

Controle de Qualidade em Varredura de Corpo Inteiro: Uma Discussão em Aberto

Quality Control for Wholebody Scan: An Open Discussion

Thalena Carolina Zanetti, Eduardo Farias da Silva, Marco Antonio de Oliveira

Serviço de Medicina Nuclear e Imagem Molecular, Instituto do Coração/Hospital de Clínicas da Faculdade de Medicina da USP
São Paulo, Brasil

Resumo

O programa de garantia da qualidade em Medicina Nuclear (MN) é responsável pela aplicação e análise de testes nos equipamentos afim de oferecer imagens funcionais de qualidade aos pacientes. Com uma grande variedade de exames que empregam a varredura de corpo inteiro para diagnóstico e avaliação da conduta terapêutica dos pacientes, testes de controle de qualidade para análise da velocidade de deslocamento da mesa são indicados pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar variações na velocidade de varredura de corpo inteiro, a necessidade de adequação do equipamento e indicação de ação corretiva com base nos critérios da AIEA através de três experimentos utilizando uma fonte plana de ^{57}Co . O primeiro consistiu de 07 varreduras no modo contínuo utilizando velocidades diferentes de aquisição e comprimento fixo de 100 cm. No segundo experimento, a velocidade de 12 cm/min permaneceu fixa para o modo contínuo, enquanto os comprimentos das 07 varreduras variaram. Para o terceiro, foram selecionados o modo de aquisição *spot* e o comprimento de 140 cm. Em poder dessas imagens, no primeiro e segundo experimentos foi possível visualizar a presença de um artefato que reflete baixa densidade de contagens localizado sempre à mesma distância do início da imagem, indicativo de não-uniformidade na velocidade de *scan*. Este problema foi confirmado nos perfis longitudinais, os quais não apresentaram a forma de platô. No terceiro experimento não foi notada a presença do artefato em faixa. Portanto, este trabalho permitiu aplicar um teste de controle de qualidade pouco realizado em MN para verificação da *performance* de uma gama câmara em exames de varredura de corpo inteiro, mostrando-se adequado e eficaz no propósito de identificar a presença de não-uniformidades regionais nas imagens devido a variações na velocidade de deslocamento da mesa.

Palavras Chaves: medicina nuclear; controle de qualidade; velocidade de varredura.

Abstract

Quality assurance program in Nuclear Medicine (NM) is responsible for equipment tests application and analysis to ensure better functional images to patients. Due to the wide variety of exams that employ scan protocols for patient's diagnostic and therapeutic assessment, quality control tests for scan speed verification are indicated by International Atomic Energy Agency (IAEA) and National Nuclear Energy Commission. Therefore, the aim of this study was to evaluate variations in scan speed, equipment adequations necessity and corrective actions based on IAEA criteria with three different experiments throughout the use of a ^{57}Co flood. First consisted of 07 scan acquisitions in continuum mode employing different scan speed and fixed length of 100 cm. In second experiment, scan speed of 12 cm/min remained fixed for continuum mode, whereas length of 07 acquisitions varied. For third trial, spot scan mode and 140 cm length were selected. Under these images, for first and second experiments it was possible to identify a pitfall, which reflects low count density, located always at the same distance of image's beginning, an indicative of scan speed non-uniformities. We have confirmed this problem by longitudinal profiles, which did not show a flat form. In third trial, strip pitfall was not observed. Thus, this study allowed the application of a scan quality test that is little performed in NM to verify a gamma camera performance in this type of exams. It demonstrated itself adequate and efficient for image regional non-uniformities identification due to scan speed variations.

Keywords: nuclear medicine; quality control; scan speed.

