais irá substituir: o “*Human Touch*”.



PROTEJA SEU SORRISO

EXAMES NA REGIÃO DA CABEÇA SE FAZ
COM PROTEÇÃO **RADIOLÓGICA**.
SOMENTE UM PROFISSIONAL
COMPETENTE E HABILITADO PODE
GARANTIR A SEGURANÇA DO PACIENTE.

SEJA PACIENTE, NÃO SEJA VÍTIMA.



WWW.**CONTER**.GOV.BR

UMA **CAMPANHA** PELO
EXERCÍCIO LEGAL DA **RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA**

Avaliação dos parâmetros de reconstrução em imagens PET

AUTORIA

Rodrigo Modesto Gadelha Gontijo [*rodrigogadelhagontijo1@hotmail.com*] é tecnólogo em Radiologia, mestre em Radioproteção e Dosimetria e doutorando em Ciência e Tecnologia das Radiações, Materiais e Minerais [CDTN/CNEN]; **Andréa Vidal Ferreira** [*avf@cdtn.br*] é graduada em Física, mestre em Física e doutora em Engenharia de Materiais [UFOP]; **Juliana Batista Silva** [*silvajb@cdtn.br*] é graduada, mestre e doutora em Química [UFMG]; **Marcelo Mamede** [*mamede.m@gmail.com*] é Médico Nuclear e Doutor em Medicina Nuclear

RESUMO

A tomografia por emissão de pósitrons (PET) para pequenos animais é amplamente utilizada em estudos pré-clínicos e uma avaliação abrangente dos métodos de reconstrução e seus parâmetros faz-se necessária para otimizar as imagens obtidas. O objetivo é avaliar os métodos e parâmetros de reconstrução disponíveis no equipamento do CDTN/CNEN e as suas influências no teste de qualidade da imagem. Imagens PET foram adquiridas a partir de um simulador para qualidade da imagem preconizado no NEMA NU 4-2008. O simulador consiste em 3 regiões distintas e foi preenchido com ^{18}F de forma a representar um estudo de corpo inteiro. As imagens foram obtidas e reconstruídas pelo equipamento LabPET 4 da GE e tratadas nos *softwares* AMIDE e PMOD, utilizando os 3 métodos de reconstrução (FBP; MLEM e OSEM) com e sem alta resolução, quando aplicável. As imagens obtidas com os métodos iterativos MLEM e OSEM apresentam menor ruído quando comparadas às reconstruídas pelo método FBP, para qualquer número de iterações. Não há diferenças significativas entre as imagens resultantes dos diferentes métodos MLEM e OSEM e nem entre os programas de análise utilizados. Este estudo foi capaz de conhecer os parâmetros de reconstrução e suas influências na qualidade da imagem para auxiliar os usuários na escolha do método mais adequado para a rotina do serviço.

Palavras-chave:

Qualidade da Imagem; PET; NEMA.

ABSTRACT

Positron emission tomography (PET) for small animals is widely used in preclinical studies and a extensive evaluation of the reconstruction methods and their parameters is necessary to optimize the images obtained. The aim is to evaluate the reconstruction methods and parameters available in the CDTN / CNEN equipment and their influence on the image quality test. PET images were acquired from a simulator for image quality recommended in NEMA NU 4-2008. The simulator consists of 3 distinct regions and was filled with ^{18}F to represent a whole body study. The images were obtained and reconstructed by the LabPET 4-GE equipment and treated in AMIDE and PMOD software, using the 3 methods of reconstruction (FBP; MLEM and OSEM) with and without high resolution, when applicable. The images obtained with the iterative methods MLEM and OSEM present less noise when compared to those reconstructed by the FBP method, for any number of iterations. There are no significant differences between the resulting images of the different MLEM and OSEM methods neither between the analysis programs used. This work was able to know the reconstruction parameters and their influences on image quality to assist users in choosing the most appropriate method for the routine of the service.

Keywords:

Image Quality; PET; NEMA

1. INTRODUÇÃO

A importância da tomografia por emissão de pósitrons (PET) para pequenos animais tem aumentado durante as últimas décadas como uma ferramenta valiosa para estudar modelos animais de doenças humanas e contribuir no desenvolvimento de novos radiofármacos ou em estudos de novas aplicações de radiofármacos tradicionais [1]. Devido à ampla utilização e à disponibilidade comercial de equipamentos microPET, a National Electrical Manufacturers Association (NEMA) publicou sua recomendação padrão - NU 4/2008 [2], uma metodologia consistente e padronizada para medir pa-

râmetros de desempenho de PET para pequenos animais.

No Brasil, existem poucos microPET em uso e uma avaliação abrangente dos métodos de reconstrução e seus parâmetros faz-se necessária para otimizar as imagens obtidas, proporcionando melhor avaliação das análises qualitativas e quantitativas. Assim, o objetivo deste estudo é avaliar os métodos e parâmetros de reconstrução (FBP, MLEM e OSEM) disponíveis no equipamento - LabPET 4 (GE Healthcare Technologies, Waukesha, WI) do CDTN/CNEN e as suas influências no teste de qualidade da imagem (NEMA NU 4-2008).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os experimentos foram realizados no CDTN/CNEN, especificamente no Laboratório de Imagem Molecular (LIM) e com a colaboração da Unidade de Pesquisa e Produção de Radiofármacos (UPPR), que disponibilizou as fontes do ^{18}F -FDG.

Descrição do Sistema

A plataforma TriumphTM é um sistema pré-clínico dedicado à aquisição de imagens de pequenos animais como os roedores. O subsistema LabPET 4 (Figura 1) consiste de um pórtico estacionário com 1536 detectores. Ele emprega um anel detector de Avalanche Photo Diode (APD) que incorpora um conjunto de cintiladores LYSO

(Lutetium ítrio-oxi-silicato de sódio - $\text{Lu}_1.9\text{Y}_0.1\text{SiO}_5$) e LGSO (Lutetium gadolínio oxyorthosilicate - $\text{Lu}_0.4\text{Gd}_1.6\text{SiO}_5$), acoplados opticamente um após o outro [3].



Figura 1. Sistema de Operação LabPET do MicroPET (LIM/CDTN).

Parâmetro	Especificação
Material do Cristal Detector	Par acoplado de LYSO* and LGSO*
Dimensão do Cristal	2.0 x 2.0 x 14 mm ³
Nº de anéis detectores	16
Cristais por anel	64
Nº Total of Crystals	1536 (3072 - LYSO+LGSO)
Campo de Visão Axial (FOV)	37 mm

Tabela 1. Resumo das especificações técnicas do LabPET 4TM. [3]

Os algoritmos de reconstrução de imagens disponíveis no *software* que acompanha o LabPET 4 (CDTN/CNEN) são o retroprojeção filtrada (FBP - filtered backprojection) e os iterativos maximum likelihood expectation maximization (MLEM) e

ordered subset expectation maximization (OSEM). Adicionalmente, o sistema possui a opção de reconstruir as imagens com alta resolução utilizando tamanho do pixel de 0,25mm, ao invés de 0,5mm, como usado no modo habitual.

Simulador de Qualidade da Imagem (NEMA NU4-2008)

O simulador para avaliar a qualidade da imagem (QI) utilizado neste trabalho (Figura 2), é composto por um cilindro de material à base de polimetilmetacrilato (PMMA). Este simulador é dividido em 3 regiões distintas para analisar aspectos na qualidade da imagem, discriminadas na Tabela 2 abaixo e representadas esquematicamente nas Figuras 3 e 4.

Regiões	Representação
1 5 Hastes com diferentes diâmetros	a - Figura 3
2 Uniforme – Central	b - Figura 3
3 2 Câmaras frias (sem radiação)	c - Figure 3

Tabela 2. Regiões do Fantoma de Qualidade da imagem.



Figura 2. Simulador NEMA para Qualidade da Imagem.

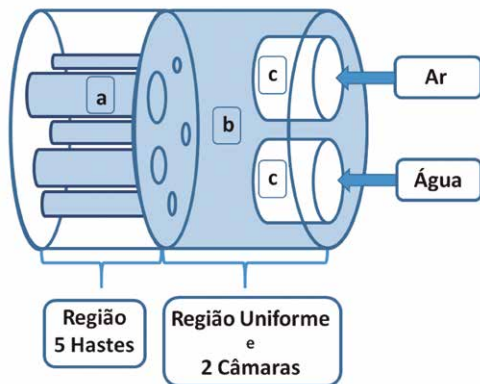


Figura 3. Representação esquemática (1) do simulador de qualidade da imagem.

A primeira região (a) do corpo do simulador é sólida, com 5 hastes/cilindros preenchíveis com diâmetros de 1, 2, 3, 4 e 5 mm. Estas hastes são importantes para determinar o coeficiente de recuperação (CR), definido como a razão entre a concentração de atividade medida nas hastes e a concen-

tração de atividade medida na região principal, uniforme. [2]

A região uniforme, intermediária (b), é utilizada para determinar a concentração de atividade média, máxima e mínima e seu respectivo desvio padrão percentual (% DP) como uma medida do ruído. [2]

A terceira região (c) do corpo do fantoma consiste em uma câmara cilíndrica preenchível com 2 compartimentos também cilíndricos, um preenchido com ar e outro com água não radioativa. Estes dois compartimentos “frios” são utilizados para determinar a razão spillover (SOR) no ar e na água, definido como a concentração de atividade em cada compartimento frio relativo à concentração de atividade média na região central quente. [2]

Ambas as regiões RC e SOR são teoricamente limitadas entre 1 e 0, sendo que $0 < RC \leq 1$ e $0 \leq SOR < 1$. [6]

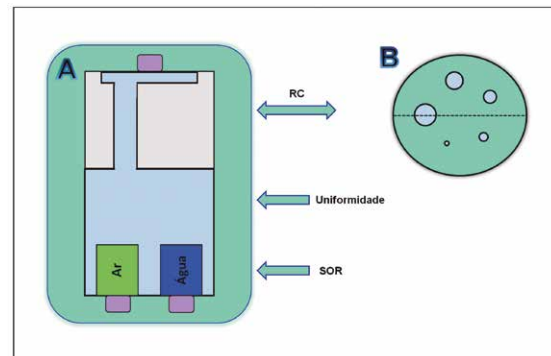


Figura 4. Representação esquemática (2) do simulador de qualidade da imagem.

Procedimentos de aquisição e tratamento das imagens

Todo o fantoma de QI, exceto câmaras frias, foi preenchido com 3,7 MBq (100 μ Ci) de ^{18}F -FDG (no início da varredura), para uma aquisição de 20 minutos. Foi colocado no centro do FOV e medido com o protocolo típico de imagem de corpo inteiro usado no LIM/CDTN (Figura 5).



Figura 5. Aquisição do Fantoma de Qualidade da Imagem no LabPET 4 - LIM/CDTN.

Antes da medição, o simulador foi limpo e verificado quanto a qualquer atividade remanescente do experimento anterior. Normalização e correções aleatórias foram aplicadas aos dados adquiridos antes da reconstrução da imagem.

As imagens foram obtidas e reconstruídas pelo equipamento LabPET 4 da GE e tratadas nos softwares AMIDE (Activity and Internal Dose Estimate) e PMOD (Technologies), uti-

lizando os 3 métodos de reconstrução (FBP; MLEM e OSEM) com e sem alta resolução (AR), quando aplicável. Um estudo comparativo entre os diferentes métodos e quantidade de iterações (i) (10i a 100i – em intervalos de 10 unidades –, 120i e 150i) foi realizado com intuito de obter o parâmetro de reconstrução que forneça a melhor imagem para análise de qualidade da imagem no equipamento em estudo.

RESULTADOS

Uniformidade

A Figura 6 apresenta imagens típicas da região central do fantoma, onde é realizado o teste de uniformidade,

e seus respectivos perfis lineares para os dois softwares utilizados.

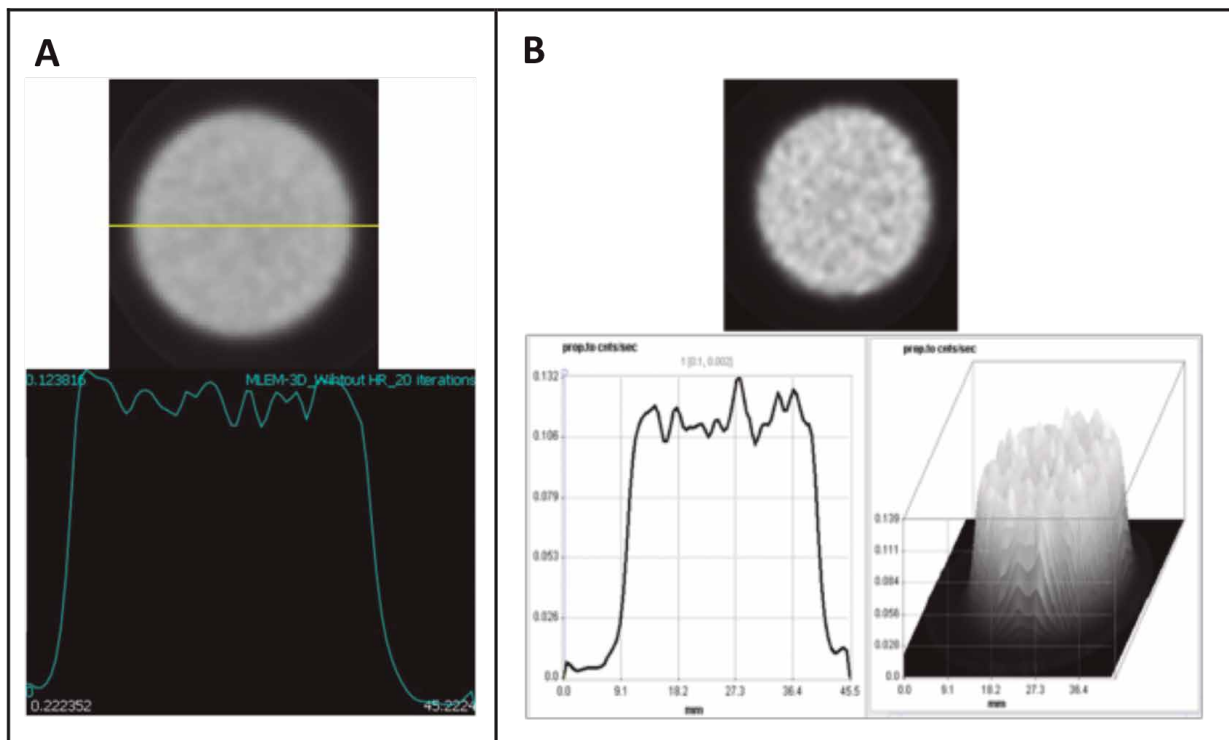


Figura 6. A) Imagem do plano transversal da região uniforme (acima) e o perfil linear através da região uniforme do fantoma QI-NEMA (abaixo), utilizando AMIDE. B) Imagem do plano transversal da região uniforme (acima) e o perfil linear através da região uniforme e respectivo gráfico 3D do fantoma QI-NEMA (abaixo), utilizando PMOD.

Os resultados para uniformidade média (kBq/mL), obtidos com os métodos iterativos MLEM e OSEM, com e sem alta resolução, com diferentes quantidades de iteração, estão representados na Figura 7, para os softwares usados AMIDE e PMOD respectivamente.

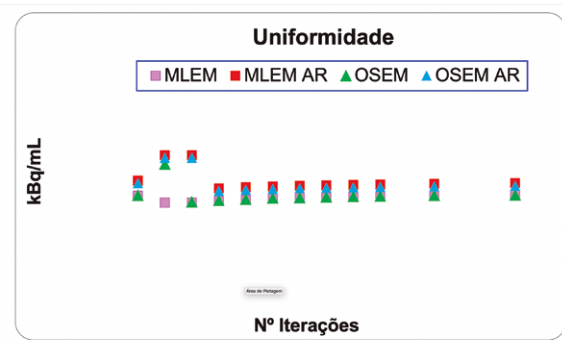
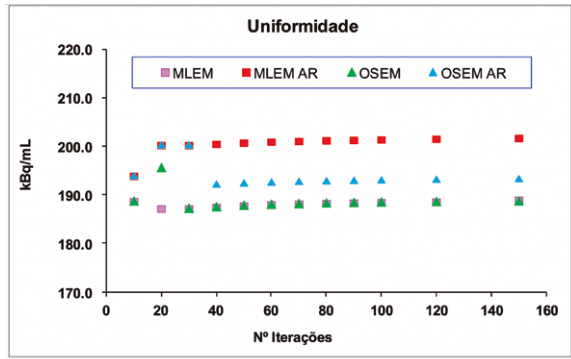


Figura 7. Uniformidade (MLEM e OSEM, sem e com Alta Resolução). Nota: (10i a 100i – intervalos de 10 unidades; 120i e 150i). AMIDE e PMOD respectivamente.

Os desvios padrão percentuais da uniformidade obtidos para os 3 métodos de reconstrução podem ser visualizados na Figura 8.

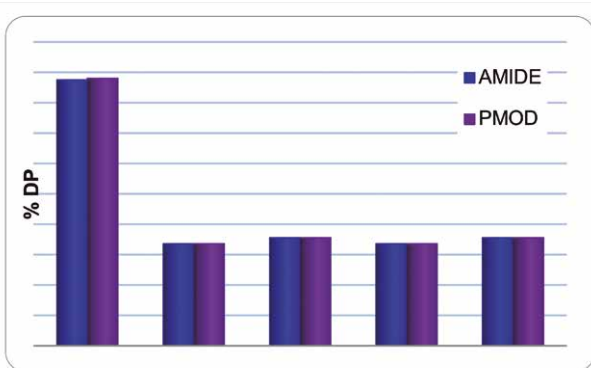


Figura 8. Desvios padrão percentuais da uniformidade para FBP; MLEM e OSEM, sem e com Alta Resolução para os diferentes programas.

Razão Spillover

A Figura 9 apresenta uma imagem transversal típica do fantoma QI, mostrando a região das 2 câmaras frias, onde foi avaliado o parâmetro razão spillover (SOR).

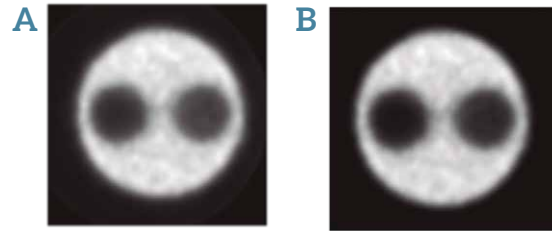


Figura 9. Imagem do simulador QI-NEMA mostrando o plano transverso da região de 2 câmaras frias. A) AMIDE. B) PMOD.

Os resultados de SOR obtidos para os métodos iterativos MLEM e OSEM, com e sem alta resolução e diferentes quantidades de iteração estão representados a seguir, na Figura 10, usando o software AMIDE e PMOD respectivamente.

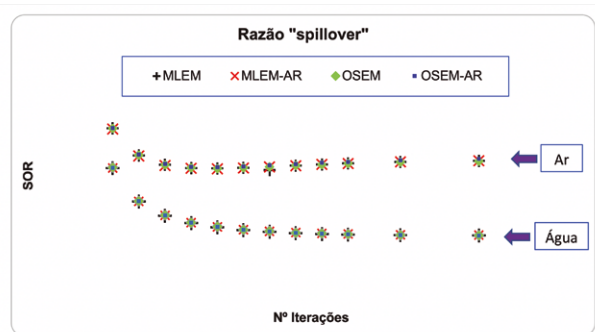
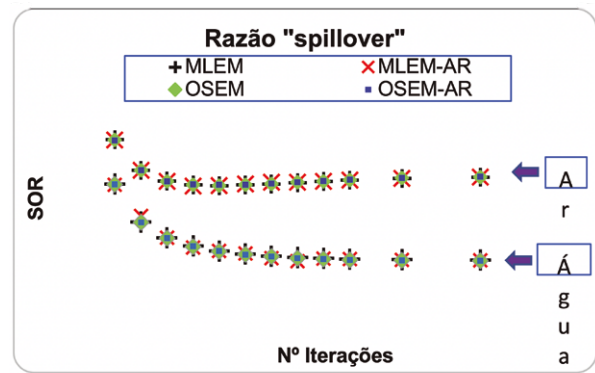


Figura 10. SOR para Ar e Água (MLEM e OSEM, sem e com AR); Nota: (10i a 100i – intervalos de 10 unidades; 120i e 150i). AMIDE e PMOD respectivamente.

Coeficientes de Recuperação

A Figura 11, a seguir, representa uma imagem típica da região das 5 hastas distribuídas radialmente com diferentes diâmetros, região essa onde são realizadas as análises de coeficientes de recuperação.

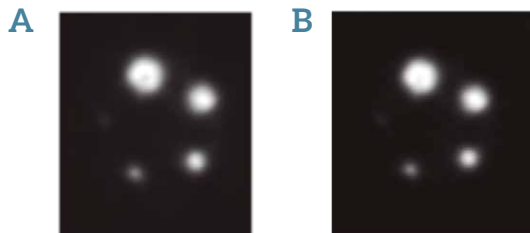


Figura 11. Imagem do simulador QI-NEMA mostrando o plano transversal da região de 5 hastas. Nota: A) AMIDE. B) PMOD.

Os resultados dos coeficientes de recuperação obtidos para o método analítico e métodos iterativos MLEM e OSEM com e sem alta resolução, com 20 iterações, estão representados na Figura 12 utilizando o programa AMIDE e PMOD respectivamente.

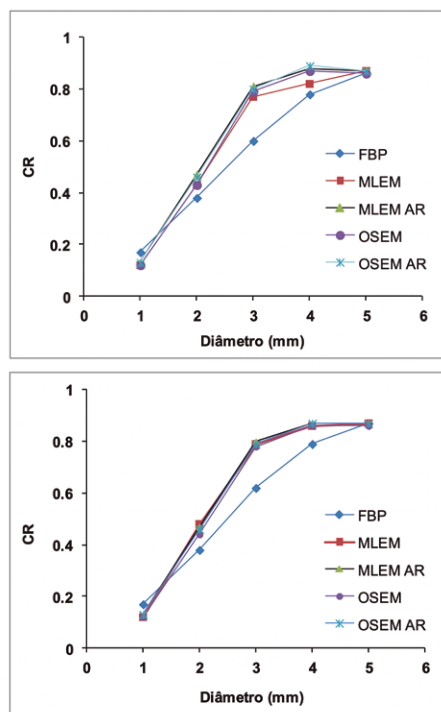


Figura 12. CR (FBP; MLEM e OSEM, sem e com AR – 20i) AMIDE e PMOD.

DISCUSSÃO

O método de reconstrução analítico apresentou maior desvio percentual (FBP: 14,4 %STD) para a região uniforme quando comparado aos métodos iterativos (MLEM e OSEM: 6,7 %STD;).

Os valores (SOR) das razões entre câmaras frias (Água e Ar) e região quente (uniforme) permanecem praticamente estáveis após 20 iterações (0,12 para a água e 0,26 para o ar),

mas em contrapartida o desvio padrão percentual aumenta constantemente.

Os coeficientes de recuperação para diâmetros de 1 a 5 mm variam de 0,17 a 0,86 pelo método FBP; 0,07 a 0,83 e 0,09 a 0,84 pelo método MLEM sem e com alta resolução, respectivamente, com 10 iterações; 0,30 a 0,98 e 0,36 a 0,99 pelo método MLEM sem e com alta resolução, respectivamente, com 150 iterações; 0,08 a 0,85 e 0,08 a 0,86 pelo método OSEM sem e com alta resolução, respectivamente, com 10 iterações; 0,30 a 0,94 e 0,34 a 0,97 pelo método OSEM sem e com alta resolução, respectivamente, com 150 iterações.

Observou-se também que não há diferenças significativas entre as imagens resultantes dos diferentes métodos iterativos MLEM e OSEM e nem entre os programas de análise utilizados.