1. Introdução

O programa de garantia da qualidade em Medicina Nuclear é responsável pela aplicação e análise de testes nos equipamentos com a finalidade de fornecer, através da avaliação dos mesmos, imagens funcionais de qualidade aos pacientes. Estas imagens permitirão obter informações sobre o diagnóstico de disfunções no organismo e sobre a conduta terapêutica e sua eficácia nos casos de teranóstico. Os exames de varredura na gama câmara estão principalmente relacionados à Pesquisa de Corpo Inteiro (PCI) para planejamento terapêutico e avaliação da eficácia da terapia em pacientes com carcinoma diferenciado de tireoide, utilizando ^{131}I (1,2), pesquisa de focos inflamatórios com ^{67}Ga (3–7) e cintilografias ósseas para análises

de disfunções do metabolismo ou pesquisas de metástases ósseas (8,9). Além disso, também são comumente empregados na determinação do índice de *shunt* (10–12). Devido à grande aplicação desse tipo de exame, testes de controle de qualidade para análise de variações da velocidade de varredura são indicados pela Agência Internacional de Energia Atômica (*International Atomic Energy Agency- IAEA*) e a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) (13,14). Um dos testes recomendados pela publicação nº06 da Agência (*Quality Assurance for SPECT Systems – IAEA Human Health Series*) avalia a constância da velocidade de deslocamento da mesa durante a aquisição e o correto janelamento eletrônico da mesma utilizando uma fonte plana de ^{57}Co ou $^{99\text{m}}\text{Tc}$ posicionada no colimador da gama câmara. A aquisição é realizada com a janela de PHA

centrada no fotopico e taxa de contagem menor que 20 000 cps, sendo repetida para diferentes velocidades utilizadas no Serviço de Medicina Nuclear (SMN). A análise é realizada através de inspeção visual, buscando variações na densidade de contagens e quantitativamente através de um perfil longitudinal traçado no meio da imagem. O perfil deve seguir um platô, sem possuir flutuações na intensidade maiores que 5% incluindo as bordas, as quais contêm áreas de transição entre as janelas mecânica e eletrônica. Caso ocorram variações na velocidade da mesa durante a aquisição, estas se refletirão em artefatos gerados por diferenças na densidade de contagens regionalmente nas imagens (13).

Em exames que envolvem análises quantitativas empregando a diferença relativa entre as contagens de uma região de interesse (*Region of Interest – ROI*), essa não-uniformidade pode impactar nas quantificações. É o caso, por exemplo, de estudos para cálculo do índice de *shunt* em cintilografias de perfusão pulmonar, os quais empregam captações nos pulmões e cérebro (11).

Tendo em vista a importância de uma imagem de varredura uniforme para melhor diagnóstico dos pacientes que realizarão os exames acima citados, o objetivo deste trabalho foi verificar por meio do teste preconizado pela publicação da IAEA (13), utilizando uma fonte plana de ^{57}Co , variações na velocidade de varredura e, através do cálculo da variância relativa entre as intensidades dos perfis longitudinais das imagens, avaliar a necessidade de adequação do equipamento e indicação de ação corretiva com base nos critérios da IAEA.

2. Materiais e Métodos

Os testes de velocidade de varredura foram realizados no equipamento *Infinia*, modelo H3000WT (GE Medical Systems, Tirat Hacarmel, Israel) adotando a orientação da publicação *Quality Assurance for SPECT Systems – IAEA Human Health Series n°06* utilizando modo H de configuração dos detectores, colimadores LEHR (*Low Energy High Resolution*), a técnica de auto contorno (*body contour*) e janela de PHA centralizada no fotopico do isótopo ^{57}Co (13).

O primeiro experimento manteve o comprimento de varredura em 100 cm, com velocidades de mesa variáveis e modo contínuo de aquisição. As velocidades escolhidas foram: 5 cm/min, 6 cm/min, 7 cm/min, 10 cm/min, 12 cm/min, 15 cm/min e 30 cm/min, cujos tempos de exposição por pixel foram de 480 s, 400 s, 320 s, 240 s, 200 s, 160 s e 80 s, respectivamente.

No segundo experimento as aquisições foram realizadas mantendo os parâmetros acima descritos, excetuando-se a velocidade e o comprimento da varredura. Nesta segunda etapa, foram adquiridas 07 imagens com a velocidade de 12 cm/min fixa e variando os comprimentos em 60 cm, 80 cm, 100 cm, 120 cm, 140 cm, 160 cm e 180 cm.