CONCLUSÃO

As imagens obtidas com os métodos de reconstrução iterativos MLEM e OSEM apresentam menor ruído quando comparadas às imagens reconstruídas pelo método FBP, para qualquer número de iterações. Os resultados demonstram também que uma maior quantidade de iterações pode ser útil para recuperar atividade de estruturas pequenas, mas ao custo de maiores incertezas. Este estudo foi capaz de conhecer os parâmetros de reconstrução e suas influências na qualidade da imagem para auxiliar os usuários na escolha do método mais adequado para a rotina do serviço.

REFERÊNCIAS

1. R. Yao, R. Lecomte, E. Crawford. "Small-Animal PET: What is it, and why do we need it?" *Journal of Nuclear Medicine Technology*. Vol. 40 n°3, pp.157-165 (2011).
2. National Electrical Manufacturers Association. "Performance Measurements of Small Animal Positron Emission Tomographs". Rosslyn VA; 2008 Standards Publication NU 4-(2008).
3. GE Healthcare Technologies, "Triumph Service Guide Technical Publication". Revision Draft 6, Copyright. <http://www.gehealthcare.com> (2011).
4. M. A. Tretault, et al. "System architecture of the LabPET small animal PET scanner" *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Vol.55, pp. 2546-2550, (2008).
5. R. Fontaine, et al. "The hardware and signal processing architecture of LabPETTM, a small animal APD-based digital PET scanner" *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Vol. 56, pp. 3-9, February (2009).
6. J. A. Disselhorst, et al. "Image-Quality Assessment for several Positron Emitters using the NEMA NU 4-2008 Standards in the Siemens Inveon Small-Animal PET Scanner" *The Journal of Nuclear Medicine*. Vol. 51 n°4, pp. 610-617. April (2010).
7. H. Zaidi and O. Ratib. "NEMA NU-04-based Performance Characteristics of the LabPET-8TM Small Animal PET Scanner" *IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record*. pp. 3654-3660 (2011).

Alterações em bananas e goiabas após irradiação por equipamento odontológico de raios X

AUTORES

Simone Mattos dos Santos [simonemattosantos@gmail.com], tecnóloga em Radiologia (Unigranrio); Ronaldo Saturnino da Silva [ronaldo.saturnino@hotmail.com], tecnólogo em Radiologia (Unigranrio); Juliana Silva de Oliveira [julianaoliveirarad@gmail.com], especialista em proteção radiológica em aplicações médicas (Facab); Alexandre dos Santos Gomes [alexandre.gomes@unigranrio.edu.br], tecnólogo em Radiologia (Unigranrio) e especialista em proteção radiológica em aplicações médicas (Facab)

RESUMO

O artigo propõe uma discussão sobre a irradiação de frutas a baixas doses de radiação ionizante, produzidas por meio de equipamento radiológico odontológico. O objetivo é identificar se a baixa faixa energética dos raios X é suficiente para alterar o tempo de maturação ou apodrecimento das goiabas e das bananas, entre outros aspectos desse tipo de procedimento. Os resultados da experiência indicam a destruição de agentes biológicos, como bactérias e outros microrganismos, sem comprometer a qualidade e o valor nutricional dos alimentos, contribuindo, assim, para a segurança nutricional da população.

Palavras-chave: Irradiação de alimentos, irradiação de bananas e goiabas, efeitos de raios X de baixa energia.

RESUMEN

El artículo propone una discusión sobre la irradiación de frutas a bajas dosis de radiación ionizante, producidas por medio de equipo radiológico odontológico. El objetivo es identificar si la baja banda energética de los rayos X es suficiente para alterar el tiempo de maduración o pudrición de las goiabas y de los plátanos, entre otros aspectos de ese tipo de procedimiento. Los resultados de la experiencia indican la destrucción de agentes biológicos, como bacterias y otros microorganismos, sin comprometer la calidad y el valor nutricional de los alimentos, contribuyendo así a la seguridad nutricional de la población.

Palabras clave: Irradiación de alimentos, irradiación de plátanos y goiabas, efectos de rayos X de baja energía.

INTRODUÇÃO

Irradiação de alimentos é um processo em que estes, embalados ou a granel, são submetidos a doses controladas de radiação ionizante (ANVISA, 2016). A principal vantagem é a destruição de agentes biológicos como bactérias e outros microrganismos, trazendo maior segurança ao consumo do alimento e mantendo por mais tempo suas características, sem perda significativa dos seus nutrientes (ALMEIDA, 2016).

O objetivo desse trabalho foi verificar se a baixa faixa energética dos raios X emitidos por equipamento odontológico do tipo periapical é capaz de gerar algum tipo de alteração no tempo de maturação e/ou apodrecimento de frutas como bananas e goiabas.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia incluiu a compra de bananas e goiabas verdes, transportadas imediatamente ao Laboratório de Radiologia Odontológica da Universidade do Grande Rio

(Unigranrio), para exposição no equipamento de raios X odontológico do tipo periapical existente na instalação. Foi separado um pequeno lote de bananas a ser irradiado

e outro a não ser, caracterizando este último o grupo controle. O mesmo ocorreu com duas goiabas. Foi realizada uma exposição para cada tipo de fruta em 07/06/2016 às 14h35min. Os fatores de exposição radiológico utilizados

no painel de comando foram uma tensão de 70 quilovolts e um produto corrente-tempo de 15 miliamper-segundo. Foram observadas e registradas as características das frutas, tais como cor e textura, durante 17 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se, no 14^o dia, que as bananas do grupo controle apresentaram cor mais amarelada e maior quantidade de pontos de cor marrom, indicando alto grau de amadurecimento e ao final do tempo estipulado mostraram apodrecimento. As

bananas irradiadas apresentaram coloração marrom, porém sem quaisquer sinais de apodrecimento. As goiabas, irradiada e de controle, mostraram-se apodrecidas ao final dos 17 dias, no entanto a de controle em um grau mais elevado.

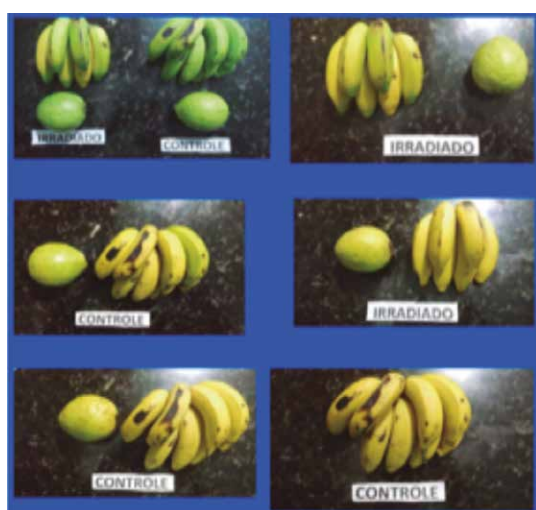


Figura 1. Frutas com até 7 dias após a irradiação



Figura 2. Frutas com até 17 dias após a irradiação.

CONCLUSÕES

Conclui-se que mesmo a baixa faixa energética do feixe emitido pelo equipamento odontológico periapical é capaz de alterar o tempo de amadurecimento e apodrecimento das frutas, embora com pouco impacto. Justamente por esse motivo, cabe ressaltar sua não utilidade para fins comerciais, mas, sim, experimentais.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, A.P.G. Avaliação da influência do processo de irradiação em especiarias utilizando a técnica de difração de raios X. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://antigo.nuclear.ufrj.br/MSc%20Dissertacoes/Ana%20Paula/Prog_Eng_Nuclear_Dissert_Ana_Paula_Setembro_2006.pdf> Acesso em: 01 Jun. 2016.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Regulamento Técnico para irradiação de alimentos. Rio de

Janeiro, janeiro, 2001 (RDC 21). Disponível em: <<http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/index.php/download/category/180-alimentos-irradiados>> Acesso em: 29 Maio. 2016.

3. BUSHONG, S. C. Ciência Radiológica para Tecnólogos. 9^o edição, Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
4. NOBREGA, A. I. (Org.), et al. Tecnologia Radiológica e Diagnóstico por imagem. São Paulo: Difusão, 2007.
5. TAUHATA, L. et al. Radioproteção e dosimetria. Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD. 10^a revisão, Rio de Janeiro, 2014.
6. XAVIER, A. M. et al. Princípios básicos de segurança e proteção radiológica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Comissão Nacional de Energia Nuclear - UFRGS e CNEN. 4^a edição, 2014.

Aquisição e análise quantitativa de imagens PET em camundongos saudáveis utilizando o radiofármaco ^{11}C -Metionina

AUTORES

Kristian Ellon de Melo Oliveira [kristianellon2010@hotmail.com], tecnólogo em Radiologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); **Carlos Malamut** [malamut@cdtn.br], bacharel em Física (UFMG), mestre em Matemática (PUC-RJ) e doutor em Física (PUC-RJ); **Marina Bicalho Silveira** [mbs@cdtn.br], graduada em Farmácia (UFMG), mestre e doutora em Ciência e Tecnologia das Radiações (CDTN/CNEN); **Rodrigo Modesto Gadelha Gontijo** [rodrigogadelhagontijo1@hotmail.com], tecnólogo em Radiologia (CEFET-MG), mestre em Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN) e doutorando (CDTN/CNEN)

RESUMO

A ^{11}C -Metionina é o radiofármaco mais utilizado em oncologia cerebral através da Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET). Devido à alta atividade proliferativa das células tumorais, o transporte transmembrana de aminoácidos é elevado, o que implica em captação diferenciada do radiofármaco pelos tumores. No Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), estão sendo iniciados os estudos pré-clínicos utilizando a ^{11}C -Metionina. O objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil de captação da ^{11}C -Metionina através da técnica de imagem PET. A ^{11}C -Metionina foi sintetizada utilizando-se o módulo automático TRACERlab FX C PRO (GE). Os estudos foram feitos com camundongos Balb/c machos, saudáveis, com idades entre 3 e 5 semanas e pesando entre 20 e 25g. Os camundongos (n=3) receberam de 11 a 13 MBq/100 μL de ^{11}C -Metionina e foram mantidos anestesiados com isoflurano. Logo após injeção do radiofármaco, os animais foram posicionados em decúbito ventral. Imagens dinâmicas de 30 minutos foram adquiridas em uma única posição de cama. Outro camundongo (n=1) foi submetido à aquisição de imagem estática em três posições de cama para avaliação da distribuição de corpo inteiro. O software do PET foi empregado para reconstrução das imagens utilizando o método MLEM-2D. Estudos de quantificação foram realizados por meio do software PMOD a partir do fator de calibração determinado através de uma imagem de fantoma. Dados foram expressos em %DI/g. O órgão que apresentou maior captação foi o pâncreas, com 13,6 %DI/g no tempo de 30 minutos após injeção. A ^{11}C -Metionina também se acumulou em outros órgãos da região abdominal: fígado, estômago, baço e intestino, com captações

ABSTRACT

^{11}C -Methionine is the most widely used radiopharmaceutical in cerebral oncology through Positron Emission Tomography (PET). Due to the high proliferative activity of tumor cells, the transmembrane transport of amino acids is high, which implies in differentiated uptake of the radiopharmaceutical by the tumors. In the Nuclear Technology Development Center (CDTN) pre-clinical studies are being initiated using ^{11}C -Methionine. The aim of this work was to evaluate the uptake profile of ^{11}C -Methionine through the PET imaging. The ^{11}C -Methionine was synthesized using the TRACERlab FX C PRO (GE) automated modulus. The studies were done with healthy male Balb/c mice, aged between 3 and 5 weeks and weighing between 20 and 25g. Mice (n = 3) received 11 to 13 MBq/100 μL of ^{11}C -Methionine and were anesthetized with isoflurane. Soon after injection of the radiopharmaceutical, the animals were positioned in the ventral decubitus position. Dynamic images of 30 minutes were acquired in a single bed position. Another mouse (n = 1) was submitted to the acquisition of static image in three bed positions to evaluate the distribution of the whole body. PET software was used to reconstruct the images using the MLEM-2D method. Quantification studies were performed using the PMOD software from the calibration factor determined through a phantom image. Data were expressed as % DI/g. The organ that presented the highest uptake was the pancreas, with 13.6 %DI/g in the time of 30 minutes after injection. ^{11}C -Methionine also accumulated in other organs of the abdominal region: liver, stomach, spleen and intestine, with maximum uptakes of 11.4, 8.8, 7.7 and 5.8% DI/g, respectively.

máximas de 11,4, 8,8, 7,7 e 5,8 %DI/g, respectivamente. Tecidos como músculo e osso apresentaram valores de cerca de 2,0 % DI/g. A captação na região cerebral foi comparável ao background. Apesar de algumas limitações, foi possível acompanhar o perfil de captação do radiofármaco nos principais órgãos. A princípio, a ^{11}C -Metionina não deve ser indicada para estudos de órgãos ou tecidos da região abdominal, devido à alta captação fisiológica. A análise da imagem leva à confirmação da baixa captação cerebral da ^{11}C -Metionina, propriedade que permite a aplicação deste radiofármaco na detecção de tumores cerebrais. A imagem PET é uma ferramenta valiosa que possibilita investigações de forma não invasiva em pequenos animais. Entretanto, ainda são necessárias melhorias nos protocolos de aquisição das imagens.

Palavras-Chave: PET, ^{11}C -Metionina, Biodistribuição.

Tissues such as muscle and bone presented values of about 2.0% ID/g. The uptake in the brain region was comparable to background. Despite of some limitations, it was possible to follow the profile of radiopharmaceutical capture in the main organs. In principle, ^{11}C -Methionine should not be indicated for studies of organs or tissues of the abdominal region due to the high physiological uptake. The analysis of images confirms the low cerebral uptake of ^{11}C -Methionine, a property that allows the application of this radiopharmaceutical in the detection of brain tumors. PET imaging is a valuable tool that enables noninvasive investigations of small animals. However, improvements to the image acquisition protocols are still required.

Palavras-Chave: PET, ^{11}C -Methionine, Biodistribuição.

INTRODUÇÃO

O radiofármaco mais amplamente utilizado pela Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) é o Fluordesoxiglicose (FDG) marcado com flúor-18, um marcador de metabolismo celular que possui alta sensibilidade para o diagnóstico e o estadiamento de diversos carcinomas [1]. Porém, nem todos os carcinomas apresentam alto consumo de glicose e, além disso, o uso de ^{18}F FDG em PET tem limitações, como alta taxa de excreção urinária interferindo com a detecção de tumores na região pélvica; alta captação em inflamação e alta captação cerebral fisiológica, o que reduz o contraste tumor/background [2]. Assim, para otimizar a detecção de células neoplásicas, é necessário desenvolver novos radiofármacos direcionados para alvos moleculares estratégicos que sirvam como marcadores tumorais [3].

O radionuclídeo ^{11}C é um elemento importante em radiofarmácia e radioquímica por estar presente nas biomoléculas e, portanto, extremamente adequado para ser usado na marcação destes, uma vez que não altera a estrutura química e tampouco as propriedades bioquímicas do composto. A meia-vida física do ^{11}C é de 20,4 minutos, tendo sua partícula β^+ energia máxima de 0,96 MeV [4].

Entre as biomoléculas, destacam-se os aminoácidos, cada vez mais utilizados como marcadores tumorais na área de radiodiagnóstico. Os aminoácidos são captados por células tumorais devido à elevada atividade metabólica em relação às células normais e podem, por

exemplo, ser incorporados às proteínas, metabolizados para obtenção de energia e divisão celular [5].

A L-[Metil-(^{11}C)] Metionina ou ^{11}C -Metionina é um radiotraçador amplamente utilizado em neuro-oncologia. Células tumorais superexpressam os receptores de metionina e, portanto, captam com maior intensidade o radiofármaco. Além disso, esse radiofármaco atravessa a barreira hematoencefálica não apresentando captação significativa pela massa cinzenta, o que permite a aquisição de imagens PET com alto contraste, aprimorando o diagnóstico de tumores cerebrais [6].

Recentemente, um sintetizador automático para produção de radiofármacos marcados com ^{11}C foi instalado no CDTN. Seguindo a mesma linha de pesquisa implementada para a ^{18}F -colina (colina marcada com flúor-18) e ^{18}F -timidina (timidina marcada com flúor-18), a UPPR do CDTN desenvolveu o processo de síntese e os controles de qualidade necessários para a produção de um novo radiofármaco, a ^{11}C -Metionina. A etapa a seguir é a execução de ensaios pré-clínicos com este radiofármaco visando inicialmente seu uso em pesquisas clínicas e, futuramente, o registro junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Os radiofármacos enquadrados como medicamentos radiofármacos novos ou inovadores devem ser submetidos a ensaios *in vitro* e *in vivo* para avaliação de sua segurança como requisito para o registro [7].

METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, o protocolo de desenvolvimento da pesquisa foi submetido à avaliação do Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), sendo aprovado e resguardado pelo Parecer No 132/13.

As atividades foram desenvolvidas no laboratório da Unidade de Pesquisa e Produção de Radiofármacos – UPPR do CDTN. O Laboratório de Imagens (LIM),

conta com um equipamento PET para pequenos animais da GE, cujo sistema operacional utilizado é o *software* LabPET versão 1.12.0. O sistema LabPET permite a aquisição e reconstrução das imagens. No entanto, o *software* utilizado para a quantificação das imagens foi o Pmod e as imagens foram salvas no formato DICOM.

O sistema de entrega de base anestésico utilizado consiste de uma fonte de oxigênio - O₂; um medidor de fluxo de O₂; um vaporizador de precisão, que produz um vapor de um líquido anestésico volátil; um circuito de respiração do paciente (tubagem, conectores e válvulas) e um dispositivo que remove todos os gases anestésicos. O anestésico utilizado foi o isoflurano em concentrações variáveis de 1 a 3%. Durante o processo de anestesia, o O₂ flui através do vaporizador e associa-se ao anestésico. A mistura de O₂-isoflurano flui através do circuito de respiração e em seguida para dentro dos pulmões do camundongo, por geralmente ventilação espontânea (respiração).

Os camundongos utilizados são da linhagem Balb/C, albinos, sociáveis; podendo ser mantidos em grupos no interior de gaiolas. São úteis para a investigação de cancro e imunologia, possuem alta atividade locomotora espontânea e alta taxa de micção e defecação. Foram utilizados 04 camundongos, machos, sadios, com cerca de 3 a 5 semanas, pesando entre 20 a 25g. Os animais foram provenientes do Centro de Bioterismo do ICB/UFMG.

O radiofármaco ¹¹C-Metionina foi manipulado na sala de preparação de material radioativo, para administrar uma atividade (dose) entre 11MBq e 13MBq/100 µL. Após a sedação, os animais (n=4), individualmente, foram posicionados no PET em decúbito ventral e envolvidos por um sistema de aquecimento com o propósito de manter a temperatura corporal do animal estável. Iniciadas as imagens, um animal (n=1) foi submetido a uma aquisição de corpo inteiro (Figura 1)

ao nível de estudos do cérebro (captação cerebral) e da cauda (extravazamento por via de administração), sendo realizadas 3 posições de cama e os outros animais (n=3), com aquisição dinâmica de 30 minutos e com o campo de visão (FOV) abrangendo a região do tórax e do abdômen em um única posição de cama, e no momento da reconstrução, frames (imagens estáticas) de 5, 10, 20 e 30 minutos foram reconstruídos.

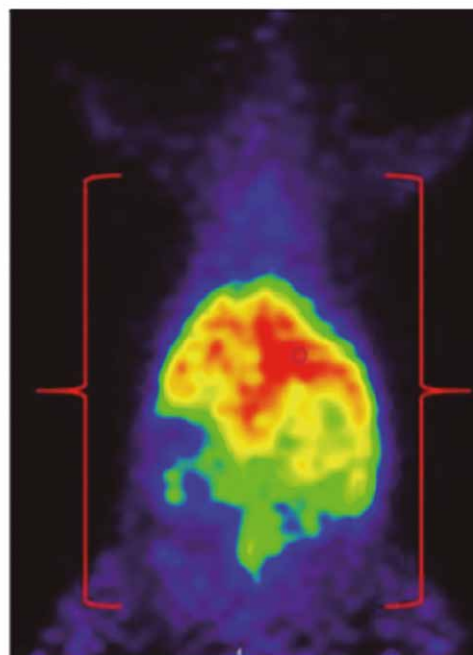


Figura 1. Imagem PET de um camundongo (corpo inteiro) com ¹¹C-Metionina.

Durante todo o processo de aquisição da imagem, os camundongos foram mantidos anestesiados, 1 a 3% de isoflurano em 2% de oxigênio. Os movimentos respiratórios dos animais estiveram monitorados durante todo o tempo de aquisição das imagens e mantidos dentro da faixa de 30 a 50 respirações por minuto.

Após a aquisição das imagens, os animais foram sacrificados (deslocamento cervical) e colocados juntamente com as carcaças dos demais animais utilizados e em seguida colocados em sacos plásticos brancos apropriados e armazenados em freezer exclusivo para material radioativo, para posterior recolhimento por empresa especializada.

RESULTADOS

A Figura 2 refere-se a um gráfico apresentando os dados após análise (n=3 animais em cada tempo) e é possível concluir que o pâncreas possui maior captação em relação aos outros órgãos em todos os tempos investigados com 13,6 %DI/g.

O radiofármaco em estudo também descreveu captação em outros órgãos da região abdominal: fígado, estômago, baço e intestino, com captções máximas de

11,4; 8,8; 7,7 e 5,8 %DI/g, respectivamente. E com um valor inferior a 2 %DI/g, o músculo e o osso ilustraram uma baixa captação do radiofármaco no estudo de biodistribuição pela imagem PET.

O cérebro não foi estudado uma vez que apresentou captação ao nível de background (BG). Já a cauda foi quantificada qualitativamente para comprovar o não extravasamento do radiofármaco.

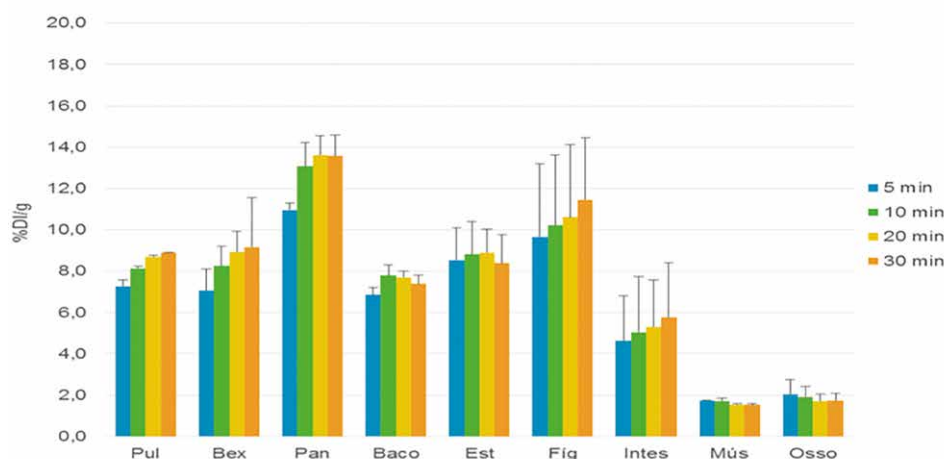


Figura 2. Biodistribuição da ^{11}C -Metionina por imagens microPET

Ao comparar os dois primeiros tempos (5 e 10 minutos) percebe-se um crescimento na captação da ^{11}C -Metionina nos tecidos da região tóraco-abdominal no decorrer do tempo.

O mesmo fenômeno acontece quando se compara o tempo de 10 minutos com o tempo de 20 minutos. Porém, no tempo de 30 minutos, o baço e o estômago descreveram uma leve queda em relação ao tempo de 20 minutos

descrevendo uma captação 7,4 e 8,4 %DI/g, respectivamente.

O tempo de 5 minutos, quando comparado ao tempo de 30 minutos, apresentou um valor de %DI/g inferior para os tecidos/órgãos como pulmão, bexiga, pâncreas, baço, fígado e intestino. Também foi realizada uma quantificação qualitativa (Figura 3) das imagens PET a fim de observar os níveis de captação do radiofármaco ao longo de cada tempo.

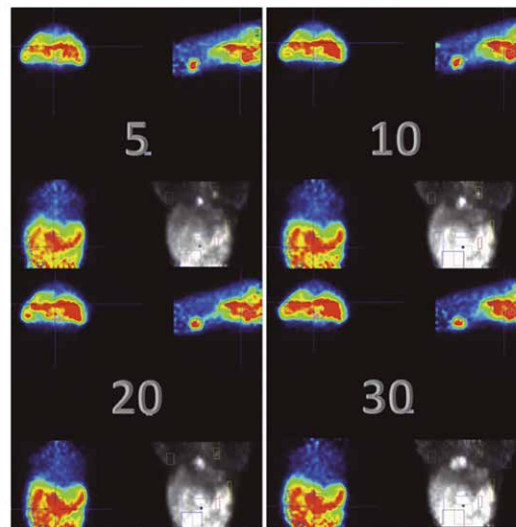


Figura 3. Quantificação qualitativa da ^{11}C -Metionina em camundongo.

DISCUSSÃO

O estudo obteve informações relevantes para a procedência da pesquisa, fornecendo dados e informações que poderão ser utilizadas ou até mesmo aprimoradas por outras pesquisas.

O pâncreas demonstrou uma enorme afinidade com o radiofármaco em análise se mantendo sempre captante, o que não é muito fácil demonstrar visivelmente nas imagens pré-clínicas do PET, devido ao fato de seu formato e sua localização anatômica afetarem no delineamento, mesmo assim foi possível

quantificá-lo. O fígado foi o segundo órgão com maior desempenho na captação da metionina, sendo de mais fácil localização e quantificação que o pâncreas.

O músculo e o osso foram os tecidos com o menor índice de captação ao radiofármaco. O que fica visivelmente bem demonstrado nas imagens PET, uma vez que nenhum dos dois tecidos apresenta captação.

O coração e a bexiga descreveram resultados interessantes, o que já era esperado quando se analisa tecidos/órgãos com atividade metabólica ativa.

REFERÊNCIAS

1. N. GRAF, et al. "Imaging Proliferation to Monitor Early Response of Lymphoma to Cytotoxic Treatment", *Molecular Imaging and Biology*, Vol. 10 (6), pp. 349-55 (2008).
2. CHEN, W. "Clinical Applications of PET in Brain Tumors", *The Journal of Nuclear Medicine*, Vol. 48, pp. 1468-1481 (2007).
3. K. KUBOTA et al., "Comparison of ^{18}F -fluoromethylcholine and 2-deoxy-D- glucose in the distribution of tumor and inflammation". *Annals of Nuclear Medicine*, Vol. 20, pp. 527-533 (2006).
4. SCHLYER, D. J. "PET Tracers and Radiochemistry", *Annals Academy of Medicine Singapore*, Vol. 33, pp. 146-154 (2004).
5. M. H. SAIER et al., Neutral amino acid transport systems in animal cells: potential targets of oncogene action and regulators of cellular growth, *The Journal of Membrane Biology*, Vol. 104, pp. 1-20 (1988).
6. P. L. JAGER et al., "Radiolabeled amino acids: basic aspects and clinical applications in oncology", *The Journal of Membrane Biology*, Vol. 42, pp. 432-445 (2001).
7. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. "Guia para a condução de estudos não clínicos de segurança necessários ao desenvolvimento de medicamentos", 1a ed., Brasília, (2010).

A relevância dos raios X no diagnóstico da tuberculose

AUTOR

Flávio Félix da Silva [flaviofelix13@hotmail.com], aluno do curso de tecnologia em Radiologia da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas (Uncisal)

RESUMO

A tuberculose pulmonar é uma doença infecciosa, causada pela bactéria *Mycobacterium tuberculosis*, podendo ser encontrada em um terço da população mundial. É dividida em primária e secundária. A primária acomete indivíduos que nunca tiveram contato com o bacilo e a secundária é desenvolvida a partir de uma nova infecção. A radiografia do tórax é o método de imagem utilizado na avaliação inicial e no acompanhamento da doença. De forma geral, as alterações radiológicas são a fiel tradução dos eventos etiopatogênicos desencadeados a partir do contágio. Este estudo irá identificar a importância do raio X no diagnóstico da tuberculose. Conclui-se que a radiografia é o primeiro método escolhido para o diagnóstico da tuberculose, porém, não é muito fidedigno, sendo necessário a realização de novos métodos diagnósticos.

Palavras-chave

Tuberculose, Raio-X, Diagnóstico.

ABSTRACT

Pulmonary tuberculosis is an infectious disease caused by the bacterium *Mycobacterium tuberculosis*, which can be found in a third of the world population. It is divided into primary and secondary, where the primary one affects individuals who have never had contact with the bacillus and the secondary one is developed from a new infection. Chest X-ray is the imaging method used in the initial assessment and follow-up of the disease. In general, radiological changes are the faithful translation of the etiopathogenic events triggered by the contagion. This study will identify the importance of x-rays in the diagnosis of tuberculosis. It is concluded that radiography is the first method chosen for the diagnosis of Tuberculosis, but it is not very reliable, and it is necessary to perform new diagnostic methods.

Key words

Tuberculosis, X-ray, Diagnosis.

INTRODUÇÃO

A tuberculose é uma das três principais causas de morte por doença infecciosa em adultos no mundo (GOMES, 2005), o que representa cerca de dois milhões de mortes, além do acometimento de aproximadamente oito milhões de pessoas por ano (KUMAR, 2010). No Brasil, em 2015, foram notificados aproximadamente 69 mil novos casos de tuberculose, com 4,5 mil mortes. No ano de 2016, foram diagnosticados e registrados 66.796 novos casos e 12.809 casos de retratamento de tuberculose no país (OMS, 2016). A bactéria responsável pela disseminação da doença é o bacilo *Mycobacterium tuberculosis*, sendo caracterizado como o bacilo mais comum em infecções humanas (GOMES; SAMUELSON, 2005).

A tuberculose pulmonar é dividida em primária (primo-infecção) e secundária. A forma primária é a que ocorre em indivíduos que ainda não tiveram contato com o bacilo, sendo, portanto mais comum em crianças. A forma secundária desenvolve-se a partir de uma nova infecção (reinfecção exógena) ou da reativação de bacilos latentes (reinfecção

endógena) (CAPELLOZI, 2000).

A radiografia do tórax é o método de imagem mais comum para a avaliação inicial e para o acompanhamento da tuberculose pulmonar no decorrer do tratamento (RAVIGLIONE, 1997). De forma geral, as alterações radiológicas da tuberculose são a fiel tradução dos eventos etiopatogênicos desencadeados a partir do contágio, porém, quando a radiografia do tórax mostra-se com alterações duvidosas, a outra opção de diagnóstico por imagem é a tomografia computadorizada, que é mais sensível e específica. (CAPONE, 2003).

Os efeitos tardios da tuberculose dependerão da precocidade do diagnóstico. As sequelas são múltiplas, variando entre áreas de fibrose, calcificação parenquimatosas esparsas, fibroatelectasias, substituição bronquiectasias causadas por fungos, determinando quadro clínico exuberante caracterizado por supuração crônica e sangramento brônquico, que muitas vezes requer abordagem cirúrgica (GOLDEN, 2005).

METODOLOGIA

Para seleção das publicações, adotou-se a técnica de revisão de Literatura, com o objetivo de condensar a relevância do raio-X para o diagnóstico da Tuberculose, em apenas um artigo.

A busca bibliográfica foi conduzida no período do mês de março a maio de 2018, nas bases de dados: Pubmed, Scielo, LILACS e Google Acadêmico. Foram utilizados como estratégia de busca a combinação das palavras chaves: Raio-X, Tuberculose, Diagnóstico. Os estudos foram escolhidos através dos seguintes critérios: ser do tipo ensaio clínico ou estudos de casos publicados em

língua portuguesa nos últimos 10 anos. Porém, foram poucos os estudos encontrados e por isso estendeu-se para os últimos 20 anos.

Foram encontrados 15 artigos na base de dados consultadas, sendo 1 no Pubmed, 3 no Scielo, 1 no LILACS e 10 no Google Acadêmico. Destes 15 artigos, foram deletados dois artigos repetidos; três artigos de revisão de literatura e cinco artigos que não cumpriam com o critério de inclusão proposto, permanecendo cinco artigos, que apresentavam a relevância do Raio-X no diagnóstico da Tuberculose.

RESULTADOS

As formas iniciais da tuberculose, por vezes, não são fáceis de serem observadas na radiografia, porém, caracterizam-se por pequenos nódulos agrupados, com medição entre 0,3 e 0,5 cm de diâmetro e ficam localizados nos lobos superiores, nos ápices e nas regiões infraclaviculares. Outras alterações radiográficas descritas na tuberculose são: opacidades parenquimatosas segmentares de limites imprecisos; opacidades parenquimatosas heterogêneas confluentes ocorrendo em mais de um segmento ou em lobos pulmonares, incluindo bilateralidade; opacidades parenquimatosas lobares. As manifestações radiológicas da tuberculose pulmonar são dependentes de vários fatores relacionados ao hospedeiro, incluindo exposição prévia ao bacilo, idade e condição imunológica (LEE et al, 1995).

A radiografia do tórax deve ser considerada como método inicial, principalmente quando os resultados dos testes tuberculínicos são inviáveis e/ou quando os riscos de transmissão são elevados, como ocorre em populações de estabelecimentos institucionais: prisões, hospitais e asilos (AMERICAN THORACIC SOCIETY, 2000). Além das incidências radiológicas clássicas

realizadas pósterio-anterior (PA) e látero-lateral (perfil), pode ser utilizada a incidência ápico-lordótica, quando se objetiva avaliar detalhadamente o terço cranial dos pulmões (KORZENIEWSKA-KOSELA et al, 1994, KIM et al, 1997).

A tomografia computadorizada também é um exame importante no diagnóstico da tuberculose e está indicada nos pacientes sintomáticos respiratórios com baciloscopia do escarro negativa; nos pacientes suspeitos de tuberculose nos quais a radiografia de tórax é normal ou demonstra alteração duvidosa; nos casos em que é necessária uma avaliação mediastinal mais detalhada; doença difusa; nos pacientes que apresentam alterações endobrônquicas; na diferenciação com outras doenças torácicas, em pacientes aidéticos e/ou com febre de etiologia desconhecida, bem como quando há discordância entre os achados clínicos e radiográficos e naqueles com extensas sequelas que podem necessitar de intervenções cirúrgicas (SOUZA, 2012).

Os resultados desta revisão bibliográfica demonstram que, a avaliação do tórax por métodos de imagem tem sido motivo para várias publicações na literatura radiológica nacional.

DISCUSSÃO

Estudos demonstram que a tuberculose acomete mais pessoas do sexo masculino, o que segue a literatura para a tuberculose em geral: de acordo com o Ministério da Saúde, em 2007, a incidência da doença no Brasil foi 51/100.000 entre os homens e 26/100.000 entre as mulheres. Por ser um exame de rápida realização e de

menor custo benefício a radiografia do tórax torna-se o exame mais procurado e o principal para o diagnóstico precoce da tuberculose pulmonar. A grande variedade de achados radiológicos da doença nos pacientes desta pesquisa significa que o conhecimento destes achados é fundamental para agilizar o diagnóstico, bem como para

o tratamento e seguimento da doença na população (LACHI, 2015).

O diagnóstico por imagem da tuberculose pulmonar ainda é centrado na análise de radiografias simples do tórax, apesar dos grandes avanços ocorridos na especialidade propedêutica. Para BOMBARDA (2000), quando se fala a respeito da tuberculose pulmonar, a radiografia torácica é um método excelente. No estudo de FIGUEREDO (2000), descreve-se que a tomografia computadorizada é mais eficiente na avaliação da extensão da doença parenquimatosa, embora a radiografia do tórax seja um método eficiente na detecção da atividade da tuberculose ativa. PEPPER et al (2008)

detectaram 9% de radiografias normais entre pacientes que apresentavam Tuberculose. Para LEE et al (2011), o diagnóstico da tuberculose através da tomografia computadorizada é mais preciso por identificar regiões pulmonares que o raio X não é capaz de identificar. Esse nível de acurácia torna-se muito maior que os achados observados nos exames de raios X.

A tomografia computadorizada possui a capacidade de demonstrar pequenas cavidades em meio de consolidações que não são vistas à radiografia, em um estudo de IM e COL (1993), demonstrara-se que a prevalência de cavidades na tomografia foi de 58%, enquanto, na radiografia foi de apenas 22%.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN THORACIC SOCIETY. Control of tuberculosis in the United States. *Am Rev Respir Dis* 2000; 146: 1623 - 1632.
- BOMBARDA S. Imagem em tuberculose pulmonar. *J Pneumol*, 2001;27(6):329-40.
- CAPELLOZI V. L. Tuberculose. In: Brasileiro-Filho G, ed. *Bogliolo patologia*. 6a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000; 320-322.
- CAPONED, Radiologia na tuberculose. In: Tuberculose. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Ed. Gen, Rio de Janeiro, 2010, p. 231-234-242.
- FIGUEIREDO CM, Terra Filho M. Estudo comparativo entre a radiografia e a tomografia computadorizada do tórax na forma ativa da tuberculose pulmonar. *J Pneumol*, 2000;26: S18.
- GOLDEN MP. Extrapulmonary tuberculosis: Na Overview. *American Family Physician* 2005;72(9):1761-8.
- GOMES AP. O núcleo de estudos em tuberculose da Fundação Educacional Serra dos Órgãos (NET-FESO): educação e pesquisa. *Pulmão RJ*. 2005; 14: 127 - 30.
- KUMAR SV. A systematic review of different type of tuberculosis. *Eur Rev Med Phamacol Sci*. 2010; 14: 831-43.
- IM JG. Pulmonary tuberculosis: CT findings - early active disease and sequential change with antituberculous therapy. *Radiology*, 1993;186:653-660.
- Korzeniewska-Kosela M, Krysl J, Muller N, Black W, Allen E, FitzGerald JM. Tuberculosis in young adults and the elderly: a prospective comparison study. *Chest* 1994;106:28-32.
- LACHI T, Nakayama M. Aspectos radiológicos da tuberculose pulmonar em indígenas de Dourados, MS, Brasil. *Radiol Bras*. 2015 Set/Out;48(5):275 - 281.
- LEE EY. Screening of asymptomatic children for tuberculosis: is a lateral chest radiograph routinely indicated? *Acad Radiol*. 2011; 18: 184 - 90.
- Lee KS, OM J-G. CT in adults with tuberculosis of the chest: characteristic findings and role in management. *Am J Roentegenol*, 1995; 164: 1361 - 1367.
- LEUNG AN. Pulmonary tuberculosis: the essentials. *Radiology*, 1999; 210: 307 - 322.
- MCADAMS HP. Radiologic manifestations of pulmonary tuberculosis. *Radiol Clin North Am*. 1995; 33: 655 - 78.
- Ministério da Saúde. Perspectivas brasileiras para o fim da tuberculose como problema de saúde pública. *Bol Epidemiol*. 2016; 47 (13): 1-15.
- MULLER NL. *Imaging of the Chest*. Phyladelphia: Saunders Elsevier; 2008.
- PEPPER T. Joseph P, Mwenya C, et al. Normal chest radiography in pulmonary tuberculosis: implications for obtaining respiratory specimen cultures. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2008; 12: 397 - 403.
- RAVIGLIONE MC, Assessment of worldwide tuberculosis control. *Lancet* 1997; 350: 624 -629.
- SOUZA RLP. Diagnóstico por Imagem da Tuberculose. *Pulmão RJ*, 2012; 21(1): 36 - 40.

Fibrose Sistêmica Nefrogênica: efeitos do agente contraste à base de Gadolínio

AUTORA

Danusa Moura Vieira [danusa07@yahoo.com.br] é técnica em Radiologia, especialista em Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética e bacharel em Biomedicina. Trabalha no hospital Santa Joana de Recife

RESUMO

A Fibrose Sistêmica Nefrogênica (FSN) é uma condição progressiva e irreversível que, até o momento, ocorreu apenas em pessoas com Insuficiência Renal (IR). Uma desordem sistêmica e rara, com seus efeitos mais proeminentes e visíveis na pele. A FSN é uma nova patologia, e sua etiologia ainda é pouco conhecida. Evidências epidemiológicas indicam que o quadro clínico se desenvolve após administração intravenosa de agente contraste à base de quelantes dos íons de gadolínio para realização de exames de imagem por Ressonância Magnética (RM). Cerca de 215 casos foram notificados e um alerta mundial da Food and Drug Administration (FDA) foi emitido. Ainda não está claramente definida a sequência dos eventos fisiopatológicos, bem como o acometimento visceral, mas sabe-se que nos músculos esquelético e cardíaco, surgem intensa inflamação do perimísio e endomísio com tecido fibrótico e atrofia de células musculares. Fibrose perivascular em arteríolas coronárias também puderam ser observadas. Ainda não há tratamento efetivo para impedir ou retardar o surgimento das lesões fibróticas causadas pela FSN. Porém, a melhora das funções renais, em alguns casos, parece estabilizar e raramente entrar em remissão espontânea. Pacientes com IR em estágio avançado que necessitam de diálise ou que tenham TFG < 15mL/min e todos os pacientes com fator de risco devem ser avaliados criteriosamente através da creatinina, do clearance de creatinina e eletrólitos. Se o exame de RM com gadolínio for realmente essencial, recomenda-se a menor dose possível.

Palavras-chave

Ressonância Magnética, Gadolínio, Fibrose Sistêmica Nefrogênica.

ABSTRACT

The Nephrogenic Systemic Fibrosis (FSN) is a progressive and irreversible condition that, so far, has occurred only in people with Renal Insufficiency (RI). A rare and systemic disorder with its most prominent and visible effects on the skin. FSN is a new pathology, and its etiology is still poorly understood. Epidemiological evidence indicates that the clinical picture develops after intravenous administration of contrast agent based on gadolinium ion chelators for Magnetic Resonance Imaging (MRI) imaging. About 215 cases were reported and a worldwide alert from the Food and Drug Administration (FDA) was issued. The sequence of pathophysiological events as well as visceral involvement has not yet been clearly defined, but it is known that in the skeletal and cardiac muscles there is intense inflammation of the perimysium and endomysium with fibrotic tissue and muscle cell atrophy. Perivascular fibrosis in coronary arterioles could also be observed. There is still no effective treatment to prevent or delay the onset of fibrotic lesions caused by FSN. However, the improvement of renal function, in some cases, seems to stabilize and rarely go into spontaneous remission. Patients with advanced RI who require dialysis or who have GFR <15mL / min and all patients with a risk factor should be carefully assessed through creatinine, creatinine clearance, and electrolytes. If gadolinium MRI is really essential, the lowest possible dose is recommended.

Keywords

Magnetic Resonance, Gadolinium, Nephrogenic Systemic Fibrosis.

INTRODUÇÃO

A Ressonância Nuclear Magnética ou apenas Ressonância Magnética (RM) é o mais sofisticado e promissor método de diagnóstico por imagem na prática clínica. Dada à alta capacidade de diferenciar os tecidos, o espectro de aplicações estende-se a todas as partes do corpo humano, explorando aspectos anatômicos e funcionais, permitindo a identificação e quantificação de lesões, tumores e anomalias patológicas com maior facilidade (MAZZOLA, 2009, p.117).

A ressonância magnética é uma técnica espectroscópica que promove a interação entre o intenso campo magnético produzido pelo equipamento e os prótons de hidrogênio do tecido humano, que são alinhados em momento de processamento, gerando energia por ressonância. Criando uma condição para que se possa enviar um pulso de radiofrequência e coletar frequência resposta da precessão, convertendo-a em imagem em 2D em modelos 3D (SANTOS, 2013, p.22).

A intensidade, qualidade e clareza de detalhes das imagens obtidas por RM dependem de vários parâmetros, como a densidade dos prótons de hidrogênio, e os tempos de relaxação nuclear, T1 e T2, causados pelas flutuações do campo magnético. Em geral a densidade dos prótons nos tecidos é muito baixa e, portanto, as imagens obtidas de tecidos apresentam um contraste pequeno. Dependendo da riqueza de detalhes pretendida, a fim de se ter um diagnóstico mais preciso, torna-se necessário o uso de substâncias com a finalidade de realçar o contraste de imagem entre os tecidos normais e doentes, elevando-se a taxa de relaxação dos prótons de hidrogênio, devido ao seu

paramagnetismo (YAN et al., 2008, MAZZOLA, 2009 apud SANTOS, 2013, p.22).

Durante décadas os Agentes de Contraste à Base de Gadolínio (ACBGs) foram considerados totalmente seguros quando utilizados na dose de 0,1 a 0,2 mmol/kg, inclusive nos pacientes com disfunção renal. Diferentemente do contraste iodado, necessário para alguns exames de tomografia, acreditava-se que ACBG não era nefrotóxico, além de trazer menor risco de reações alérgicas. Embora já se soubesse que quantidades ínfimas de Gadolínio (Gd), na corrente sanguínea, se dissociavam do seu composto, depositando-se nos ossos e no fígado.

Desde 1988, o ACBG vem sendo usado como meio de contraste em exames clínicos de imagem por meio RM. Contudo, entre 1997 e 2006, 215 casos de Fibrose Sistêmica Nefrogênica (FSN) foram descritos no registro internacional da Universidade de Yale, nos Estados Unidos, incluindo casos na União Europeia (EU) e sudeste asiático, todos relacionando o Gadodiamida, um quelato de Gd, como provável agente desencadeante em pacientes com doença renal crônica submetidos a diálise (KARAN, 2008).

A FSN, até então desconhecida, é uma doença nova, agressiva, debilitante e fatal, sem tratamento consistentemente efetivo, que acomete tecidos conectivos, a pele e outros órgãos. Em junho de 2006, um alerta de segurança foi emitido pela agência federal do departamento de saúde e serviços humanos dos Estados Unidos, a Food and Drug Administration (FDA), mencionando uma possível correlação entre a FNS e o uso de contrastes à base de Gd em pacientes com insuficiência renal (IR) (LEITE, 2007).

METODOLOGIA

Para melhor compreensão e desenvolvimento do tema proposto neste trabalho, optou-se pela pesquisa bibliográfica, de fins descritivo, uma vez que expõe de uma forma geral a fibrose sistêmica nefrogênica e estabelece correlação com uso do agente contraste à base de gadolínio. Desenvolvida baseada em material publicado e acessível, como livros, artigos especializados e teses sobre o assunto, além de sites de caráter técnico e científico. Vale ressaltar que os materiais utilizados são tanto de fontes primárias quanto secundárias, “[...]um estudo sintetizado que fornece instrumental analítico

para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma.” VERGARA (2004, p. 48).

Realizou-se um levantamento literário preliminar a partir das seguintes bases de dados: SciELO; MEDLINE e PubMed. Acessados por meio do endereço eletrônico, buscou-se informações através dos descritores: Ressonância Magnética / Gadolínio / Fibrose Sistêmica Nefrogênica. Foram encontrados um total de 142 periódicos nacionais e internacionais, publicados nos últimos 12 anos. Após uma breve leitura e análise dos respectivos títulos, foi possível elencar 22 referências. O tratamento dos dados coletados foi feito por meio dos

métodos qualitativos, agregando argumentos, reflexões, análises e conclusões para satisfazer os objetivos do presente estudo.

[...] Há quem imagine que coleta de dados só se faz por meio de formulário, entrevista ou outros métodos interativos. Porém, não é correta esta afirmação. Estes instrumentos estão referidos à pesquisa feita em campo, mas quando a pesquisa é bibliográfica, nesse caso a coleta é feita na literatura que, direta ou indiretamente, trata do assunto. VERGARA (2004, p. 56).