Para a terceira varredura, a imagem foi adquirida apenas variando o modo de aquisição, o qual foi

trocado para modo *spot*. Neste caso, a mesa permaneceu fixa durante a exposição de cada bloco de imagem (*spot*), deslocando-se de modo que os mesmos pudessem cobrir todo o comprimento da varredura, o qual foi de 140 cm. O tempo de exposição de cada *spot* foi calculado com base no tamanho da varredura. Os demais parâmetros, como janela de PHA e colimadores foram mantidos como descrito anteriormente.

Como recomendado pela IAEA, as imagens primeiramente passaram por inspeção visual em busca de artefatos gerados por diferenças regionais nas densidades de contagem, as quais poderiam acusar não-uniformidades na velocidade de varredura. Em seguida, com o auxílio do *software ImageJ* foram traçados os perfis longitudinais para cada uma e os valores que os compunham foram armazenados.

A variância relativa entre as intensidades nos perfis de todas as aquisições foi individualmente calculada através de:

$$Var = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}} \quad (1)$$

Onde, V_{max} é o valor de máxima intensidade encontrada no perfil e V_{min} é o valor de mínima intensidade encontrada no perfil.

3. Resultados

A imagem da varredura cujo tamanho foi de 100 cm a uma velocidade de 5 cm/min encontra-se retratada na Figura 1, assim como o perfil longitudinal traçado na mesma. É possível visualizar a presença de um artefato que reflete baixa densidade de contagens, indicativo de não-uniformidade na velocidade de *scan*.

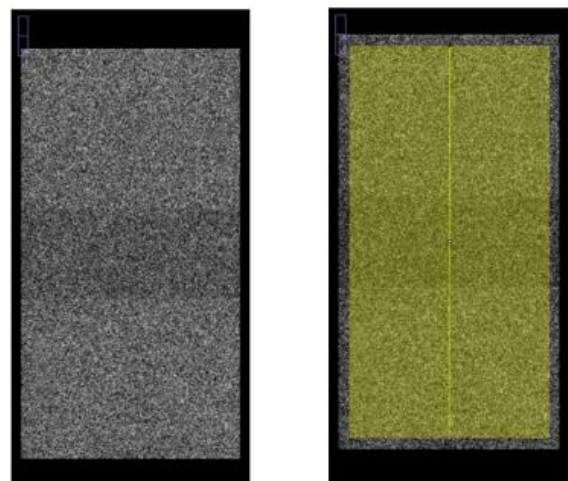


Figura 1. Representação da imagem de varredura utilizando 100 cm de comprimento e velocidade de 5 cm/min. À esquerda a imagem original é apresentada, na qual é possível visualizar o artefato que reflete uma faixa com baixa densidade de contagens. À direita encontra-se retratada a imagem com o perfil traçado no software ImageJ

Todos os perfis foram traçados para cada uma das velocidades empregadas no primeiro experimento, mantendo o comprimento da varredura fixo em 100 cm. A Figura 2 apresenta o perfil para a velocidade de 10 cm/min.

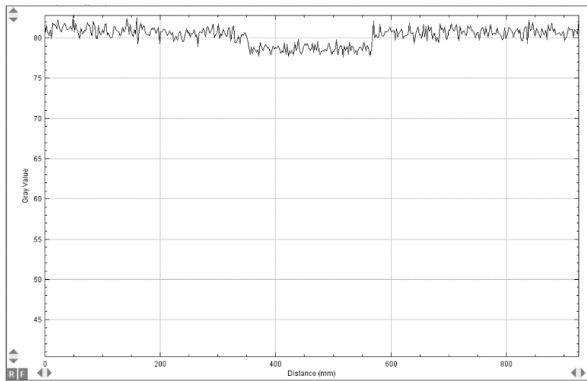


Figura 2. Perfil longitudinal traçado na imagem de varredura utilizando a velocidade de 10 cm/min. Nela, é possível perceber uma queda no número de contagens coerente com a distância onde se encontra o artefato de baixa densidade de contagens.