Quanto às limitações do método, Vergara (2004, p. 61), afirma que todo método tem possibilidades e limitações. É pertinente antecipar-se a possíveis críticas dos leitores, explicitando quais as limitações que o método escolhido oferece, mas que ainda assim o justificam como o mais adequado aos propósitos da pesquisa. Portanto, a metodologia adotada para o presente trabalho possui as seguintes limitações:

- A limitação da abrangência da pesquisa da Fibrose Sistêmica Nefrológica e efeitos do uso do ACBG, deixa à parte outras referências importantes, como documentos da agência do governo americano Food and Drug Administration (FDA), devido a permissões de acesso. Além de tempo disponível e limitação de recursos, que não permitiram a generalização das conclusões extraídas do estudo;

- No que se refere ao tratamento dos dados coletados, uma limitação diz respeito à própria história de vida da pesquisadora, onde a subjetividade influi em sua interpretação final. Contudo, procura-se certo distanciamento, embora admita-se a inexistência da neutralidade científica.

A Ressonância Magnética, por ser método baseado em campos magnéticos gerados pelas moléculas de água no organismo, adquire um sinal mais forte devido à interação do quelato de gadolínio com tais moléculas, permanecendo no organismo tempo suficiente para a obtenção de imagens mais nítidas. (KARAN, 2008, p.67)

Sanches e Melo (2016, p.6) esclarecem que, para se dissolver em meio aquoso e manter suas propriedades,

o Gd deve estar na forma de metal Gd^{3+} , toda via, apresenta auto nível de toxicidade, podendo precipitar em tecidos como fígado, nódulos linfáticos e ossos, bloquear o transporte de cálcio nas células, interferir com enzimas intracelulares e membrana celular por transmetalção.

A transmetalção é facilitada pelo Zinco, Cobre, Ferro, Cálcio ou ácidos endógenos, que desestabilizam esses complexos, liberando o Gd^{3+} do quelante, ou quando ficam por um longo período no organismo. Pouco solúvel, e após o extravasamento anormal vascular, causa trauma, edema crônico, disfunção endotelial, e são fagocitados formando citosinas pró-fibróticas, causam degeneração esplênica, necrose do lobo central do fígado e anormalidade hematológica (MARCKMANN, 2006)

O Gd^{3+} é administrado a pacientes associado a quelantes, moléculas orgânicas com maior estabilidade, evitando os efeitos tóxicos do íon livre Gd^{3+} por meio da transmetalção. Segundo estudo publicado no periódico britânico, Nephrology Dialysis Transplantation (NDT) pela Universidade de Oxford, o contraste em questão é eliminado pelo organismo através dos rins e pela meia-vida biológica em até 1,5 horas, em pacientes com função renal normal. Em pacientes com IR essa eliminação pode levar cerca de 30 horas ou mais. Já pacientes que fazem hemodiálise requerem 6 dias de diálises para remover cerca de 97% do contraste.

Dos pacientes que fizeram uso de ACBG em exames de RM, aproximadamente 5% apresentaram reações adversas, sendo menos de 1% consideradas moderadas ou graves. As reações mais comuns, são cefaleia, náuseas, vômitos, dor e sensação de frio no local da injeção, alterações do paladar, tontura, vasodilatação e ansiedade. Podem raramente causar reações anafilactóides graves entre 1:100.000 a 1:500.000 administrações, geralmente em pacientes alérgicos aos contrastes iodados. Há cerca de 10 anos, surgiram na literatura relatos de FSN como reação tardia após uso de compostos de gadolínio em pacientes com insuficiência renal crônica (KARAM, 2008, p.68).

RESULTADOS

Características e Farmacocinética do Gadolínio

Derivado do gadolinita, mineral cuja a principal fonte de extração é a área monazítica. O Gd é um elemento químico metálico prateado, dúctil, maleável, com estrutura cristalina hexagonal da série dos lantanídeos. Relativamente estável, é encontrado em estado sólido à temperatura ambiente, apresentando propriedades ferromagnéticas. Contudo, não conserva o brilho metálico quando exposto a umidade, formando um óxido que adere suavemente a sua superfície.

Compostos de Gd foram bastante utilizados na produção de fósforo de cinescópio, ativador de cor em tubos das antigas TVs coloridas. Hoje, sua aplicação limita-se a composição de ligas de ferro, cromo e outras, em proporções inferiores a 1%, melhorando a maleabilidade, resistência térmica e à oxidação. (UNESP, 2005), além de possuir aplicações nucleares, micro-ondas e na manufatura de Compact Discs (CD's), memórias de computador, telescópios e lasers.

Soluções de compostos de Gd, assim como, o iodo, óxidos de ferro e manganês, também são utilizados como contrastes intravenosos para realçar imagens em exames de RM, que de acordo com Panepucci (1985 apud OLIVEIRA, BORDUQUI, s.d., p.17):

“[...] a função é diminuir os tempos de relaxação dos tecidos com os quais entram em contato. Os elétrons do gadolínio podem interagir intensamente com os spins magnéticos dos nossos prótons, fazendo com que estes relaxem rapidamente, ou seja, diminuamos os tempos T1 e T2 da água dos nossos tecidos [...] fornecendo um maior contraste na formação de imagens.

A presença do Gd provoca o encurtamento do tempo de relaxação longitudinal em T1, hiperintensificando o sinal dos tecidos nas imagens. Por sua vez, imagens ponderadas em T2, possuem o sinal atenuado (hipointenso). Conforme exemplos ilustrados adiante:

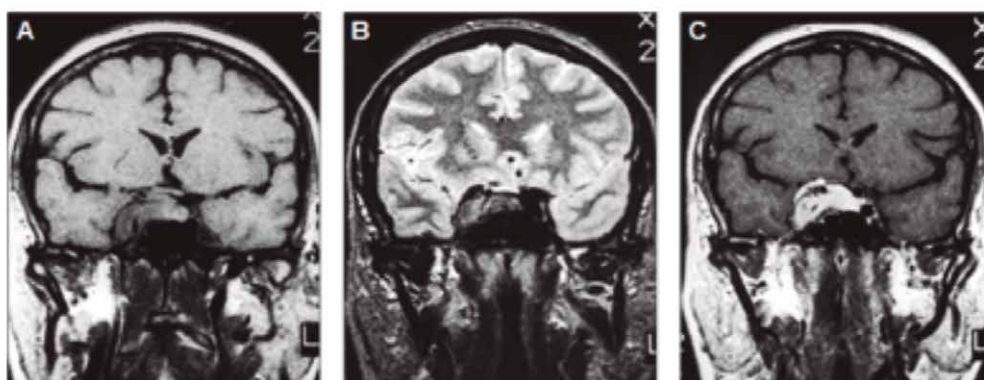


Figura 1. Em A, meningioma parasselar à direita, hipointenso em T1. Em B, a massa se apresenta hipointensa em T2. Em C, após administração de ACBG, observa-se intensa e homogeneia impregnação da massa pelo meio de contraste. Fonte: SANTOS, 2001.

A Ressonância Magnética, por ser método baseado em campos magnéticos gerados pelas moléculas de água no organismo, adquire um sinal mais forte devido à interação do quelato de gadolínio com tais moléculas, permanecendo no organismo tempo suficiente para a obtenção de imagens mais nítidas. (KARAN, 2008, p.67)

Sanches e Melo (2016, p.6) esclarecem que, para se dissolver em meio aquoso e manter suas propriedades,

o Gd deve estar na forma de metal Gd^{3+} , toda via, apresenta auto nível de toxicidade, podendo precipitar em tecidos como fígado, nódulos linfáticos e ossos, bloquear o transporte de cálcio nas células, interferir com enzimas intracelulares e membrana celular por transmetalção.

A transmetalção é facilitada pelo Zinco, Cobre, Ferro, Cálcio ou ácidos endógenos, que

desestabilizam esses complexos, liberando o Gd³⁺ do quelante, ou quando ficam por um longo período no organismo. Pouco solúvel, e após o extravasamento anormal vascular, causa trauma, edema crônico, disfunção endotelial, e são fagocitados formando citosinas pró-fibróticas, causam degeneração esplênica, necrose do lobo central do fígado e anormalidade hematológica (MARCKMANN, 2006)

Fibrose Sistêmica Nefrogênica

Descrita inicialmente em março de 1997, em uma unidade de transplante renal na Califórnia, pelo Dr. Shawn Cowper, e denominada como Dermopatia Fibrosante Nefrogênica (DFN), é uma condição progressiva e irreversível que, até o momento, ocorreu apenas em pessoas com IR. A FSN é uma desordem sistêmica rara, com seus efeitos mais proeminentes e visíveis na pele, semelhante à esclerodermia, por isso sua designação original como dermatopatia. Com os devidos esclarecimentos a partir de centenas de casos relatados e o reconhecimento de que a doença renal é pré-requisito para desenvolver FSN, a terminologia mais reflexiva da realidade do transtorno foi adotada (ICNSFR, 2013).

A FSN é uma nova patologia, sua etiologia ainda é pouco conhecida. Evidências epidemiológicas recentes indicam que o quadro clínico se desenvolve após administração intravenosa de ACBG para realização de exames de RM, angiorressonância, angiografias ou angio-TC em pacientes que apresentam Insuficiência Renal Crônica (IRC) em estágio 4 ou 5, conforme Tabela 4, adiante (LEITE, 2017, p.4). Mesmo nos pacientes com doença renal severa ou terminal, a chance de desenvolver FSN é de 3 a 5%.

A FSN não faz distinção de gênero, etnia ou faixa etária, apesar de ocorrer com mais frequência em pessoas de meia idade (35-55 anos) que tem em comum alguma doença renal. Alguns pacientes com FSN desenvolvem endurecimento da pele nos primeiros estágios de IRC e outros possuíam o sistema nefrológico debilitado há anos sem apresentar nenhum sintoma de FSN (ICNSFR, 2013).

A relação entre o tempo do início da diálise e o diagnóstico de FSN variou de 2 meses a 15 anos, segundo uma série de 10 casos. Já outras séries relataram que o tempo médio da exposição ao ACBG até o aparecimento de evidências clínicas de FSN foi de 25 dias, variando de 2 a 75 dias (MUNDIM, 2009).

Nenhuma forma específica de diálise foi associada à FSN, embora, envolva principalmente pacientes em hemodiálise, diálise peritoneal, receptores de transplante renal (tipicamente com redução da função renal), pacientes com DRC avançada e com IR aguda sem necessidade de diálise. Não há relatos do desenvolvimento da FSN em indivíduos com funções renais normais.

Histopatologicamente, tem início com o inchaço subagudo das partes distal das extremidades, como no dorso das mãos, levando à esclerodactilia, seguida da parte proximal das extremidades, coxas, antebraço e abdômen. Face e pescoço são poupados. (ICNSFR, 2013).

[...] após 2 a 7 dias (média de 25 dias) da exposição do paciente ao Gd é notado edema nos pés, pernas e mãos com lesões bolhosas. Alguns pacientes referem surgimento de pápulas ou placas amareladas próximas aos olhos e hipertensão arterial súbita, mas transitória (THOMSEN, 2006).

Nas semanas subsequentes ocorre a induração severa da pele, de tonalidade marrom e aparência de casca de laranja. Podendo ser agressiva e associada a dor constante, com muitos relatos de prurido e sensação de queimação, além de agitação muscular e perda de flexibilidade da pele (KARAM, 2008).

[...] apresenta intenso espessamento da derme com acúmulo de colágeno em feixes separados por grandes fendas em sua profundidade. Um tecido fibroso espesso se estende através do tecido adiposo até a fáscia, também espessada, acrescido de numerosos fibroblastos, deposição de mucina, fibras elásticas na ausência de sinais inflamatórios. A partir de uma revisão dos casos publicados [...], é evidente que lesões cutâneas afetam as extremidades inferiores em quase todos os pacientes (97%) (55/57). Os tornozelos, as canelas e as coxas inferiores são as áreas mais comumente afetadas. As extremidades superiores são a segunda área de envolvimento mais comum a ser afetada em 77% (44/57) dos pacientes, especialmente nas mãos e nos pulsos. O tronco estava envolvido em 30% (17/57), enquanto o rosto e o pescoço não estavam envolvidos. (MENDOZA et al., 2006).

Progressivamente, o espessamento da derme envolve os tecidos periarticulares, provocando contraturas em flexão e limitações da mobilidade, ou seja, levando o paciente à deficiência física grave, podendo ser necessário o uso de cadeira de rodas.

A cronologia do acometimento visceral não está clara, mas é mais comum em pacientes com acometimento cutâneo extenso. Por sua vez, nos músculos esquelético e cardíaco, surgem intensa inflamação do perimísio e endomísio com tecido fibrótico e atrofia de células musculares. Fibrose perivascular em arteríolas coronárias também pode ser observada. “Nos pulmões, ocorrem faixas de fibrose intersticial com células inflamatórias, espessamento da adventícia de arteríolas de pequenos e médios calibres, levando à redução da capacidade de difusão de CO₂” (MENDOZA et al., 2006; KARAM, 2008).

“Outros acometimentos sistêmicos incluem trombose de fístula arteriovenosa para hemodiálise, oclusão vascular periférica, ataque isquêmico transitório e infartos cerebrais múltiplos” (MENDOZA et al., 2006). “[...] É também possível de ocorrer a passagem do ACBG pela placenta em gestantes e para o leite em mulheres na lactação, recomenda-se nestes casos a não-utilização deste meio de contraste” (JUNIOR, 2008).

Prevenção

A FSN é uma doença devastadora, que ataca a pele e diversos tecidos do corpo. Embora não se tenha certeza sobre sua fisiopatogênese, as informações existentes na literatura permitem sugerir recomendações no intuito de prevenir ou mesmo mitigar os riscos de se adquirir esta doença (MUNDIM et al., 2009).

Pacientes com DRC em estágio avançado que necessitam de diálise ou que tenham TFG < 15mL/min e todos os pacientes com fator de risco para DRC (maiores de 60 anos, hipertensos, diabetes mellitus, lúpus eritematosos sistêmicos, história familiar de doença renal, mieloma múltiplo, etc) devem ser avaliados criteriosamente através da creatinina, do clearance de creatinina, dos eletrólitos, além de considerar doses reduzidas de ACBG (KUO et al. apud LEITE, 2017).

“Se o exame de ressonância magnética com gadolínio for realmente essencial, recomenda-se o uso da menor dose possível, evitando os quelantes de gadolínio lineares e múltiplas exposições” (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2017 apud MUNDIM et al., 2009).

Pacientes com DRC em hemodiálise expostos ao ACBG, recomenda-se a realização de 3 sessões de

hemodiálise, sendo a primeira até 3 horas após a exposição. Enfatizando que a eficácia da hemodiálise em prevenir a FSN é desconhecida.

Pacientes portadores de DRC em diálise peritoneal expostos ao ACBG, recomenda-se trocas de bolsas de diálise com uma frequência maior ou aumentar a prescrição da diálise peritoneal automática por pelo menos 48 horas.

“Outro aspecto que merece ser destacado é o esclarecimento sobre os riscos dessa manifestação tardia e grave aos pacientes que serão submetidos ao uso do ACBG e aos profissionais que manipulam tais compostos” (KARAM, 2008).

DISCUSSÃO

Dos pacientes que fizeram uso de ACBG em exames de RM, aproximadamente 5% apresentaram reações adversas, sendo menos de 1% consideradas moderadas ou graves. As reações mais comuns são cefaleia, náuseas, vômitos, dor e sensação de frio no local da injeção, alterações do paladar, tontura, vasodilatação e ansiedade. Podem raramente causar

reações anafilactóides graves entre 1:100.000 a 1:500.000 administrações, geralmente em pacientes alérgicos aos contrastes iodados. Há cerca de 10 anos, surgiram na literatura relatos de FSN como reação tardia após uso de compostos de gadolínio em pacientes com insuficiência renal crônica (KARAM, 2008, p.68).

Estadiamento e classificação da doença renal crônica

Estágio	TGF (mL/min /1,73 m ²)	Grau de IRC
0	>90	Grupos de Risco para DRC Ausência de Lesão Renal
1	>90	Lesão Renal com Função Renal Normal
2	60-89	IR Leve ou Funciona
3	30-59	IR Moderada ou Laboratorial
4	12-29	IR Severa ou Clínica
5	<15	IR Terminal ou Dialítica

TGF = Taxa de Filtração Glomerular, IR = Insuficiência Renal, DRC = Doença Renal Crônica. Fonte: Adaptado de JUNIOR, 2014, p.2.

Ainda não está claramente definida a sequência dos eventos fisiopatológicos da FSN; porém, encontra-se na imuno-histoquímica (IHQ) um infiltrado cutâneo inicial com células dendríticas, CD68 / fator XIII^a que poderia representar uma possível resposta do hospedeiro ao estímulo nocivo. Além disso, pesquisas com hibridização in situ IHQ mostraram o aumento de um marcador de expressão do TGFβ1 no RNAm, distribuído difusamente na pele, fáscia e músculos afetados. Portanto, existe a hipótese de que o TGFβ1 esteja diretamente envolvido no processo fisiopatológico da doença (MUNDIM, 2009).

Em pacientes com insuficiência renal crônica avançada, incluindo aqueles em diálise, em quem o agente de contraste permanece no corpo por um longo tempo, a transmetalção pode causar a liberação de Gd³⁺ livre de agentes de contraste baseados em gadolínio. Os íons Gd³⁺ livres tornam-se ligados a ânions endógenos particularmente fosfatos e formam sais insolúveis que se depositam em tecidos. Os macrófagos locais envolvem essas moléculas insolúveis e liberam uma variedade de citocinas, incluindo TGFβ1, que atraem fibrócitos circulantes e iniciam o processo de

fibrose. A fibrose tecidual na FSN é mais provável causada por fibrócitos circulantes recrutados na circulação do que pela proliferação de células dendríticas residentes (THOMSEN, 2016, tradução nossa).

Porém, a melhora das funções renais, em alguns casos, parece estabilizar e raramente entrar em remissão espontânea.

De acordo com Mendoza et al. (2016), o uso de imunossupressão não obteve êxito, o tratamento com corticoides sistêmico na dose de 1mg/kg/dia ou uso local tiveram alguma eficácia e a fotoforese, plasmaferese e talidomida produziram melhora em alguns pacientes. Assim como Mendoza et al. (2016), Baron et al. (2013) reportaram melhora clínica após plasmaferese, o que não foi constatado por Hubbard et al. (2003).

Entretanto há consenso na aplicação de fisioterapia a todos os pacientes, afim de diminuir a rigidez articular que, em alguns casos, conseguem obter melhora parcial da mobilidade, alívio das dores crônicas e rigidez cutânea.

Yerram et al. (2007 apud MUNDIM et al., 2009) destaca que devido às suas propriedades quelantes e antioxidantes, o tiosulfato de sódio foi testado, com resultado satisfatório em uma paciente que recebeu 12,5g, 3 vezes por semana, ao longo de 3 meses.

A Pentoxifilina na dose de 1.200mg/d, substância com ações vasodilatadoras e antifibróticas, mostrou retardo da evolução nas alterações da pele em poucos pacientes (COWPER, 2007 apud KARAM, 2008).

A medicina evoluiu junto com a tecnologia e desde do final da década de 70, condições patológicas são esclarecidas através da técnica de geração de imagens por ressonância nuclear magnética, garantindo por consequência, tratamentos mais eficientes e eficazes. Continua sendo um exame seguro e acessível.

Considerada uma patologia relativamente nova, rara,

progressiva e potencialmente fatal, a Fibrose Sistêmica Nefrogênica é descrita em pacientes com insuficiência renal aguda ou crônica, com uma TGF <30mL/min/1,73m², que foram expostos a agentes contrastes à base de quelatos de Gd.

Embora a literatura sugira uma provável relação entre a FSN e o uso de ACBG, principalmente a gadodiamida, a gadoversetamida e o gadobenato de dimeglumina; não há comprovação contundente sobre esta afirmação, além da existência de outros cofatores que podem estar envolvidos.

REFERÊNCIAS

BARON P. W et al. Nephrogenic fibrosing dermopathy after liver transplantation successfully treated with plasmapheresis. *Am J Dermatopathol.* 2003;25:204-9. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acesso em: 13 out. 2017.

EUROPEAN MEDICINES AGENCY. EMA/157486/2017. r.1. Disponível em: <<http://www.ema.europa.eu/docs/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

GREENWOOD, N. N.; EARNSHAW, A. *Chemistry of the Elements.* 2.ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.

HUBBARD V et al. Scleromyxoedema-like changes in four renal dialysis patients. *Br J Dermatol* 2003 Mar; 148:563-8. Disponível em: <<http://www.jwatch.org/>>. Acesso em: 12 out. 2017.

JUNIOR, J. E et al. Complicações do uso intravenoso de agentes de contraste à base de gadolínio para ressonância magnética. *Radiol Bras.* 2008;41(4):263-267. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 12 out. 2017.

JUNIOR, J. E. R. Doença Renal Crônica: Definição, Epidemiologia e Classificação. *J Bras Nefrol.* V.XXVI, n.3, s.1, ago. 2004. Disponível em: <www.jbn.org.br/>. Acesso em: 10 out. 2017.

KARAM, M. A. H. Risco de Fibrose Sistêmica Nefrogênica com o Uso de Contraste à Base de Gadolínio em Doença Renal Crônica. *Brazilian Journal of Nephrology.*2008;30/1:66-71. Disponível em: <www.jbn.org.br/>. Acesso em: 10 out. 2017.

<[jbn.org.br/](http://www.jbn.org.br/)>. Acesso em: 05 out. 2017.

LEBOIT, P. E. What nephrogenic fibrosing dermopathy might be. *Arch Dermatol.* 2003;139(7):928-930. Disponível em: <<https://jamanetwork.com/journals/>>. Acesso em: 11 out. 2017.

LEITE, C. C. Gadolínio e fibrose nefrogênica sistêmica: o que todo médico deve saber. *Radiol Bras* 2007;40(4), p.4-5. Disponível em: <<http://www.rb.org.br/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

MARCKMANN, P. et al. Nephrogenic systemic fibrosis: suspected causative role of gadodiamide user for contrast enhanced resonance imaging. *J. Am. Soc. Nephrol.* v.17, 2006, p.2359-2362. Disponível em: <<http://jasn.asnjournals.org/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

MARCKMANN, P. et al. Possibly enhanced Gd excretion in dialysate, but no major clinical benefit of 3-5 months of treatment with sodium thiosulfate in late stages of nephrogenic systemic fibrosis. *Nephrology Dialysis Transplantations.* v.23, i.10, p.3280-3282. out. 2008. Disponível em: <<https://academic.oup.com/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica.* 7.ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MAZZOLA, A. A. Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagens funcionais. *Rev Bras Fis Med,* v.3, n.1, p117-219, 2009. Disponível em: <<http://www.rbfm.org.br/>>. Acesso em: 09 out.2017.

- MENDOZA F.A. et al. Description of 12 cases of nephrogenic fibrosing dermopathy and review of the literature. *Semin Arthritis Rheum*. Fev. 2006;35(4): 238-249. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acesso em 11 out. 2017.
- MUNDIM, J. S. et al. Fibrose sistêmica nefrogênica: uma complicação grave do uso do gadolínio em pacientes com insuficiência renal. *Rev Assoc Med Bras*. v.55 n.2. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 05 out. 2017.
- OLIVEIRA, G. A; BORDUQUI, T. Física da Ressonância Magnética. 2017. Disponível em: <<https://www.ucb.br/>>. Acesso em: 08 out. 2017.
- SANCHES, T. P.; MELO, H. J. F. Avaliação do Nível de Conhecimento a Respeito do Meio de Contraste a Base de Gadolínio. *Revista UNILUS Ensino e Pesquisa*. v.13, n.30, jan/mar.2016. Disponível em: <<http://revista.unilus.edu.br/>>. Acesso em: 08 out. 2017.
- SANTOS, A. A. S.M.D et al. Meningiomas Parasselares: aspectos na ressonância magnética. *Radiol Bras*. v.34, n.1 São Paulo Jan./Feb. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- SANTOS, M. V. Contaminantes Metálicos em Contrastes a Base de Quelatos de Gadolínio e Reações de Transmetalção. 2013. 146f. Tese [Doutorado em Química] - Centros de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/>>. Acesso em: 09 out. 2017.
- THE INTERNATIONAL CENTER FOR NEPHROGENIC SYSTEMIC FIBROSIS RESEARCH (ICNSFR). Registration Open: 7th Annual Yale Fibrosis Symposium, November 14 & 15, 2013, Orange, CT. Disponível em: <<http://www.pathmax.com/>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- THOMSEN, H. S. Nephrogenic systemic fibrosis: a serious adverse reaction to gadolinium – 1997–2006–2016. Part 1. *Acta Radiologica*. 2016, v.57(5) 515–520. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/>>. Acesso em: 11 out. 2017.
- UNIVESSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Gadolínio. 2005. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/>>. Acesso em: 07 out. 2017.
- VARGAS, J. et al. Scleroderma: From Pathogenesis to Comprehensive Management. 1.ed. New York: Springer, 2012.
- VERGARAS, Sylvia Constant. Projetos de pesquisa em administração. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2004.

Estudo comparativo entre mamografia convencional e digital

AUTORES

Joice de Souza Moraes é estudante de tecnologia em Radiologia (UNIASSELVI/SC);

Peter Kühn é tecnólogo em Radiologia e mestrando em proteção radiológica (IFSC)

RESUMO

Esse estudo tem como objetivo comparar a diferença entre os equipamentos de mamografia. Para isso, identificou-se a qualidade da imagem, o custo-benefício da mamografia digital (CR, DR), a aplicação do processo de tomossíntese mamária (mamografia 3D), assim como as melhorias para o tratamento e prevenção secundária do câncer de mama.

O estudo teve como metodologia a pesquisa bibliográfica e foi embasado em dados da Scientific Electronic Library Online (SciELO), Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), PubMed e Instituto Nacional do Câncer (INCA). Observou-se que a acurácia diagnóstica no rastreamento entre a mamografia digital e tela-filme são similares, porém uma unidade digital pode custar de 1,5 a 4 vezes mais do que uma unidade convencional. A maior vantagem da utilização de sistemas digitais é que eles entregam dose de radiação mais baixas e melhor resolução espacial. Já a tomossíntese mamária traz uma alta precisão no diagnóstico com doses de radiação relativamente baixa. Além disso, o custo é significativamente menor, provando ser uma ferramenta eficaz na detecção de lesões mamárias. Cada tipo de equipamento mamográfico oferece suas vantagens e desvantagens em relação à qualidade da imagem, diagnóstico e custo, além da exposição das pacientes à radiação.

Palavras-chave: Mama; Mamografia; Equipamentos mamográficos;

ABSTRACT

The aim of the study is to compare the difference between mammography equipments. To that end, it was identified the image quality, the cost-benefit of digital mammography (CR, DR), the application of breast tomosynthesis process (3D mammography), as well as the improvements for breast cancer treatment and prevention. The method was based on a bibliographic research and the data was collected from the Scientific Electronic Library Online (SciELO), Virtual Health Library (BVS), PubMed and the National Cancer Institute (INCA). It has been observed that the tracking diagnosis accuracy between film-screen and digital mammography are similar, however the digital unit may cost 1.5 to 4 times more than the conventional unit. The advantage of using digital systems is that it delivers lower radiation doses and superior spatial resolution. On the other hand, breast tomosynthesis provides a higher precision diagnosis with relatively low radiation dose. In addition, it has a significantly lower cost, proving to be an effective tool for detecting breast lesions. Each mammography equipment offers its advantages and disadvantages in terms of image quality, diagnosis precision and cost, besides patient radiation exposure.

Keywords: Breast; Mammography; Mammogram; Mammography equipment;

INTRODUÇÃO

O câncer de mama é o segundo câncer mais frequente no mundo e aquele com maior incidência entre mulheres, respondendo por aproximadamente 28% dos casos novos a cada ano. No ano de 2016, a estimativa foi de 57.960 novos casos. Mamografia e exames clínicos são os métodos mais eficientes para detectar câncer de mama nos estágios iniciais de desenvolvimento (INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER - INCA, 2017).

O câncer de mama é o tipo de câncer mais frequente em mulheres no Brasil e tem um prognóstico relativamente bom, se diagnosticado e tratado oportunamente. Porém, as taxas

de mortalidade para este tipo de câncer continuam elevadas no Brasil, muito provavelmente porque a doença ainda é diagnosticada em estágios avançados (ALMEIDA et al., 2012).

No Brasil, observa-se aumento tanto da incidência como da morbidade e mortalidade, uma vez que ainda existem inúmeras barreiras que perduram desde o acesso às ações de detecção precoce até às dificuldades de utilização dos recursos diagnósticos e dos tratamentos indicados (INCA, 2011).

A mamografia é considerada como o método mais eficaz de diagnóstico para a detecção precoce de câncer de mama.

O rastreamento mamográfico objetiva reduzir a mortalidade por meio da identificação e tratamento de câncer nos estágios iniciais da doença (BARUFALDI, 2016).

Nesse contexto, o tema proposto delimita-se em expor os equipamentos de mamografia, imagem, diagnóstico e o uso devido da tecnologia avançada que é realizada nas instituições de saúde no Brasil.

A relevância da pesquisa visa fornecer informações sobre o estudo que tem como alvo a comparação dos equipamentos

de mamografia que geram benefícios no diagnóstico e na qualidade de imagem por meio da tecnologia avançada.

O objetivo geral do estudo é comparar a diferença existente nos equipamentos de mamografia e seus objetivos específicos são: identificar a qualidade da imagem dos aparelhos mamográficos, levantar o custo x benefício da mamografia digital (CR, DR), evidenciar a aplicação do processo de tomossíntese mamária (mamografia 3D), e as melhorias para o tratamento e prevenção secundária.

METODOLOGIA

O método utilizado para realização deste estudo foi a revisão bibliográfica, desenvolvida por meio do acesso às produções científicas já existentes em relação ao tema abordado, buscando atingir o objetivo proposto.

Foram selecionadas publicações de artigos

científicos considerados relevantes para a abordagem da temática em questão. Para localização dos materiais, realizou-se uma consulta às bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), PubMed e Instituto Nacional do Câncer.

RESULTADOS

Atualmente, a mamografia divide-se em convencional, que utiliza chassis com filmes radiográficos e telas intensificadoras, e digital, representada pelos sistemas de radiografia computadorizada (CR – computed radiography) e radiografia direta (DR – direct radiography) (OLIVEIRA et al., 2014), apresentados a seguir.

MAMOGRAFIA CONVENCIONAL

A mamografia convencional usa o sistema écran-filme, associado a um equipamento específico para o exame de mamografia, onde a gravação da imagem é feita em uma película por meio de reações de agentes químicos e aceita como o método padrão para o rastreamento mamográfico. A mamografia convencional se destaca pelo baixo custo e boa capacidade de resolução espacial. A acurácia global da mamografia convencional e da mamografia digital parece ser muito similar como um todo (SOUZA, 2012). O mesmo autor destaca ainda que uma das vantagens da mamografia convencional é o baixo custo e sua boa capacidade de resolução espacial.

MAMOGRAFIA COM CR (COMPUTADORIZADA)

Os sistemas CR possuem um digitalizador de imagens e utilizam chassis contendo placas de fósforo (OLIVEIRA et al., 2014). A principal diferença de um sistema convencional para a radiografia computadorizada está no método de aquisição da imagem, feito por meio da leitura da placa de imagem após a exposição aos raios X sem o uso do filme mamográfico (BARUFALDI, 2016).

A imagem produzida pelo sistema de aquisição por CR

apresenta menor resolução espacial quando comparada a uma combinação écran-filme. Uma menor resolução espacial implica em perdas na detecção de estruturas presentes na imagem, tornando necessária a calibração da dose de radiação para um detector específico, a fim de alcançar uma melhor qualidade da imagem (BARUFALDI, 2016).

Os sistemas de mamografia digital, que podem ser computadorizados (CR) ou radiografia digital direta (DR), apresentam muitas vantagens em relação à mamografia convencional, como o alto alcance dinâmico e a possibilidade de pós-processamento das imagens adquiridas (KÖRNER et al., 2007).

Para Pinto (2013), reduz consideravelmente a taxa de repetição de exames, diminuindo os custos para o hospital e isentando as pacientes de novas exposições à radiação. Por outro lado, esta nova tecnologia também apresenta algumas desvantagens, como o seu alto custo financeiro para implantação em pequenos serviços de radiodiagnóstico e o aumento das doses dos exames das pacientes durante a fase de adaptação e otimização das técnicas radiográficas a serem aplicadas.

MAMOGRAFIA COM DR (DIGITAL)

A mamografia com DR é feita com uma câmera digital conectada diretamente a um computador. As unidades DR possuem um detector que processa diretamente a imagem de raio X para o computador, fornecendo uma qualidade de imagem superior.

A absorção da radiação por intermédio desse sistema de detecção é eficiente, visualizando-se a imagem radiográfica

em um monitor da estação de trabalho após poucos segundos (BARUFALDI, 2016).

Os principais obstáculos para a mamografia digital direta incluem o alto custo das unidades e instalações de arquivamento. A maioria dos estudos comparativos é realizada com sistema de mamografia digital direta, e poucos estudos examinaram o desempenho da radiografia calculada em grande coorte de mamografia de seleção (SÉRADOUR; HEID; ESTÈVE, 2014).

A imagem digital permite um armazenamento mais rápido, por outro lado, a aquisição de uma unidade digital pode custar de 1,5 a 4 vezes mais do que uma unidade de filme. Além disso, outros fatores que podem contribuir para um maior impacto da mamografia digital, tais como: armazenagem e transmissão de dados, imagens transmitidas para vários médicos sem perda da qualidade, eliminação de artefatos e sujeira dos filmes causados no processamento destes e a capacidade de variação do contraste da imagem. Mas, de maneira geral, a acurácia diagnóstica no rastreamento entre a mamografia digital e filme são similares (PEREGRINO et al., 2012).

O estudo de Séradour, Heid e Estève (2014) mostrou que, julgado pela taxa de detecção, a mamografia digital direta apresentou melhor desempenho do que a mamografia convencional ou radiografia computacional, e provavelmente trará melhora na mortalidade que a mamografia convencional. Em particular, é a única tecnologia que detecta corretamente mais tumores em seios densos do que em seios não densos da mesma idade. Esse fato é corroborado pelo estudo de Chen et al. (2012) apud Oliveira et al. (2014) quando concluiu que os sistemas DR podem fornecer imagens com qualidade similar a partir de uma ampla variedade de valores de dose, visto que a dose em mamografia deve ser mantida tão baixa quanto possível, sem redução da qualidade da imagem (OLIVEIRA et al., 2014).

A maior vantagem da utilização desses sistemas digitais está na dose de radiação e da melhoria da resolução espacial. Esses sistemas produzem imagens em tempo reduzido, podendo ser armazenadas no próprio computador ou em mídias convencionais (BARUFALDI, 2016).

A busca por imagens mamográficas com qualidade, eventualmente, pode acarretar em doses desnecessárias. Por isso, é importante garantir o bom desempenho dos equipamentos e assegurar que as imagens mamográficas possuam um padrão adequado ao diagnóstico e que as doses permaneçam abaixo dos limites considerados aceitáveis (ALVES et al., 2015).

Complementa esse entendimento o estudo de Souza (2012) de que a mamografia digital tem acurácia diagnóstica muito semelhante à mamografia com filme nas mulheres a partir de 50 anos. Estudos mostram que tem maior acurácia quando comparada à mamografia com filme nas mulheres de 40 a 49 anos.

MAMOGRAFIA TRIDIMENSIONAL 3D

A mamografia tridimensional (3D), também chamada de tomossíntese mamária, nasceu de um antigo processo de reconstrução tomográfica: a tomografia linear. Com a inovação tecnológica da radiologia digital, a antiga técnica foi adaptada para diagnóstico de patologias mamárias, trazendo uma alta precisão com doses relativamente baixas de radiação (COSTA et al., 2016).

Na tomossíntese de mama digital 3D, as imagens tomográficas são reconstruídas a partir de várias projeções tomadas de diferentes ângulos. Esta técnica permite a geração de dados 3D e resolve o problema da sobreposição de tecido (NIKLASON et al., 1997). A tomossíntese mamária melhora a precisão do diagnóstico devido a melhor visualização das características de baixo contraste que são difíceis de descrever na mamografia convencional devido à sobreposição do tecido mamário (MICHELL et al., 2012; NARS; KAMR; SAKRANA, 2016).

Para mamas, a tomossíntese é usada como uma alternativa à tomografia computadorizada com custo significativamente menor e dose de radiação para o paciente. A tomossíntese de mama, em vários estudos, provou ser uma ferramenta eficaz para melhorar a detecção de lesões mamárias. A tomossíntese tem muitas propriedades que a tornam uma adequada modalidade para rastreio, incluindo boa performance diagnóstica, tempo de exame curto e baixa dose de radiação (TINGBERG, 2010).

A tomossíntese possui a capacidade de proporcionar uma maior detecção de nódulos do que a radiografia convencional a uma dose consideravelmente menor do que a tomografia computadorizada (MOLK; SEERAM, 2015), pois fornece informações volumétricas do objeto exposto à radiação (BARUFALDI, 2016).

De maneira diferente da mamografia convencional, o tubo de Raio X realiza um movimento simétrico angular step and shoot (pisar e filmar), parando totalmente a cada exposição. Após a realização de todas as exposições, a imagem digital é reconstruída, permitindo que o radiologista possa analisar o conteúdo volumétrico da mama (pilha de projeções).

DISCUSSÃO

A mamografia digital substituiu a mamografia convencional. A mamografia digital e convencional usam

raios X para produzir uma imagem da mama; no entanto, na mamografia convencional a imagem é armazenada

diretamente no filme, enquanto na mamografia digital, uma imagem eletrônica da mama é armazenada como um arquivo de computador. Esta informação digital pode ser aprimorada, ampliada ou manipulada para uma avaliação mais completa do que as informações armazenadas em filme. As imagens digitais também podem ser compartilhadas eletronicamente, tornando as consultas virtuais (remotas) entre radiologistas e cirurgiões de mama mais fáceis.

Mais recentemente, surgiu a tomossíntese mamária, que é um tipo de mamografia digital em que as máquinas de Raios-X são usadas para tirar fotos de fatias finas da mama de diferentes ângulos.

Cada tipo de equipamento de mamografia oferece suas vantagens e desvantagens em relação à qualidade da imagem, diagnóstico e custo, além da exposição das pacientes à radiação.

Recomenda-se que a prevenção e o controle do câncer de mama devem ser feitos periodicamente por meio de exames preventivos e a detecção precoce da doença, que está baseada no rastreamento por meio do exame clínico da mama e da mamografia, de acordo com a periodicidade estabelecida conforme a faixa etária da paciente e dos fatores de risco associados ao grau de desenvolvimento da doença.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. P. T. et al. *Prevalência de câncer de mama e associação com seus fatores prognósticos e preditivos*. Colloquium Vitae, v. 4, n. 1, p. 27-37, 2012.

ALVES, Fátima F. R. et al. Comparação entre os sistemas CR e DR utilizados na mamografia. Revista Brasileira de Física Médica, v. 9, n. 1, p. 2-6, 2015.

BARUFALDI, Bruno. *Caracterização do processo de aquisição da imagem digital e avaliação da dose de radiação em equipamentos mamográficos por intermédio de sistema computadorizado de gerenciamento e rastreamento de dados*. 2016. 131 f. Tese (Doutorado em Ciências), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2016.

COSTA, Maria Eduarda Fernandes et al. *Estudo dos diferenciais entre a tomossíntese mamária e a mamografia convencional: uma revisão integrativa*. In: Convibra, 2016. Disponível em: <http://www.convibra.com.br/upload/paper/2016/75/2016_75_12973.pdf>. Acesso em: 18 mai 2018.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER - INCA. *Tipos de câncer: mama*. Rio de Janeiro: INCA, 2017. Disponível em: <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home/mama>>. Acesso em: 19 mai. 2018.

Programa Nacional de Controle de Câncer de Mama. Rio de Janeiro: INCA; 2011. 15 p. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/fad72d004e-b684b68b379bf11fae00ee/pncc_mama.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=fad72d004eb684b68b379bf11fae00ee>. Acesso em: 18 mai. 2018.

KÖRNER, M. et al. *Advances in digital radiography: physical principles and system overview*. Radiographics., v. 27, n. 3, p. 675-86, 2007. Disponível em: <<http://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/rg.273065075>>. Acesso em: 19 mai. 2018.

MICHELL, M. J. et al. *A comparison of the accuracy of film-screen mammography, full-field digital mammography, and digital breast tomosynthesis*. Clin Radiol., v. 67, p. 976-81, 2012.

MOLK, N.; SEERAM, E. *Digital tomosynthesis of the chest: A literature review*. Radiography, v. 21, n. 2, p. 197-202, May 2015.

NARS, Manar Moutafa; KAMR, Wael Hamza; SAKRANA, Amal A. *Digital breast tomosynthesis and digital mammography for breast cancer diagnosis*. Int. J. Adv. Res., v. 4, n. 12, p. 1427-1434, 2016.

NIKLASON, L. T. et al. *Digital tomosynthesis in breast imaging*. Radiology., v. 205, p. 399-406, 1997.

OLIVEIRA, Bruno Beraldo et al. *Dosimetria e avaliação da qualidade da imagem em um sistema de radiografia direta*. Radiol Bras., v. 47, n. 6, p. 361-367, nov./dez. 2014.

SÉRADOUR, Brigitte; HEID, Patrice; ESTÈVE, Jacques. *Comparison of Direct Digital Mammography, Computed Radiography, and Film-Screen in the French National Breast Cancer Screening Program*. American Journal of Roentgenology, v. 202, n. 1, p. 229-236, January 2014.

SOUZA, Fabiano Hahn. *Mamografia digital em comparação com mamografia convencional no rastreamento de câncer de mama no Brasil: revisão sistemática, custo da doença e análise de custo-efetividade no Sistema Único de Saúde*. 2012. 212 f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

TINGBERG, A. *X-Ray Tomosynthesis: A review of its use for breast and chest imaging*. Rev. Radiation Protection Dosimetry., v. 139, n. 1-3, p. 100-7, Apr./May. 2010.

Caracterização do chumbo e da argamassa de barita em blindagens contra a radiação X

AUTORA

Marília Neitzke Reichow [marilia420@yahoo.com], estudante de tecnologia em Radiologia (UniFacVest/SC)

RESUMO

O artigo tem como objetivo avaliar as características dos elementos chumbo e da argamassa de barita utilizados na blindagem de instalações que utilizam radiação X. Analisar suas características de forma comparativa, evidenciando a média de preços e a densidade das matérias primas utilizadas para chegar ao produto final: lençol de chumbo e argamassa baritada. Para isso realizou-se uma pesquisa dentro das áreas que abrangem radioproteção e blindagem, revisando artigos acadêmicos, além da realização de uma média de preços obtidos em sites brasileiros de proteção radiológica.

Palavras chave: chumbo, argamassa de barita, blindagem.

ABSTRACT

The article has as objective to evaluate the characteristics of the elements lead and barite mortar used in the shielding of installations that use X-radiation, analyzing their characteristics in a comparative manner, showing the average price and the density of the raw materials used to arrive at the final product: sheets of lead and barium mortar. For this reason we performed a survey within the areas that encompass radioprotection and shielding, reviewing academic articles, in addition to the realisation of an average price obtained in Brazilian sites of radiological protection.

Key words: lead, mortar of barite, shielding.

INTRODUÇÃO

A radioproteção pode ser definida como um conjunto de normas, procedimentos e ações que buscam anular possíveis efeitos nocivos que podem vir a ocorrer à quem está sendo exposto à radiação ionizante ou efeitos que possam ocorrer ao meio ambiente. Para chegarmos a uma proteção radiológica satisfatória, estudos foram realizados, analisando os tipos de radiações, as fontes radioativas bem como a interação da radiação com a matéria, até chegarmos aos parâmetros de

blindagem conhecidos atualmente (TAUHATA et. Al. 2013). No começo da sua utilização estudiosos afirmavam que os danos aos tecidos biológicos eram oriundos, por exemplo, do calor gerado no ânodo, emissão de radiação ultravioleta e até mesmo por bactérias existentes na pele dos pacientes (ARCHER, et. al. 1983). A tabela 1 aborda a enorme evolução na conceituação de meios para proteção radiológica, bem como a limitação de dose e criação de diretrizes específicas.

PERÍODO	HISTÓRICO
1902	Rollins sugeriu a utilização de óculos absorvedores, blindagem de tubos com chumbo e limitação do campo de radiação
1913 - 1922	Surgimento dos primeiros guias de referência em radioproteção
1922 - 1928	Publicações específicas e recomendações oficiais
1928 - 1934	ICRP, definição de limites e principais diretrizes de radioproteção
Era moderna	Sofisticação das técnicas de radioproteção

Tabela 1. Histórico de conceitos de radioproteção, tabela construída a partir das afirmações de Archer.

Após associar os danos dos pacientes à radiação ionizante houve a ascensão de pesquisas sobre como melhorar a segurança dos procedimentos radiológicos e de que maneira a radiação danifica os tecidos corporais, buscando uma forma de diminuir a danificação dos mesmos. A blindagem de salas de raios X parte do princípio matemático da realização de cálculos capazes de determinar a espessura necessária de determinado material para barrar um valor X de radiação. A American Association of Physicists in Medicine (AAPM) e a National Council on Radiation Protection (NCRP), EUA, desenvolveram e testaram vários métodos para avaliar as propriedades de atenuação de materiais usados na radioproteção, e em 2004 baseados na publicação de Archer e col. (1983), colocaram em prática a nova norma de métodos para avaliação da atenuação. (COSTA, YOSHIMURA, 2011).

Um material para ser eficaz na blindagem radiológica, deve possuir um alto número atômico e uma densidade relativamente alta. O chumbo e a argamassa de barita cumprem os aspectos e são utilizados para barrar a radiação ionizante em diversos locais que utilizam radiação X.

A escolha do material a ser utilizado irá depender de diversos fatores, tais como: tipo de radiação, intensidade da radiação espalhada e a taxa de dose aceitável fora do material de blindagem (TAUHATA, L et. al. 2013), além do orçamento, estrutura do prédio, circulação relativa de pessoas e a existência de instalações que sejam ocupadas por pessoas.

Tendo em vista que os compostos químicos acima citados são os mais viáveis em proteção radiológica, viu-

se a necessidade de fazer uma comparação entre ambos, para enaltecer suas características e demonstrar suas diferenças.

Salas que contêm materiais radioativos que emitem radiação gama ou aparelhos que produzem radiação X podem ser blindadas por lençóis de chumbo, pois, a propagação e absorção da radiação irão depender do número atômico do elemento. Inúmeros elementos apresentam um número atômico alto, porém não apresentam as propriedades químicas e físicas necessárias que possibilitam uma blindagem adequada.

O chumbo possui uma coloração azulada e tem número atômico 82. Naturalmente encontra-se em estado sólido sendo, no entanto, um material flexível que permite um fácil manuseio ao operador e sua condutância elétrica é relativamente baixa. (INZ – INSTITUTO DE METAIS NÃO FERROSOS)

A argamassa de barita é uma mistura pronta, que leva em sua composição; cimento, areia, água e sulfato de bário. Esse composto está sendo muito utilizado pois sua blindagem é eficaz. As regiões brasileiras que possuem maior abundância em sulfato de bário são: Região Norte, Nordeste e Sudeste, sendo que seu principal componente é o sulfato de bário (BaSO₄). (ALMENIDA JUNIOR, A.T, 2005)

É importante salientar que o sulfato de bário é extraído do Bário e sua utilização como forma de blindagem se dá pela junção com outros componentes formando o produto final denominado de argamassa de barita, que possui uma densidade menor com relação ao sulfato de bário, podendo variar de acordo com a sua constituição, do local onde foi extraído e principalmente do vendedor.