Os demais perfis traçados encontram-se ilustrados na Figura 3. Em todos os casos é possível notar a ausência do platô esperado para uma imagem uniforme, além da diminuição nas contagens sempre na mesma distância do início da imagem, coerente com a localização do artefato. A Tabela 1 sumariza as distâncias medidas com o *software ImageJ* em cada uma das varreduras para o início dos artefatos.

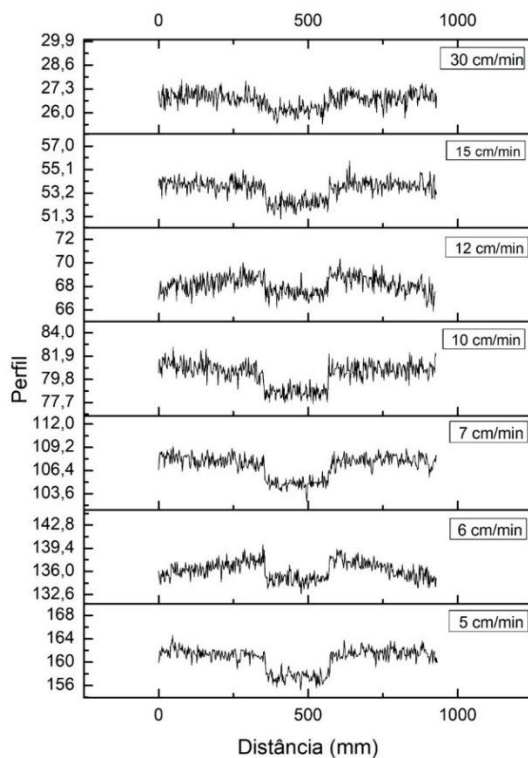


Figura 3. Perfis longitudinais das varreduras com velocidades de 5 cm/min, 6 cm/min, 7 cm/min, 10 cm/min, 12 cm/min, 15 cm/min e 30 cm/min. Em todos os perfis é possível verificar a presença de uma queda de contagens ocorrendo na mesma distância média do início da imagem.

Tabela 1. Distâncias dos artefatos em relação ao início da imagem de varredura para as diferentes velocidades empregadas no experimento.

Velocidade da varredura (cm/min)	Distância do artefato ao início da imagem (mm)
5	38,0 ± 0,0100
6	38,2 ± 0,0100
7	37,8 ± 0,0100
10	37,8 ± 0,0100
12	38,4 ± 0,0100
15	37,3 ± 0,0100
30	38,2 ± 0,0100

Os gráficos da Figura 3 e os dados da Tabela 1 permitem verificar que para todas as velocidades possíveis ao aplicativo de aquisição de imagens do fabricante, há problemas no modo contínuo de registro, no qual a mesa do equipamento movimentava-se ininterruptamente conforme a velocidade pré-definida no protocolo. As áreas mais escuras nas imagens condizem com o decréscimo de contagens no que deveria ser o platô nos gráficos.

A Tabela 2 apresenta a porcentagem calculada como a variância relativa entre as contagens nos perfis. Embora os valores variem entre 2,63 e 4,58%, são uma forma de refletir numericamente os artefatos presentes nas imagens.

Tabela 2- Valores da variância relativa entre as contagens nos perfis traçados para as velocidades permitidas no protocolo de aquisição do fabricante.

Velocidade (cm/min)	Variância relativa (%)
5	2,94
6	2,63
7	3,14
10	3,21
12	3,29
15	4,41
30	4,58

No segundo experimento os perfis foram traçados para cada comprimento de varredura. A Figura 4 retrata todos eles, nos quais é possível observar a presença do artefato visto no experimento anterior devido ao decréscimo de contagens com início em média na mesma distância da origem da imagem. O comprimento de 60 cm apresenta o perfil com pouca amostra, no qual o artefato teria início na porção final da imagem.