Elemento	Densidade
Chumbo	11,4 g/cm ³
Sulfato de Bário	4,5 g/cm ³
Barita creme - São Paulo	2,99 g/cm ³
Barita roxa - Bahia	2,95 g/cm ³
Barita branca - Paraíba	3,10 g/cm ³

Tabela 2. Densidade do chumbo e argamassas baritadas utilizadas em blindagens radiológicas

METODOLOGIA

Para obtenção dos dados e resultados apresentados foi realizada uma revisão de literatura e diversas pesquisas voltadas para as áreas de blindagem e radioproteção, buscando avaliar as características químicas e físicas bem como a eficiência dos materiais (chumbo e argamassa de barita) na blindagem contra a radiação X.

RESULTADOS

Tanto o chumbo (Pb) quanto a argamassa de barita (BaSO₄) cumprem de modo eficaz o papel de barrar a radiação em salas que utilizam Raios-X como forma de diagnóstico. O chumbo é relativamente barato se comparado á materiais com densidades semelhantes á ele. O elemento Pb é recomendado em forma de lençol com o teor de pureza normalmente superior a 99,7 %. O preço varia de acordo com o fabricante, a espessura e as dimensões do lençol.

A argamassa de barita (BaSO₄) é um composto agregado e possui algumas vantagens com relação ao chumbo, como por exemplo: fácil manuseio e

aplicação, não é difícil encontrar no mercado nacional e possui a vantagem do custo benefício, sendo um material barato. Algumas desvantagens também foram constatadas: a determinação da espessura necessária de argamassa para barrar determinada energia muitas é feita de forma comparativa com o chumbo, o que pode ocasionar erros, graças ao dimensionamento superestimado uma vez que os materiais são diferentes. A barita pode gerar sobrecargas na estrutura do prédio, devendo este ser muito bem avaliado por um físico médico antes da aplicação do composto, para que não ocorram erros. Como a barita é um agregado que se aplica na parede depois de misturado com água sua espessura pode variar e normalmente a aplicação não ficará totalmente homogênea, o aplicador deve tomar muito cuidado para tentar deixar a parede com a mesma espessura desejada em toda a sua extensão. (LOPES, G. A., et. al., 2013)

A tabela 3 demonstra uma média de preços relacionados à utilização dos compostos, sendo que é necessário levar em consideração a mão de obra do aplicador.

Materiais	Dimensões/peso	Preço médio
Lençol de chumbo Espessura: 0,5 mm	2,19 m x 0,93 m 12,0 Kg	R\$ 550,00
Lençol de chumbo Espessura: 1,0 mm	2,19 m x 0,93 m 24,0 Kg	R\$ 900,00
Lençol de chumbo Espessura: 2,0 mm	2,19 m x 0,33 m 43,0 Kg	R\$ 1.185,00
Argamassa de barita Densidade: 3,2 g/cm ³	25,0 Kg	R\$: 1.350,00

Tabela 3. Média de preços dos lençóis de chumbo e argamassa de baritada no mercado Brasileiro de radioproteção

A radiação X, descoberta em 1895 por Wilhelm Conrad Röntgen, possibilitou a visualização de estruturas anatômicas sem a necessidade de intervenção cirúrgica. A radiação era vista como uma das maiores descobertas da época, porém, ainda não se conhecia os perigos da exposição demasiada aos raios.

Estudiosos da época, que utilizavam a radiação seja para diagnóstico ou estudo, sofreram diversas consequências devido à precariedade de conhecimentos sobre a descoberta. Thompson foi o primeiro a sugerir que os danos poderiam vir diretamente da radiação X.

A partir da sugestão de Thompson é que foram

estudados meios e formas de diminuir a dose, o tempo e buscar materiais que fossem eficientes na proteção de pacientes e blindagem de salas radiológicas. A importância das barreiras na proteção de profissionais, pacientes e terceiros é de suma importância e devemos nos ater aos mínimos detalhes para não fazer um projeto errôneo, visto que a radiação ionizante exige atenção redobrada, pois pode causar danos a saúde.

A escolha da utilização do chumbo ou argamassa de barita é relativa e depende de cada projeto. Deve-se avaliar cada ambiente para escolher o tipo de material a ser utilizado, visto que ambos possuem características específicas e suas indicações de uso são diferentes.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA J, A. T. de. - Caracterização de argamassas de barita como blindagens contra a radiação X e determinação experimental dos coeficientes de atenuação desses materiais. 2014. 135 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais).

ALMENIDA JUNIOR, A.T, 2005.s

ARCHER, B.R, History of the Shielding of Diagnostic X-ray Facilities. Health Physics, v.69, n. 5, p. 750758, 1995

ARCHER BR, Thornby JI, Bushong SC. Diagnostic X-ray Shielding Design Based on an Empirical Model of Photon Attenuation. Health Physics.

COSTA, R. P., IPEN (Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, 1999)

COSTA, R. P. e YOSHIMURA, M. E. – Departamento de Física Nuclear do Instituto de Física da Universidade de São Paulo – São Paulo, Brasil Determinação das propriedades de transmissão de argamassas baritadas, Revista Brasileira de Física Médica, 2011.

Instituto de Metais não Ferrosos ICZ – chumbo disponível em WWW.icz.org.br/chumbo

LOPES, G. A, Almeida Jr, A. T, SANTOS, M. A. , ARAÚJO, F. G., NOGUEIRA, M. ARAGÃO FILHO, G. L. - Determinação de camadas semi-redutoras e deciredutoras para bartia como blindagem contra radiação X em proteção radiológica, 2013, International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2013 Recife, PE, Brazil, November 24-29, 2013 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR - ABEN

Irradiação de sementes de feijão preto: avaliação do processo germinativo

AUTORES

Camila Souza Pedrosa [camila-saouza2010@hotmail.com], tecnóloga em Radiologia (Unesa); Pâmela de Souza Alves Silva [pamela183106@gmail.com], tecnóloga em Radiologia (Unesa); Yasmine Lima de Vasconcelos [yasminevasconceloslima@gmail.com], tecnóloga em Radiologia (Unesa); Luciano Santa Rita Oliveira [lucianosantarita@gmail.com], mestre em Radioproteção e Dosimetria

RESUMO

Este artigo tem como objetivo avaliar os efeitos de doses de radiações ionizantes gama abaixo de 50 kGy sobre a germinação das sementes de feijão pelo processo de irradiação, uma vez que com doses de 100 kGy +/-50% obtidas em irradiadores de grande porte não se observa a germinação. Foram irradiadas doze amostras com dez sementes cada e foram aplicadas nelas seis doses diferentes, com os seguintes valores: 0 - 0,7 - 2 - 6 - 15 e 45 kGy. Posteriormente, elas foram semeadas em terra esterçada separadas pelo valor de dose. Os resultados aqui apresentados mostram que as sementes das amostras germinaram, inclusive as que foram submetidas à dose de 45kGy.

Palavras chave: Irradiação; sementes; feijão

ABSTRACT

This paper aims to evaluate the effects of gamma ionizing radiation doses below 50 kGy on the germination of the bean seeds by the irradiation process, since at doses of 100 kGy +/-50% obtained in large irradiators. The germination is observed. Twelve samples were irradiated with ten seeds each and were applied in the same six different doses, with the following values: 0 - 0.7 - 2 - 6 - 15 and 45 kGy. The results presented here show that the seeds of the samples germinated, including those that were submitted to the dose of 45 kGy.

Keywords: Irradiation; Seeds; Bean

INTRODUÇÃO

A técnica de irradiação de alimentos tem como objetivo eliminar a ação de micro-organismos (fungos, bactérias, patógenos) sem causar nenhum dano ao alimento, reduzindo também às perdas naturais causadas por processos fisiológicos como maturação, brotamento e envelhecimento do alimento, tornando-o mais saudável para o consumo e com maior tempo de conservação. Utiliza-se uma fonte radioativa de cobalto 60 ou Césio 137, máquinas de aceleradores de elétrons ou geradores de raios x. (Lima,2000)

O alimento é exposto a uma dessas fontes dentro ou fora da embalagem por tempo e maneira adequada para cada um, vale ressaltar que o alimento exposto a radiação ionizante não causa mal algum ao consumidor e mesmo ele sendo exposto a tal radiação isso não significa que o tornará um alimento radioativo, pois a

radiação não interage com o núcleo do átomo, o que seria necessário para torná-lo radioativo. A técnica não deixa resíduos nos alimentos e associados ao processo de irradiação são realizados testes de controle de qualidade e também pesquisas científicas sobre o tema. (Neves, Manzione e Vieites, 2002)

Em doses mais baixas de irradiação, consegue-se inibir o brotamento do alimento tipo cebola, alho e brotar. Em doses intermediárias, é possível controlar a população de bactérias e fungos na superfície do alimento. Já em doses mais altas, consegue-se eliminar todos os micros organismos que podem levar ao estado de decomposição. Todos os alimentos que são submetidos à irradiação devem conter um selo em sua embalagem com o símbolo internacional da irradiação de alimentos que se chama radura. **Fig.1** (Lima,2000)



Figura 1. RADURA – Símbolo internacional da irradiação de alimentos

Em 2001, a ANVISA aprovou a Resolução (RDC) nº 21 a qual diz que qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento. Nela contém o Regulamento Técnico para Irradiação de alimentos no Brasil, em que foi considerada a necessidade de aperfeiçoamento das ações de controle, bem como a de atualizar, harmonizar e consolidar as normas e regulamentos técnicos relacionados a todos os alimentos tratados por irradiação. (Ornellas, 2006)

Em 1888 o farmacologista alemão Hugo Paul Friedrich Schulz foi o primeiro a descrever um fenômeno no qual substâncias tóxicas têm efeitos opostos, quando em baixas doses e em altas doses. Em seu experimento utilizando baixas doses de toxinas, houve estímulo ao crescimento de leveduras e, em altas doses, houve inibição ao crescimento. Juntamente com Rudolf Arndt, elaborou a lei de Arndt-Schultz a qual preconiza que produtos pouco irritantes estimulam a atividade e os altamente irritantes inibem qualquer atividade. Muito antes ainda, Hipócrates preconizava a utilização de doses diminutas de substâncias tóxicas para tratar doenças.

Este conceito é coincidente com o fenômeno conhecido por hormese ou hormesis. O termo foi primeiramente utilizado em 1942 para descrever o estímulo ao crescimento de um fungo, a baixas concentrações de um antibiótico natural que, a altas concentrações, suprimia o desenvolvimento deste mesmo fungo (Okazaki, 1995).

Hormesis é um fenômeno de dose resposta que é caracterizado por estímulos com baixas doses e inibição a altas doses. (Calabrese e Baldwin, 1997, 2001, 2003a, 2003b; Calabrese 2008).

Este fenômeno, não é apenas observado pelo uso de agentes químicos, mas de qualquer agente que possa causar estresse, incluindo-se as radiações ionizantes.

Segundo LUCKEY, 1980, hormesis é a estimulação através de baixas doses de qualquer agente potencialmente danoso. Radiações horméticas são, portanto, radiações em baixas doses que promovem estímulos a determinado organismo. Radiações ionizantes têm por sua vez a possibilidade de atingir o organismo por completo, estimulando todas as células quase que instantaneamente, o que não ocorre com o uso de substâncias químicas.

Com o avanço das pesquisas no campo da irradiação, no final do século XIX observou-se alguns benefícios que doses baixas de radiação podem causar a organismos vivos. Efeitos biopositivos como a aceleração do crescimento em *Oscillatoria* (alga verde-azulada) foram descritos já em 1898, por Atkinson. No mesmo ano, Maureney e Thourenin observaram uma aceleração na germinação de sementes irradiadas com raios X. A ocorrência de efeitos biopositivos de radiações ionizantes em baixas doses e de radiações UV tem sido observada em plantas e células isoladas, desde o início do século passado com os primeiros estudos de JENSEN, 1907. GAGER, 1908 também observou em plantas que havia estímulo ao metabolismo quando da utilização de doses baixas do

mineral Rádio. No entanto, a reprodutibilidade, tanto qualitativa quanto quantitativa é baixa, o que dificulta tais estudos (NIEMANN, 1976).

Desde então os efeitos estimulantes das radiações eletromagnéticas têm sido observados em uma ampla gama de seres vivos, desde protozoários e bactérias até plantas e animais superiores, incluindo o homem.

Vários trabalhos têm demonstrado que a irradiação ionizante pode aumentar a produção de plantas, surgindo assim como um método alternativo para aumentar a produção de culturas de importância econômica. Apesar da “Teoria Hormesis” ter se confirmado em experimentos e observações realizadas ao longo dos anos, são relativamente poucos os pesquisadores que se dedicam ao estudo deste fenômeno. A dificuldade no estabelecimento de curvas de dose resposta, a falta de um mecanismo de ação específico para explicar as mudanças envolvidas, assim como a dificuldade na reprodutibilidade, são provavelmente alguns dos fatores responsáveis pela negligência com que o fenômeno hormesis tem sido tratado.

O efeito estimulante das radiações gama foi comprovado por diversos pesquisadores, em diferentes organismos como bactérias, fungos, leveduras, algas, plantas, invertebrados e até mesmo no homem (LUCKEY, 1980, WIENDL, 1995, FRANCO, 1999; BOVI, 2003, entre outros). Os exemplos mais conhecidos de efeitos benéficos de doses baixas de radiação em plantas e animais são o aumento na germinação de sementes, a aceleração no crescimento, o aumento da longevidade, a melhora da fertilidade, a prevenção de tumores e o aumento na resistência à infecção (BROWN, 1988).

O mecanismo de ação da hormesis não é totalmente compreendido, mas especula-se, que ele esteja relacionado com a produção de radicais livres, reparo e substituição celular (SAGAN, 1991).

Radicais livres em altas concentrações produzem

danos aos tecidos por meio de interações, por exemplo, com DNA, proteínas, lipídeos das membranas celulares, produzindo peróxidos lipídicos (OKAZAKI, 1995).

Ainda de acordo com OKAZAKI, 1995, estudos sugerem que, baixas concentrações de radicais livres podem ser benéficas e mesmo necessárias para o crescimento celular. O organismo vivo dispõe de um sistema defensivo 7 contra os efeitos de radicais livres gerados pela radiação ou por outros agentes, por uma série de antioxidantes, incluindo as enzimas catalase, peroxidase, superóxido dismutase e certos íons metálicos. Reações entre estes agentes, oxidantes e antioxidantes são pouco compreendidas. Admite-se que a extensão do dano ao tecido seja decorrente do equilíbrio entre radicais livres gerados e o sistema defensivo de proteção com os antioxidantes. Estas observações sugerem uma possível explicação para a proteção resultante de radiação de doses baixas ou outros agentes que produzem radicais livres (LOKEN & FEINENDEGEN, 1993). Se a radiação estimula a síntese de antioxidantes têm se então um aumento geral na sua produção contra oxidantes. Vários autores têm demonstrado que um destes antioxidantes, a timidina-kinase tem seu teor aumentado pela radiação em doses baixas (OKAZAKI, 1995).

Ainda no caso de radiações hormesis as baixas doses estimulantes podem não excluir a existência de efeitos adversos e sendo assim, ambos os efeitos coexistem, provocando ao mesmo tempo efeitos benéficos e danosos (SAGAN, 1991).

O objetivo deste trabalho foi irradiar sementes de feijão com valores doses de 0,7 – 2 – 6 – 15 e 45 kGy inferiores a 50 kGy, uma vez que com doses de 100 kGy +/-50% obtidas em irradiadores de grande porte não se observa a germinação, plantá-las em solo estercoado e analisar se ocorria a germinação das sementes de feijão preto e compará-las feijão preto não irradiado.

METODOLOGIA

MATERIAIS E MÉTODOS

A irradiação de sementes de feijão foi realizada no Laboratório de irradiação de materiais do Instituto

de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN), localizado no Centro Tecnológico do Exército (CTEx), utilizando um gerador de irradiação do tipo cavidade blindada composto por um sistema – **Fig. 2**



Figura 2. Irradiador de pesquisa do CTEx

Tem-se na literatura que semente de feijão é comercialmente irradiado com 100 kGy para evitar brotamento. Também é estimado que irradiadores comerciais possuem uma margem de variabilidade na dose aplicada de 50%, assim pode-se supor que doses abaixo de 50 kGy possam ainda permitir brotamento e que quanto mais próximo de 50 kGy, menor a probabilidade de ocorrência do mesmo.

Desta maneira, foram escolhidas doses que varram um intervalo amplo de exposições para investigar qual das amostras de sementes irradiadas que irão germinar.

Divide-se por 3 essa dose e as demais e obteve as cinco doses que aplicadas se deu:

45 kGy, 15 kGy, 6 kGy, 2 kGy, 0,7 kGy. (resultados obtidos no programa de cálculo de dose do IDQBRN desenvolvido pelo Dr. Helio Carvalho Vital)

Tabela 1

Doses maiores (irradiação normal no centro do irradiador) [Taxa de dose máxima] [22,92 Gy/min].

Doses kGy	Tempo de Exposição	Probabilidade de
45 kGy	1m 58s	0-20%?
15 kGy	39s	5-40%?
6 kGy	4s	20-70%?

[Resultados obtidos no programa de cálculo de dose do IDQBRN desenvolvido pelo Dr. Helio de Carvalho Vital]

Razão Relativa de Germinação = Probabilidade de germinação do tratamento dividido pela probabilidade de germinação das sementes não irradiadas

Tabela 2

Doses menores (irradiação na montagem atenuadora de chumbo) [1,2% da taxa de dose máxima] [0,275 Gy/min]

Doses kGy	Tempo de Exposição	Probabilidade de
2 kGy	7m 15s	0-20%?
0,7 kGy	2m 31s	5-40%?

[Resultados obtidos no programa de cálculo de dose do IDQBRN desenvolvido pelo Dr. Helio de Carvalho Vital]

Razão Relativa de Germinação = Probabilidade de germinação do tratamento dividido pela probabilidade de germinação das sementes não irradiadas

Cálculo do tempo de exposição

Os resultados do tempo de exposição seguem o programa de cálculo de dose do IDQBRN adotado no Laboratório de Irradiação de Materiais do Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN) de auditoria do Dr. Heio Carvalho Vital, localizado no Centro Tecnológico do Exército (CTEx) e segue o padrão para determinar a dose que usada em cada amostra.

TEMPO DE EXPOSICAO

GAVETA NO CENTRO DA CAMARA SUPERIOR DO BPCDI

Autor: Helio C. Vital (IDQBRN, MAIO DE 2008)

Dose Média Total Desejada (Gy)? 45

Diâmetro ou Altura Máxima da Amostra (cm)? 0.4

Densidade da Amostra (g/cm³)? 1.1

Geom. Amostra: Esf.(=1); Cil.(=2); Ret.(=3)? 1

Fatores para Calculo da Taxa de Dose Efetiva

Decaimento	Altura	Auto-Atenuação	Total
0.6731	0.9920	0.9969	0.6657

Taxa Média: 22.899 Gy/min

Dose de transito (exposição e recolhimento somados):

5.72 Gy

Tempo a programar para cada meia exposição: 0h 0m

59.0s

Tempo a programar para uma exposição continua: 0h 1m

57.9s

Dose Média Total Desejada (Gy)? 15

Diâmetro ou Altura Máxima da Amostra (cm)? 0.4

Densidade da Amostra (g/cm³)? 1.1

Geom. Amostra: Esf.(=1); Cil.(=2); Ret.(=3)? 1

Fatores para Calculo da Taxa de Dose Efetiva

Decaimento	Altura	Auto-Atenuação	Total
0.6731	0.9920	0.9969	0.6657

Taxa Média: 22.899 Gy/min

Dose de transito (exposição e recolhimento somados):

5.72 Gy

Tempo a programar para cada meia exposição: 0h 0m

19.7s

Tempo a programar para uma exposição continua: 0h 0m

39.3s

Dose Média Total Desejada (Gy)? 6

Diâmetro ou Altura Máxima da Amostra (cm)? 0.4

Densidade da Amostra (g/cm³)? 1.1

Geom. Amostra: Esf.(=1); Cil.(=2); Ret.(=3)? 1

Fatores para Calculo da Taxa de Dose Efetiva

Decaimento	Altura	Auto-Atenuação	Total
0.6731	0.9920	0.9969	0.6657

Taxa Média: 22.899 Gy/min

Dose de transito (exposição e recolhimento somados):

5.72 Gy

Tempo a programar para cada meia exposição: 0h 0m

7.9s

Tempo a programar para uma exposição continua: 0h 0m

15.7s

Taxa de irradiação no tijolo 1 (superior esquerdo) do castelo de chumbo: $(22,9+-0,9) \times 0,012 = (0,275+-0,011)$ Gy/min

Dose de trânsito atenuada = $5,72 \text{ Gy} \times 0,012 = 0,069 \text{ Gy}$

Cálculo do tempo de exposição "t" (s) para 2 Gy:

$$(t - 0,25) * 0,275 + 0,069 = 2 \Rightarrow 0,275 t = 2 - 0,069 + 0,25 * 0,275 = 7,27 \text{ min.} = 7 \text{ min } 16 \text{ s}$$

Cálculo do tempo de exposição "t" (s) para 0,7 Gy:

$$(t - 0,25) * 0,275 + 0,069 = 0,7 \Rightarrow 0,275 t = 0,7 - 0,069 + 0,25 * 0,275 = 2,5445 \Rightarrow 2 \text{ min } 32 \text{ s}$$

METODOLOGIA

O feijão é uma leguminosa que constitui alimento elevado valor nutritivo, pois é ricos em carboidratos, aminoácidos, substâncias protéicas, vitaminas do complexo B e sais minerais, sendo que os encontrados em maior quantidade são o potássio, o sódio, o cálcio, o magnésio, o ferro e, principalmente, o manganês, além

de fibras solúveis em abundância.

Existem centenas de espécies que variam em função do tamanho da planta, do grão de sabores e cores. A espécie utilizada neste trabalho foi o feijão preto.

Com o objetivo de avaliar o processo germinativo das sementes irradiadas comparadas a sementes não irradiadas e a diferentes tipos de dose. Com doze amostras

separadas, cada uma obtinha dez sementes de feijão preto da marca Máximo do lote- 49M68100317A, com vencimento em 10/09/2017 PCT: 00000210. 09h32min. As sementes colocadas em envelopes de ziplock e assim divididas duas amostras por dose **Fig. 3 e 4**. Essas doses foram definidas através dos cálculos citados acima pelo programa do IDQBRN DO Dr. Helio Carvalho Vital.



Figura 3. sementes sFigura 3 sementes separadas em envelopes de ziplock



Figura 4. sementes preparadas para receber irradiação

A menor dose que o irradiador pode dar é de 6kGy, sendo assim, nas sementes que receberam dose menor que 6kGy foi preciso construir uma blindagem de chumbo tipo castelinho para atenuar a dose e conseguir uma taxa menor de operação do equipamento como na **Fig. 5**.

A taxa de dose sendo menor precisou de um tempo quase 100 vezes maior. As amostras tratadas foram submetidas a doses de 45 kGy num tempo de 1min 58s , 15 kGy num tempo de 39s , 6 kGy num tempo de 14s, 2 kGy num tempo de 7min15s, 0,7 kGy num tempo de 2min31s e uma amostra que não foi irradiada.

O processo de irradiação reduz a carga microbiana

combatendo a ação de bactérias e fungos que deterioriza o alimento, tornando assim o alimento mais saudável para o consumo e com maior tempo de conservação.



Figura 5. construção do castelinho de chumbo

Preparação das sementes

As sementes irradiadas e não irradiadas foram preparadas para o solo onde utilizamos vasos de plástico com terra esterçada, onde cada um recebeu 20 sementes. Após o plantio, foram expostas ao sol e regadas uma vez ao dia como mostra na Fig. 6 e 7.



Figura 6. Momento do plantio das sementes



Figura 7. Todas as sementes plantadas

A hormese significa que um determinado produto tem efeitos opostos em doses altas e em doses baixas. Hormesis é um fenômeno de dose resposta que é caracterizado por estímulos com baixas doses e inibição a altas doses. (CALABRESE e BALDWIN, 1997, 2001, 2003a, 2003b; CALABRESE 2008).