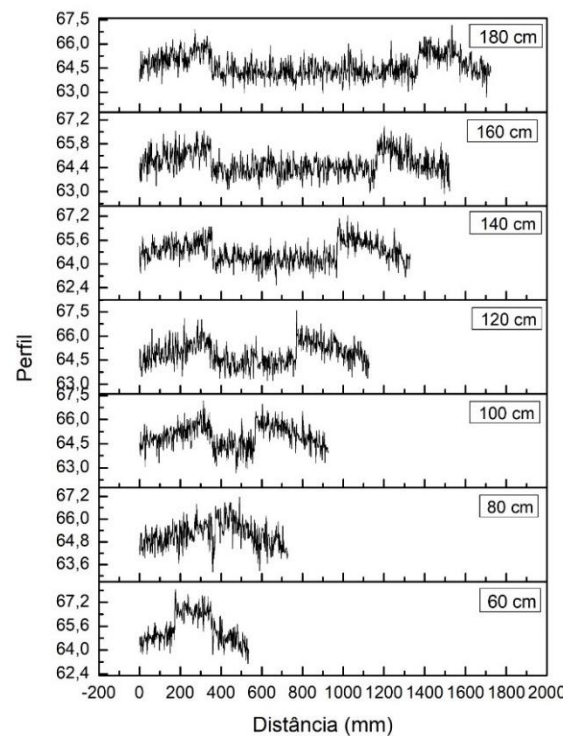


Figura 4- Perfis longitudinais das varreduras com velocidade fixa de 10 cm/min e comprimentos de 60, 80, 100, 120, 140, 160 e 180 cm. Verifica-se novamente a presença dos artefatos de baixa contagem na mesma posição que os anteriores e com o crescimento conforme o tamanho da varredura aumentou.

A variância relativa entre as contagens também foi calculada para esse experimento e os valores encontrados estão contidos na Tabela 3.

Tabela 3- Valores da variância relativa entre as contagens para cada perfil traçado nos diferentes comprimentos de varredura analisados.

Comprimento da varredura (cm)	Variância Relativa (%)
5	3,80
60	3,04
80	3,46
100	3,35
120	3,59
140	3,06
160	3,06

O terceiro experimento, cuja imagem foi adquirida no modo *spot* de varredura, apresentou perfil característico de platô, conforme apresentado na Figura 5. A variância relativa calculada entre as contagens na imagem foi de 2,83%.

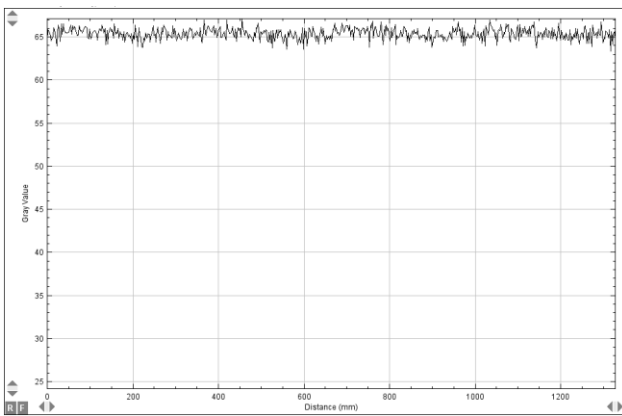


Figura 5- Perfil traçado longitudinalmente na imagem de varredura adquirida no modo *spot*. É possível observar a característica de platô conforme o recomendado pela IAEA. Fonte: A Os autores (2020)

A Figura 6 ilustra o comportamento da gama câmara para os dois modos de aquisição da varredura: contínuo (à esquerda) e *spot* (à direita). Este comparativo demonstra que a *performance* do equipamento para o primeiro modo, apresenta um problema devido a variações da velocidade da mesa. Em condições normais de operação deste protocolo, a imagem se aproximaria do modo *spot*, sem a presença de artefatos em forma de faixa, sejam de aumento ou diminuição regional na densidade de contagens.

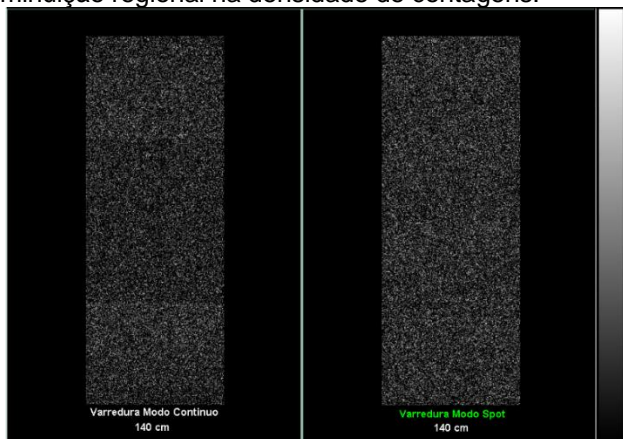


Figura 6- Comparativo entre os dois modos possíveis de varredura para o equipamento.