O princípio de radiação ionizante diz que toda radiação é prejudicial à saúde mesmo em doses baixas; a hormese contradiz esse princípio, no caso de doses não altas, efeitos benéficos de estímulo ao organismo podem ser observados. Mas não podemos esquecer que esta mesma faixa de dose pode nos causar efeito estocástico. O efeito estocástico ocorre quando a probabilidade de ocorrência é proporcional a dose radiação recebida, sem existência de limiar. Isto significa que doses pequenas, abaixo dos limites estabelecidos por normas e recomendações de radioproteção, podem induzir tais efeitos. Entre esses efeitos, destaca-se o câncer. O período de detecção após a exposição pode chegar até 40 anos.



Figura 8. Início da germinação

Instrumento de Medição

Após o dia 06/04/2017, data da irradiação das sementes, houve observação durante nove dias, todas começaram a germinar com dois dias, como na Fig. 8, e foram registrados o seu crescimento e, como medida, usamos o caule para diferenciar quantos germinaram e o tamanho que cada um cresceu neste período. No dia 15/04/2017, com a evolução das sementes, decidimos medir usando uma fita métrica, tipo plástica, como na unidade de medida em centímetros, conforme na Fig. 9.



Figura 9. Fonte de medida e caules medidos

RESULTADOS

As sementes foram irradiadas com doses de 45; 15; 6; 2 e 7 kGy a fim de avaliar qual gerasse o maior desenvolvimento do planta o fator analisado foi a altura.

A tabela 3 mostra a altura do caule em cm após nove dias de plantadas para as sementes irradiadas e não irradiadas (representada com 0 kGy).

RESULTADOS DE MEDIDAS DO CAULE EM CM DAS 20 SEMENTES POR VASO EM 15/04/2017 DATA DA MEDIÇÃO.

Dose kGy	Medida de Cada Semente por Vaso																		
	0	7,5	9	23	25	26	27	27	27	27	27	29	29	30	30	30	31	31	31
0 kGy	0	7,5	9	23	25	26	27	27	27	27	27	29	29	30	30	30	31	31	31
0,7 kGy	0	5	12	18	21	29	29	30	31	31	31	31	32	33	33	33	34	35	35
2 kGy	0	0	0	19	22	28	29	30	30	30	30	31	31	31	31	33	33	33	33
6 kGy	0	0	0	24	29	30	30	30	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32	34
15 kGy	0	0	23	27	27	27	27	27	28	30	30	30	30	30	31	32	32	32	34
45 kGy	0	0	0	15	27	28	29	30	30	30	31	31	33	33	34	35	35	36	36

Tabela 3

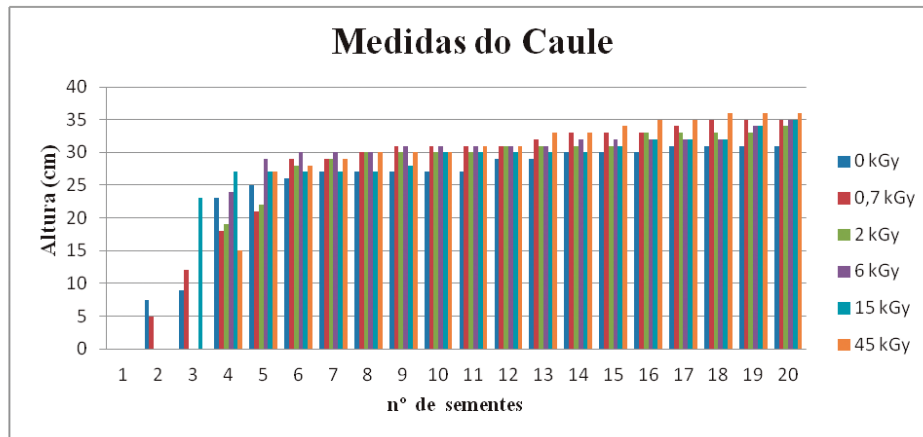


Gráfico 1. Representação da Tabela 3

O comportamento da altura da planta em função de cada dose aplicada

DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos, estabeleceram-se as seguintes conclusões: o tratamento com irradiação do feijão preto com doses abaixo de 100kGy afetou positivamente a avaliação da germinação pela quantidade de sementes que foram irradiadas. A irradiação no feijão preto obteve resultados expressivos e satisfatórios, especialmente na amostra irradiada com a dose de 45kGy que apresentou a germinação da semente acima do esperado, que era de 4 sementes.

Este conceito é coincidente com o fenômeno conhecido por hormese ou hormesis. O termo foi primeiramente utilizado em 1942 para descrever o estímulo ao crescimento de um fungo, a baixas concentrações de um antibiótico natural que, a altas concentrações, suprimia o desenvolvimento deste mesmo fungo (OKAZAKI, 1995).

Este fenômeno não é apenas observado pelo uso de agentes químicos, mas de qualquer agente que possa causar estresse, incluindo-se as radiações ionizantes.

Segundo LUCKEY, 1980, hormesis é a estimulação através de baixas doses de qualquer agente potencialmente danoso. Radiações horméticas são, portanto, radiações em baixas doses que promovem estímulos a determinado organismo. Radiações ionizantes têm por sua vez a possibilidade de atingir o organismo por completo, estimulando todas as células quase que instantaneamente, o que não ocorre com o uso de substâncias químicas.

Com o avanço das pesquisas no campo da irradiação, no final do século XIX, observou-se alguns benefícios que doses baixas de radiação podem causar a organismos vivos. Efeitos biopositivos como a aceleração do crescimento.

AGRADECIMENTO

O grupo gostaria de deixar aqui o agradecimento a enorme colaboração do Dr. Hélio de Carvalho Vital em todo o processo de irradiação das sementes, ele que é pesquisador do Laboratório de irradiação de materiais do Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN), localizado no Centro Tecnológico do Exército (CTEx).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, N. M. C. et al. Germinação de sementes de amendoim irradiadas com cobalto (^{60}Co). In: *Congresso*

Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, Vitória, ES: Centro de Convenções de Vitória, 2010. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/093/42093122.pdf. Acesso em 15 de ago. de 2017.

BOVI, J. E. et al. Efeito de baixa irradiação gama de sementes de beterraba no crescimento e rendimento das plantas. *Jornal de Agricultura Nuclear e Biologia*, v. 32, n. 2, p. 122-124, 2003. Disponível em: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:35023574. Acesso em 15 de ago. de 2017.

- BROWN, K. *Does a little radiation do you good?* Atom, n. 378, p. 26-27, 1988.
- CAMARGO, C. E. O. et al. *Avaliação de linhagens de trigo originárias de hibridação com e sem irradiação gama*. Bragantia, Campinas, v. 64, n. 1, p. 61-74, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v64n1/23853.pdf>. Acesso em 15 de ago. 2017
- HERNANDES, N. K. et al. *Irradiação de Alimentos: Vantagens e limitações*. *Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 37, n. 2, p. 154-159, 2003.
- ICGFI. *Facts About Food Irradiation*. International Consultative Group on Food Irradiation Document. FAO/IAEA, Vienna, 1999.
- LIMA, R. Q. *Irradiação de Alimentos*. *Revista Militar de Ciência e Tecnologia*, v.17, n. 3, p. 128-135, 2000. Disponível em: http://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_3_quad_2000/irradia_alim.pdf. Acesso em 15 de ago. de 2017.
- MIRANDA, H. L. C. et al. *Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas à radiação gama*. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1320-1236, ago. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n5/a167cr178.pdf>. Acesso em 15 de ago. de 2017.
- NEVES, L. C. et al. *Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (PRUNUS PERSICA VAR. NUCIPERSICA) frigoconservada*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, n.3, p.676-679, dez. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v24n3/15110.pdf>. Acesso em 15 de ago. de 2017.
- OMI, N. M. *A irradiação de alimentos e os hábitos alimentares atuais*. In: International Nuclear Atlantic Conference, 2005, Santos. Anais do INAC. Santos, SP: Associação Brasileira de Energia Nuclear, 2005. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2005/full/580.pdf>. Acesso em 15 de ago. de 2017.
- ORNELLAS, C. B. D. et al. *Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos*. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 26, n. 1, p. 211-213, jan.-mar. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28872.pdf>. Acesso em 15 de ago. de 2017.
- SANT'ANA, A. S.; ARAÚJO, I. O. *Irradiação e a Segurança e Qualidade Microbiológica dos Alimentos*. *Revista Higiene Alimentar*, v. 21, p. 37-51, 2007.
- VITAL, H. C.; JÚNIOR, M. F. *A irradiação de alimentos*. In: ROSENTHAL, A. *Tecnologia de Alimentos e Inovação*. 1. ed. Brasília: Embrapa, p. 149-164, 2008.
- VITAL, H.C. et al. *Perspectiva do uso de irradiador gama no Instituto de Projetos Especiais*. In: Congresso Geral de Energia Nuclear, Anais do VI CGEN. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Energia Nuclear, 1996.
- VITAL, H. C. et al. *Experimentos dosimétricos no irradiador gamado IPE*. In: ENCONTRO NACIONAL DE APLICAÇÕES NUCLEARES (ENAN), 5, Rio de Janeiro, 2000.
- WIENDL, T. A. *Efeitos de baixas doses de radiação gama do Co-60 (Radio-hormesis) em sementes de tomate*. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Toni%20Andreas%20Wiendl_D.pdf. Acesso em 15 de ago. de 2017.

Tromboembolismo pulmonar diagnosticado por angiotomografia

AUTORES

Juan Carlos Soares Vidal [juanvidal.jsv@gmail.com], técnico em Radiologia; Laís Isabel Rodrigues de Sales [laisisab@gmail.com], técnica em Radiologia; Ruth Alves Vieira [ruthalvieira@gmail.com], técnica em Radiologia; Ismael Anastácio Leite [ism147ael@gmail.com], técnico em Radiologia; Josiherbethy Rodrigues de Oliveira [josiherberthy@gmail.com], estudante de medicina; Moisés Alves Vieira [moisesmed2016@gmail.com], estudante de medicina

RESUMO

Introdução: O Tromboembolismo Pulmonar (TEP) é considerado, estatisticamente, a condição cardiovascular mais comum após a doença arterial coronariana e o acidente vascular cerebral, atingindo 5-6/1000 aos 80 anos. É um quadro de grande importância médica haja vista que geralmente não é diagnosticado nem ao menos suspeitado até que o paciente venha a óbito. Desse modo, objetivou-se entrelaçar os achados de imagem com a sintomatologia do paciente em estudo, conferindo um diagnóstico mais preciso e de extrema relevância para tratamento do paciente. **Metodologia:** Relato de caso de um paciente do sexo masculino, 55 anos, admitido para tratamento de manifestações clínicas e traumáticas na região torácica, suspeitando, assim, de TEP após ter se envolvido em acidente automobilístico, encontrando-se acamado, com fratura de membro inferior esquerdo, na altura do platô tibial. Angiotomografia Torácica com protocolo específico para TEP seria o primeiro exame de imagem escolhido, para a elucidação do quadro patológico do paciente. **Resultados/ Discussões:** Nesse caso, associado aos sintomas clínicos apresentados de dispnéia e dor torácica, a história progressiva de imobilização após trauma automobilístico é um dos principais fatores de risco da tríade de Virchow: estase venosa, lesão endotelial e hipercoagulabilidade. A estratificação de risco para uma abordagem inicial e ressuscitação em casos de suspeita de EP, juntamente com a angiografia foram cruciais para um melhor prognóstico clínico. **Conclusão:** Demonstrou-se que a associação entre o exame clínico do paciente e a angiotomografia se mostraram essenciais tanto para o diagnóstico final e entendimento do prognóstico, como também para a construção da melhor conduta terapêutica.

Palavra-chave: tromboembolismo pulmonar, angiotomografia, traumatismo torácico.

ABSTRACT

Introduction: Pulmonary thromboembolism (PTE) is considered the most common cardiovascular condition after coronary artery disease and stroke, reaching 5-6 / 1000 at age 80. It is a picture of great medical importance since it is generally not diagnosed or even suspected until the patient dies. Thus, it was aimed to interweave the imaging findings with the symptomatology of the patient under study, giving a more accurate and extremely relevant diagnosis for the patient's treatment. **Methodology:** Case report of a male patient, 55 years old, admitted for treatment of clinical and traumatic manifestations in the thoracic region, thus suspecting PE after being involved in an automobile accident, being bedridden, with a fracture of the lower left limb, at the height of the tibial plateau. Thoracic angiotomography with a specific PET protocol would be the first image exam chosen to elucidate the patient's pathology. **Results / Discussion:** In this case, associated with clinical symptoms of dyspnea and chest pain, the previous history of immobilization after automobile trauma is one of the main risk factors for Virchow's triad of stasis, venous injury, or hypercoagulability. The risk stratification for an initial approach and resuscitation in cases of suspected PE along with angiography were crucial for a better clinical prognosis. **Conclusion:** It was demonstrated that the association between the clinical examination of the patient and the angiotomography were essential for both the final diagnosis and understanding of the prognosis, as well as for the construction of the best therapeutic approach.

Keywords: pulmonary thromboembolism, angiotomography, thoracic trauma.

INTRODUÇÃO

O tromboembolismo venoso (TEV) inclui a combinação entre trombose venosa profunda (TVP) e tromboembolismo pulmonar (TEP), sendo o TEP uma doença comum e causadora de morbidade e de mortalidade elevadas em todo o mundo.⁴ O TEP é considerado estatisticamente a condição cardiovascular mais comum após a doença arterial coronariana e o acidente vascular cerebral (DOGAN et al, 2015). O tromboembolismo da artéria pulmonar ou de seus ramos é uma lesão aguda resultante, significativamente, de uma complicação aguda da TVP. A literatura afirma que em 90% dos casos, o local de partida são as veias dos membros inferiores a partir de tromboflebite, mas também podem originar-se no sistema subclávio-axilar e nas veias renais. (GARCÍA-FUSTER et al, 2014; TAPSON, 2012; YAN et al, 2017; DURU et al, 2012)

É um quadro de grande importância médica haja vista que geralmente não é diagnosticado nem ao menos suspeitado até que o paciente venha a óbito (TAPSON, 2012). Alguns dos fatores de risco para o surgimento do tromboembolismo pulmonar são: a idade do paciente (envelhecimento), a obesidade, o repouso no leito, doença neurológica com paresia de perna, trauma ou cirurgia (especialmente de MMII e quadril) além de fatores genéticos como a deficiência da antitrombina III, proteína C e proteína S (CUKIC, 2014; HEIT, 2015). Nas mulheres destaca-se a utilização de anticoncepcionais, na gravidez e no puerpério, como fator predisponente à sua ocorrência (HEIT, 2015).

À medida que o êmbolo se desprende do seu local de origem e atinge as veias mais calibrosas como as veias cavas, aumenta-se a probabilidade de embolização pulmonar (TAPSON, 2012). O conseqüente aumento da pós-carga sobre o ventrículo direito impede que ele execute sua função contrátil normal, apresentando-se, pois, hipocinético devido ao aumento da resistência pulmonar (TAPSON, 2012). Além disso, o aumento súbito de pressão na artéria pulmonar aumenta a demanda de oxigênio pelo miocárdio do ventrículo direito que pode evoluir para disfunção, infarto, choque cardiogênico, colapso circulatório e morte (YAKAR et al, 2016). A apresentação clínica do tromboembolismo pulmonar agudo não apresenta um conjunto de sinais e sintomas específicos, mas alguns deles são: dispnéia, taquipnéia, taquicardia, dor pleurítica, síncope, tosse e hemoptise

(TAPSON, 2012; YAKAR et al, 2016).

Podem ainda ser utilizados testes diagnósticos auxiliares, como a gasometria arterial para demonstrar a hipoxemia e a hipocapnia, no entanto apresentam baixa sensibilidade para a doença. A radiografia de tórax pode ser solicitada, contudo, muitas vezes, seu resultado é sem anormalidade ou minimamente anormal. Destaca-se que a angiografia pulmonar por tomografia computadorizada é padrão-ouro no diagnóstico do TEP e apresenta alta sensibilidade e alta especificidade e, portanto, respectivamente com baixo número de falsos negativos e de falsos positivos (DOGAN, H. et al., 2015). Deve-se salientar, ainda, que esse método diagnóstico pode ser utilizado em todos os pacientes com suspeita de tromboembolismo pulmonar e sem contraindicações como alergias ou insuficiência renal (clearance de creatinina < 50 mg/dl) (DURU et al, 2012).

O trabalho foi desenvolvido objetivando entrelaçar os achados de imagem com a sintomatologia do paciente em estudo. Conferindo a sintomatologia um papel preventivo na detecção de TEP e aos achados de imagem um diagnóstico mais preciso e de extrema relevância para tratamento do paciente.

METODOLOGIA

Este estudo é um relato de caso de um paciente do sexo masculino, 55 anos, admitido para tratamento de manifestações clínicas e traumáticas na região torácica, suspeitando assim de TEP, após ter se envolvido em acidente

automobilístico, encontra-se acamado, com fratura de membro inferior esquerdo, na altura do platô tibial (imagem 1). O paciente, após a cirurgia, encontra-se em um quadro que predispõe a formação de tromboembolismo, pois fraturas e estase sanguínea compõem fatores precursores do trombo.



Figura 1. Reconstrução tomográfica em 3D e MIP, evidenciando múltiplas fraturas na perna esquerda.

Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)

Angiotomografia Torácica, com protocolo específico para TEP, seria o primeiro exame de imagem escolhido para a elucidação do quadro patológico do paciente, com uma alta sensibilidade e acurácia de até 92%, que visa primordialmente o estudo da artéria pulmonar e suas ramificações, pois 90% dos trombos se originam

dos membros inferiores, soltam-se, viajam o corpo e se pararem na região torácica, necessariamente será na artéria pulmonar e suas ramificações. Figura: 2, 3, 4 (A, B), mostra a anatomia dos vasos torácicos sem a presença de nenhuma lesão, através de uma angiotomografia torácica para estudo de TEP.



Figura 2. Angiotomografia em corte axial mostrando artéria torácica, azul (esq), branca (dir). Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)

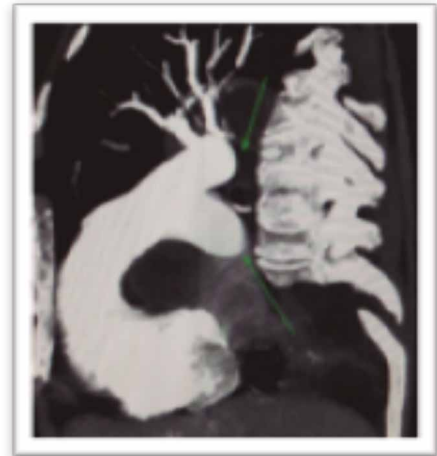
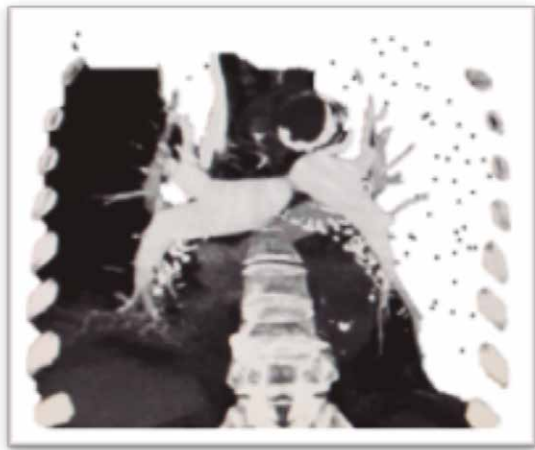


Figura 3. Angiotomografia corte coronal (esq), corte sagital imagem (dir), ambas mostrando artéria torácica pulmonar com contraste. Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)

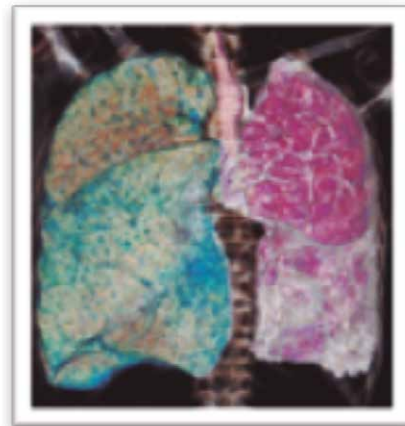
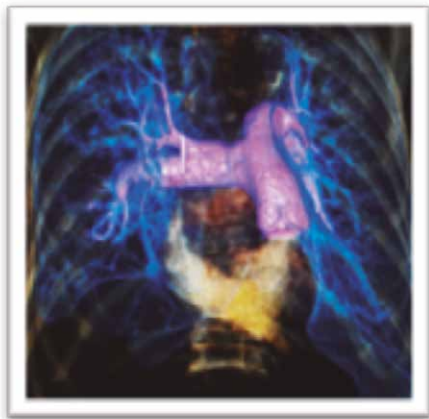


Figura 4. Reconstrução 3D, artéria pulmonar (esq) e campos pulmonares (dir) . Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)

Após paciente ter complicações em sua cirurgia, evoluindo para dor torácica e dispnéia, foi sugerido uma angiotomografia torácica, “um exame por tomografia com administração do meio de contraste da região dos vasos torácicos”, para melhor avaliação diagnóstica.



Figura 5. Tomografia Computadorizada (esq). Simulando a administração do contraste (dir). Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)

A angiotomografia foi realizada com 50ml de contraste, iodado não iônico, através de uma bomba injetora para ter alto fluxo em bolus.



Figura 6. Contraste (esq). Bomba Injetora (dir). Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)

Através das imagens adquiridas tomograficamente, com cortes finos e uma alta resolução do tórax, foram observadas falhas de enchimento de contraste no tronco da artéria pulmonar e suas ramificações. Tais achados, em conjunto com o histórico clínico do paciente, direcionaram o diagnóstico para TEP.

Quanto ao exame de imagem, nota-se a

importância da Tomografia Computadorizada no protocolo para estudo de TEP, com uma alta acurácia.

As imagens abaixo refere-se ao exame solicitado para o paciente deste estudo de caso. Evidenciando o trombo impactado na artéria pulmonar e seus ramos, mostrado nas reconstruções das imagens. (Figuras 7, 8, 9).

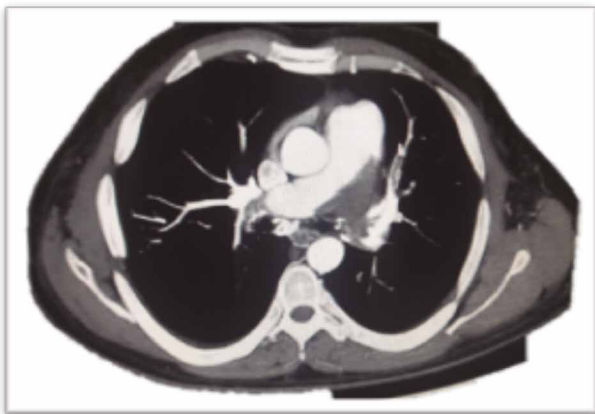


Figura 7. Imagem axial evidenciando trombo no tronco da artéria. Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)



Figura 8. Imagem Coronal mostrando o trombo através da falha de enchimento do contraste na artéria pulmonar, ramo esquerdo. Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)

Cortes tomográficos computadorizados do tórax foram obtidos antes e depois à infusão endovenosa do meio de contraste iodado hidrossolúvel, possibilitando assim a realização do protocolo para estudo de TEP.

Falhas de enchimento nas artérias pulmonares principais e seus ramos lobares, caracterizando-se trombo embolismo pulmonar extenso, visto nas figuras (7, 8, 9), causando aumento do espaço morto alveolar, hiperventilação e hipoxemia.



Figura 9. Imagem sagital mostrando falha de enchimento pelo meio de contraste nas artérias pulmonares lobares.

Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)

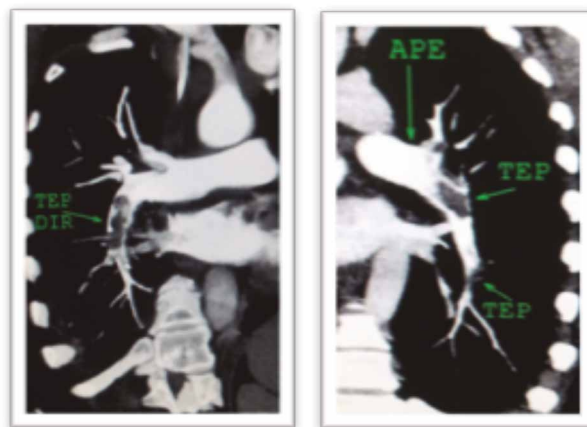


Figura 10. Imagem (A) ramo lobar direito, Imagem (B) Ramo lobar esquerdo, da artéria pulmonar.

Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)

Planilha do protocolo técnico, utilizado na angiotomografia torácica

REGIÃO ANATÔMICA	TÓRAX
INDICAÇÃO	TEP
Kv\ mAs	120 \ 250
ESPESSURA DE CORTE	1-2mm
INCREMENTO	GUAL OU METADE (ESP)
EXTENSÃO DA AQUISIÇÃO SUP.	ÀPICE PULMONAR
EXTENSÃO DA AQUISIÇÃO INF.	CUPULAS DIAFRAGMATICAS
FASES DO EXAME	PRÉ CONTRASTE PÓS CONTRASTE
CONTRASTE	1mL Kg , FASE ARTERIAL
FILTRO	PARTES MOLE (STANDRD)

Após o protocolo técnico, teremos a aquisição das imagens e reconstruções em vários planos, obtendo, assim, uma gama de possibilidades de diagnóstico, visto nas imagens abaixo.

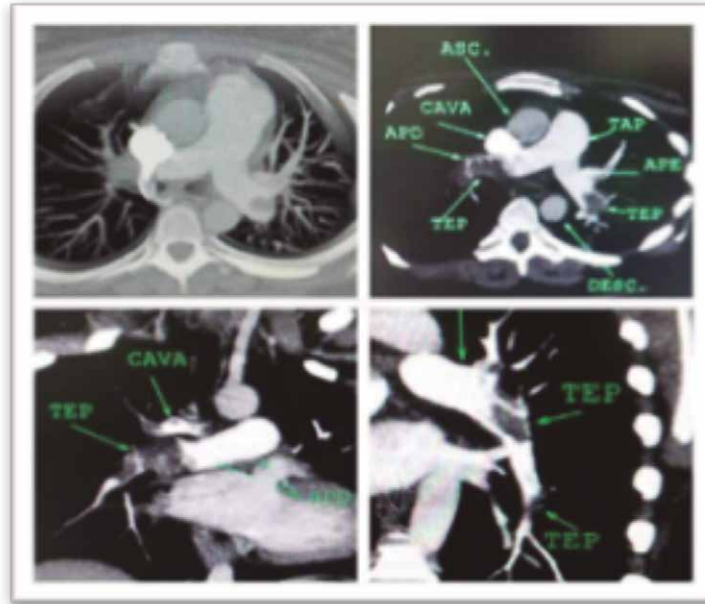


Figura 11. Reconstruções multiplanares evidenciando o TEP
Fonte: Juan Vidal (Arquivo Próprio)

RESULTADOS\DISCUSSÃO

O TEV acomete significativa parcela da população, fato relacionado ao difícil diagnóstico das oclusões venosas, sendo muitas vezes proferido pós-morte (HEIT et al, 2015). O TEV pode se manifestar como EP, no qual o trombo, na maioria dos casos, se forma nos membros inferiores ou pelve e migra de forma ascendente podendo atingir o tronco pulmonar e resultar na embolização pulmonar. À medida que a carga embólica aumenta ocorre um aumento da resistência vascular pulmonar, que reflete no aumento da pós-carga do ventrículo direito (VD) e hipocinesia associado ao aumento da resistência vascular pulmonar. Quando a carga do coágulo atinge um limiar, o VD é incapaz de fornecer débito cardíaco adequado e falha, resultando em hipotensão e parada cardíaca (ELIAS et al, 2016).

Nesse caso, associado aos sintomas clínicos

apresentados de dispnéia e dor torácico, a história progressiva de imobilização, após trauma automobilístico de membros inferiores, é um dos principais fatores de risco subjacente que derivam da tríade de Virchow: estase venosa, lesão endotelial e hipercoabilidade (YAN et al, 2017).

A estratificação de risco para uma abordagem inicial e ressuscitação em casos de suspeita de EP, juntamente com a angiografia tomográfica computadorizada, são cruciais para um melhor prognóstico clínico (DOGAN et al, 2015). Tendo em vista esse fato, seguir com uma avaliação da estabilidade hemodinâmica e promover suporte ventilatório, hemodinâmico e acesso a terapia empírica com anticoagulantes são fundamentais para que o tromboembolismo recorrente e a morte possam ser prevenidos (CUKIC, 2014).

CONCLUSÃO

A associação entre o quadro clínico apresentado pelo paciente (que sugeriu um TEV) e a angiotomografia se mostraram essenciais tanto para o diagnóstico final

e entendimento do prognóstico clínico, como também para a construção de uma melhor conduta terapêutica. Devido a alta acurácia do exame, foi possível a

localização do trombo na artéria acometida ou no seu ramo específico, caracterizado pelo não enchimento arterial, percebido nas figuras 7, 8 e 9 anteriormente mostradas, ao retratar o fluxo do contraste aplicado. Desse modo, esse caso demonstrou mais uma vez a

grande importância desempenhada pelo protocolo da angiotomografia torácica ao se complementar com o exame clínico para a determinação de um tromboembolismo pulmonar, o qual acometeu a artéria pulmonar esquerda do paciente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TAPSON, V. *Advances in the Diagnosis and Treatment of Acute Pulmonary Embolism*. F1000 Medicine Reports, Durham, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3357009>. Acesso em 07.05. 2018

ELIAS, A.; MALLETT, S.; DAOUD-ELIAS, M. *Prognostic models in acute pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis*. BMJ OPEN, Toulon, 2016. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4854007/>. Acesso em 07.05.18

CUKIC, V. *The Pulmonary Thromboembolism as a Risk of Surgical Treatments and the Role of Anticoagulant Prophylaxis*. Mater Sociomed, Sarajevo, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4272828/>. Acesso em 07.05.18

YAN, C. et al. *Recent Progress in Research on the Pathogenesis of Pulmonary Thromboembolism: An Old Story with New Perspectives*. BioMed Research International, Hangzhou, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5397627/> Acesso em 07.05.18

MARTINEZ, J.L.A. et al. *Central Versus Peripheral Pulmonary Embolism: Analysis of the Impact on the Physiological Parameters and Long-term Survival*. North American Journal of Medical Sciences, Navarra, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4821092/>. Acesso em 07.05.18

6. STREIFF, M.B. et al. *Guidance for the treatment of deep vein thrombosis and pulmonary embolism*. J Thromb Thrombolysis, Baltimore, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4715858/> Acesso em 07.05.18

YAKAR, A. et al. *Cardiac Findings of Pulmonary Thromboembolism by Autopsy: A Review of 48 Cases*. Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research, Istanbul, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4913817/> Acesso em 07.05.18

PIRAN, S.; SCHULMAN, S. *Management of venous thromboembolism: an update*. Biomed Central, Taiwan, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5056465/>. Acesso em 07.05.18

LEE, F.Y. et al. *Increased risk of deep vein thrombosis and pulmonary thromboembolism in patients with aortic aneurysms: A nationwide cohort study*. Journal Plos One, Taiwan, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5462404/>. Acesso em 07.05.18

GARCÍA-FUSTER, M.J. et al. *Should we look for silent pulmonary embolism in patients with deep venous thrombosis?*. BMC Cardiovascular Disorders, Valencia, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4292826/> Acesso em 07.05.17

DOGAN, H. et al. *The role of computed tomography in the diagnosis of acute and chronic pulmonary embolism*. Diagn Interv Radiol, Leiden, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4498425/> Acesso em 08.05.18

HEIT, J.A. *Epidemiology of venous thromboembolism*. Nat Rev Cardiol, Rochester, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4624298/> Acesso em 08.05.18

DURU, S.; KELESOGLU, A.; ARDIC, S. *Clinical update on pulmonary embolism*. State of the art paper, Ankara, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4107241/> Acesso em 09.05.18

A introdução de sistemas CR ou DR na prática clínica e o desafio do técnico e do tecnólogo em Radiologia para a qualidade da imagem na era digital

Marivan Ferreira Nascimento, tecnóloga em Radiologia

RESUMO

Para produzir boas imagens, os sistemas CR e DR devem ser devidamente calibrados, configurados, mantidos e operados adequadamente. Muitos profissionais vêm de uma experiência baseado no sistema convencional e não estão familiarizados com as características e funções dos sistemas de radiografia digital. Este trabalho aborda os fatores que afetam a qualidade da imagem digital, sob o ponto de vista do trabalho do técnico e tecnólogo em Radiologia no uso clínico desses aparelhos, com o objetivo de proporcionar aos profissionais uma melhor compreensão das nuances da aquisição da imagem, processamento, exibição e a desconexão entre causa e efeito, devido às variações na técnica radiográfica não provocarem facilmente discerníveis variações na apresentação da imagem. Assim pretende-se maximizar a eficiência da operação, fornecer melhor qualidade de imagem em doses de radiação apropriada, com excelente nível de segurança e cuidados para pacientes submetidos a exames de radiografia digital. (4,6)

Palavras chave: sistemas CR e DR, qualidade da imagem, imagem digital

INTRODUÇÃO

“CR” e “DR” são os termos comumente usados para detectores de radiografia digital. CR é a sigla de radiografia computadorizada (aquisição com uso do cassete) e DR é um acrônimo para radiografia digital (aquisição sem uso do cassete). Sendo assim, o mais apropriado é a distinção entre operação “com uso de cassete” versus “sem uso do cassete”. (figura 1-1 e 1-2). Nesta diretriz, o termo radiografia digital é usado para se referir a todos os tipos de sistemas radiográficos digitais. (1,2)

Não há dúvida que todas as imagens radiográficas digitais compartilham muitas características, independentes da

ABSTRACT

For to make good images the CR and DR devices should be properly calibrated, configured, maintained, and operated. The workers often come from a film-based experience and no be unfamiliar with this systems. This work talk about the factors that affect of the quality of digital image, about the point of view of work of radiologic technician and radiologic technologist in the clinical use of this equipment, with purpose of give the personnel a better understanding the nuances of digital image aquisition, processing and display and disconnection between cause and effect (owing variations in radiographic technique do not elicit easily discernible variations in image presentation), so as to maximize the efficiency operation, to deliver optimal image quality at appropriate radiation doses, and provide excellent safety and care for patients undergoing digital radiography examinations.

Key-words: CR and DR devices, image quality, digital radiography

tecnologia com que são adquiridas, simplesmente porque todas elas são aproximações digitais de uma projeção analógica. Deve-se enfatizar, no entanto, que existem diferenças importantes entre esses detectores e as diferenças na qualidade da imagem digital, entre os vários sistemas, são inevitáveis e podem ser muito grandes. Assim como na radiografia convencional, há uma série de fatores que impactam a qualidade da imagem na radiografia digital, contraste, resolução e ruído. (1,5).

Quando a radiografia digital é introduzida em uma operação de radiografia convencional, a formação inicial do técnico e tecnólogo é essencial. O profissional deve

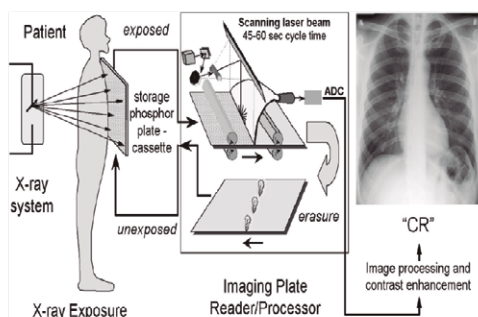
compreender a importância de selecionar os fatores técnicos adequados, devem aprender a reconhecer um novo conjunto de artefatos e ter alguma idéia de como corrigir imagens inferiores .(6,2,4)

O primeiro desafio é entender o que constitui uma radiografia bem exposta em sistemas de radiografia

digital, já que a imagem exibida pode ser alterada pelo ajuste de parâmetros de visualização independentes dos parâmetros de aquisição. (1)

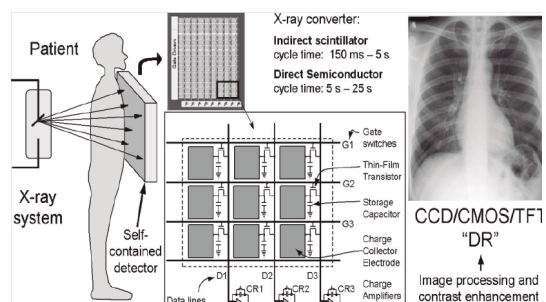
Outra consideração importante é a dose necessária para produzir a imagem do paciente, devido à falta de *feedback* dado pela apresentação da imagem.(3,1)

Figura 1-1. Esquema de um sistema de imagens CR



Fonte: SAMEI, et .al, 2004

Figura 1-2 Esquema de um sistema de imagens DR



Fonte: SAMEI,et.al, 2004

MÉTODO

Foi realizada pesquisa bibliográfica abordando os fatores que afetam a qualidade da imagem digital, (baseada no conhecimento e nos recursos disponíveis) através de livros e sites(literatura científica) que descrevem as características de

desempenhos e uso clínico de aparelhos de sistemas radiográficos digitais , no entanto foi dado mais ênfase aos fatores que afetam a qualidade da imagem sob o ponto de vista do trabalho do técnico e do tecnólogo em Radiologia, no uso dessas tecnologias.

RESULTADOS

A triste realidade é que os sistemas DR estão sujeitos aos mesmos erros que da radiografia convencional, além de novos que são resultados da forma como a imagem na DR é gerada. É necessária uma compreensão das causas e problemas novos e antigos, afim de evitar esses erros. As fontes tradicionais de imagens rejeitadas na radiografia convencional incluem superexposições e subexposições do filme. A ampla latitude de exposições dos sistemas digitais reduz o papel da técnica radiológica nas imagens rejeitadas, o movimento do paciente, o posicionamento e os artefatos, no entanto continuam sendo causas importantes para a rejeição da imagem. O sistema de imagem digital pode produzir contraste de

imagem em uma faixa mais ampla de exposição do que os sistemas convencionais, essa ampla faixa dinâmica é um dos benefícios dos detectores digitais, no entanto se o detector for subexposto em $\frac{1}{4}$ da metade do nível apropriado, alto níveis de ruído podem obscurecer a presença de detalhes na imagem. Exposição excessiva pode produzir imagens de alta qualidade com características de ruído melhoradas, mas as custas do aumento da dose no paciente. (4,7)A exposição excessiva não é óbvia a partir da aparência da imagem. Em casos extremos a exposição excessiva do detector resulta em artefatos. Os artefatos geralmente não são visíveis até que a exposição exceda 10 vezes o nível apropriado de exposição .Essa tolerância a fatores de

técnica inadequada nos sistemas DR é um problema subjacente, a falta de feedback consistente para o técnico e para o tecnólogo sobre a utilização de técnicas de aquisição ideal levou a um aumento gradual da exposição do paciente ao longo do tempo após receptores de imagem digital substituírem os sistemas convencionais, esse fenômeno ocorre porque os profissionais das técnicas radiológicas aprendem a evitar a circunstância desagradável de repetir um exame subexposto aumentando a técnica radiográfica(6,4). Na radiografia convencional, o contraste é principalmente controlado pelo pico de quilovoltagem (kVp). Com CR e DR, kVp ainda influencia o contraste do objeto, mas o contraste radiográfico é primeiramente controlado por uma tabela de processamento de imagem look-up table (LUT). A LUT é uma tabela que mapeia a imagem em tons de valores de cinza em algumas intensidades de saída visível em um monitor ou filme impresso. Com a radiografia convencional, a densidade ótica no filme é principalmente controlada por miliamperagem por segundo (mAs). Para DR e CR, mAs tem mais influência sobre o ruído na imagem, enquanto que a densidade é controlada por algoritmos de processamento de imagem (com LUTs).

A exposição real necessária para produzir imagens clinicamente aceitáveis para um determinado receptor digital é uma função do Detective Quantum Efficiency (DQE). DQE é um descritor útil de desempenho do receptor de imagem, que leva em conta a eficiência da detecção, resolução espacial e do ruído. Os sistemas com maior DQE exigem menos exposição para qualidade da imagem. Tecnologia DR de captura direta e indireta aumentou o DQE em relação aos sistemas CR e menos dose é necessário, para que imagens de alta qualidade sejam produzidas. A exposição inadequada à radiação resulta em qualidade de imagem inaceitável, parâmetros de manipulação de contraste devem ser usados apenas para melhorar a imagem. Nenhuma quantidade de ajuste pode substituir a seleção de fatores técnicos adequados. Processamento excessivo da imagem, em um esforço para alterar a nitidez, pode levar a excesso de ruído na imagem, grande cuidado deve ser tomado ao fazer ajustes nos parâmetros de processamento, porque se algoritmos impróprios são aplicados à formação da imagem pode

ser degradada. Muitos serviços de saúde não querem que o profissional das técnicas radiológicas manipule muito a imagem antes dela entrar para o sistema de arquivo e comunicação de imagens(PACS), porque as mudanças feitas reduzem a quantidade de manipulação que o radiologista pode fazer. Depois que a imagem é armazenada no Picture Archiving and Communication Systems (PACS), todos os resultados de pós-processamento causam perda de informação partir da imagem original. A melhor imagem percebida será conseguida através de fatores técnicos e materiais adequados.(2)

Uma maneira eficaz para eliminar o aumento de dose é desenvolver gráficos de técnicas radiográficas válidas para todos os exames realizados em função do tamanho do paciente ou seguir os limites de fatores de exposição fornecidos pelos fabricantes de aparelhos de radiografia digital (1).

Ao contrário da imagem nos sistemas convencionais, a exibição da imagem na radiografia digital é independente da aquisição da imagem. A exposição inadequada se manifesta com níveis mais altos ou baixos, ao invés de uma imagem clara ou escura, o brilho final da imagem é controlado não pela exposição do detector, mas pelo pós-processamento aplicado aos dados da imagem adquirida. Consequentemente, a imagem superexposta pode não ser necessariamente escura e a subexposta não necessariamente ser clara. Este pode ser um novo e confuso conceito para operadores de sistemas de radiografia digital que estão acostumados com os sistemas de radiografia convencional. (8)

Em 2015, o AAPM divulgou a orientação para radiografia digital intitulada Relatório nº 151 Controle de Qualidade Contínuo em Radiografia Digital. A orientação enfoca os seguintes elementos de Controle de Qualidade em DR: análise de imagem rejeitada, análise de exposição e artefatos. (7). A literatura classifica os artefatos de acordo com o agente causador; hardware (sistemas de raios X grade, placa de imagem, leitor de placas, impressora etc.), software (falhas de algoritmos) e objeto / erros do operador (movimento do paciente, posicionamento, colimação inadequada, exposição do cassete com as costas voltada para fonte, sub e superexposição, dupla exposição etc.).(2,4)

DISCUSSÃO

A utilização da tecnologia digital proporciona uma oportunidade para a transição de um sistema baseado em impressão de filmes, utilizado nos últimos 100 anos, para um sistema moderno de aquisição de imagens. Isso não torna necessariamente o trabalho do profissional mais fácil, mas dá ferramentas para trabalhar com a melhoria da qualidade do atendimento, uma vez que o gerenciamento desses dados tem uma influência sobre a qualidade na assistência ao paciente.(2)

Em 2001, a conferência de Diretores do Programa de Controle de Radiação (www.crcpd.org) recomendou taxas de repetição alvo na faixa de 5-7% de imagens na radiografia digital. Para alguns, o avanço da radiografia DR anunciou o fim da análise de repetições. Para outros, a radiografia levantou novas preocupações, as estimativas das taxas de rejeição de imagens na radiografia digital variam de 8 a 14%. Porque estamos vendo um aumento na taxa de rejeição? Uma multidão de fatores afetam a qualidade da imagem em sistemas DR e nenhum dispositivo ou operador está imune a imagens inaceitáveis. Uma estratégia para abordar imagem que “simplesmente não deu certo” deve ser executada. Responsabilidades para a documentação, relatórios e tomar ações corretivas devem ser claramente estabelecidas. Mais

ampla faixa dinâmica significa que os profissionais das técnicas radiológicas têm que prestar atenção aos valores de indicador de exposição, em vez de brilho e contraste. Sem essa atenção, a dose no paciente vai aumentar, pois radiologistas reagem negativamente a imagens digitais com excesso de ruído (de baixa exposição do paciente), mas raramente se queixam sobre imagens com ruído reduzido devido à exposição excessiva do paciente. Tecnólogos e técnicos aprendem que podem produzir imagens de melhor qualidade se aumentarem suas técnicas de exposição, resultando em menos ruído na imagem. Em resposta, os departamentos estão desenvolvendo programas para garantir que a radiografia digital não resulte em exposições amplificadas à radiação (aumento da dose). Se logs de indicador de exposição estão disponíveis, eles precisam ser avaliados. Se não estão, estes terão que ser feitos manualmente (desenvolver gráficos de técnica radiográfica validada para todos os exames realizados em função do tamanho do paciente). (7,4,6)

É muito importante que o profissional de imagiologia entenda que está trabalhando em um ambiente em mudança, e precisa estar disposto a aprender continuamente, evoluindo junto com as tecnologias, adaptando-se às situações do presente e do futuro da profissão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACR-AAPM – *Siim Practice Guideline for Digital Radiography*. Disponível em: www.acr.org/.../quality_safety/guidelines/dx/digital_radiography.aspx. Acesso em 10.04.11
2. CARTER, Christi E; VEALÉ, Beth L. *Digital Radiography and PACS*. 1st ed, Rev. Canada: Mosby, July 28, 2009. 237p.
3. BRANSTETTER IV, Barton F.; et.al. *Practical Imaging Informatics: Foundations and Applications for PACS Professionals*. New York Dordrecht Heidelberg London: Springer, 2009. 455 p.
4. WILLIS, Charles E. et al ; *Artifacts and Misadventures in Digital Radiography*, January 2004. Disponível em: <http://www.appliedradiology.com/Article.aspx?id=11045>. Acesso em: 15.07.11
5. WILLIS, Charles E; THOMPSON, Stephen; SHEPARD, Jeff S. *Digital radiography: CR versus DR? Sometimes recognizing the distinction in technologies makes a difference*, January 2008. Disponível em: <http://www.appliedradiology.com/Article.aspx?id=11045>. Acesso em: 15.07.11
6. AAPM REPORT NO. 93; *Acceptance Testing and Quality Control of Photostimulable Storage Phosphor Imaging Systems*, by American Association of Physicists in Medicine, Report of AAPM Task Group 10, October 2006. Disponível em: http://www.aapm.org/pubs/reports/rpt_93.pdf. Acesso em: 20.05.11
7. Patient Radiation Safety in Medical Imaging - Digital Radiography/William... Disponível em: <https://www.linkedin.com>pulse>patient-radiation-safety-medical-imaging-digital-william-connell>. Acesso em: 09.06.18
8. AAPM Report N° 116A.qxd Disponível em: https://www.aapm.org/reports>RPT_116. Acesso em: 09.06.18



SE VOCÊ NÃO TEM VISÃO DE **RAIOS X**, PRECISA DE **SUPERVISÃO PROFISSIONAL**

A indicação do Supervisor das Aplicações das Técnicas Radiológicas (SATR) é obrigatória para garantir a segurança e a proteção radiológica da equipe e dos pacientes nos serviços de diagnóstico por imagem.

RADIODIAGNÓSTICO SEGURO

A radiação ionizante não tem cor, não tem cheiro e não pode ser percebida, mas precisa ser controlada para garantir a segurança e a proteção radiológica de todos.



SUPERVISÃO É SEGURANÇA

Profissionais habilitados e certificados pelos Conselhos de Radiologia estão preparados para ser SATR.