Na figura 6, à esquerda apresenta o modo contínuo, no qual a mesa se desloca durante toda a aquisição e é possível verificar a presença do artefato em faixa com baixa densidade de contagens. A imagem à direita retrata a varredura no modo *spot*, para o qual o aplicativo de aquisição do equipamento separa em blocos de número variável dependendo do tamanho escolhido para a varredura. A mesa só se desloca entre um bloco e outro de aquisição, permanecendo parada quando o atual está sendo adquirido. Nesta imagem, apesar da variância entre contagens de 2,83%, não se visualiza o artefato em faixa.

4. Discussão

O teste de velocidade de varredura é preconizado pela IAEA e pela CNEN para análise do desempenho da gama câmara em exames que a empregam tanto para análises qualitativas quanto quantitativas, sendo recomendada sua realização semestralmente pelo órgão nacional (13,14). Para o método no qual se utiliza uma fonte plana de ^{57}Co ou $^{99\text{m}}\text{Tc}$, variações na velocidade de deslocamento da mesa acarretam artefatos principalmente na forma de faixas onde são observadas perdas ou excesso de contagens devido ao aumento ou diminuição da velocidade, respectivamente. Com esse teste, é possível observar este problema e identificar em que região da imagem o mesmo está presente. Isto decorre mais comumente devido a prejuízos no motor da mesa ou na janela eletrônica de aquisição.

Neste trabalho, o primeiro experimento elucidou este problema através da inspeção visual das imagens de varredura utilizando velocidades diferentes para aquisição e mantendo o comprimento de *scan* fixo. O que se observou foi uma extensa faixa de baixa densidade de contagens em todas as imagens, com mesmo início em relação à sua origem. Os perfis traçados longitudinalmente corroboraram com o aspecto visual apresentado, sendo coerente o início da variação com a distância medida nas imagens para o início do artefato. O cálculo da variância relativa entre as intensidades nos perfis, entretanto, revelou estarem dentro dos padrões preconizados pela publicação da Agência (IAEA).

O segundo experimento, no qual o modo contínuo de aquisição também foi empregado, a velocidade foi mantida fixa e houve variação dos tamanhos de *scan*. Novamente o artefato permaneceu em todas as imagens tendo início em média na mesma distância que os apresentados no primeiro experimento. Apesar disso, a variância relativa foi menor que os 5% recomendados pela IAEA.

Já para o terceiro experimento, o modo *spot* não apresentou variações relevantes visualmente nas imagens, capazes de serem identificadas como faixas, assim como ficou confirmado com o platô apresentado no perfil.

Do ponto de vista dos demais testes de uniformidade, intrínseca e extrínseca, preconizados pela mesma publicação da IAEA, o equipamento manteve-se em conformidade. A uniformidade intrínseca de campo útil integral (UFOV) para o dia do

teste de varredura foi de 1,21% para o detector utilizado, enquanto seu valor de campo central integral foi de 1,05%. Já para o teste de uniformidade extrínseca do detector utilizando a fonte plana de ^{57}Co , o valor de UFOV integral foi de 2,41% e o CFOV foi de 2,0%. Os testes de resolução e linearidade do equipamento também atestaram conformidade com os valores fornecidos pelo *datasheet*, além de ausência de perda de linearidade.

Embora no *datasheet* do equipamento não conste um limite de aceitação para o teste de varredura, de acordo com a publicação da Agência ações corretivas são necessárias quando estas variações de contagens são maiores que 5%, incluindo-se as bordas das imagens (13). Contudo, até o presente momento, não foi encontrada nenhuma recomendação de cálculo validado para esta determinação. Neste trabalho, optou-se pela variação relativa das intensidades dos perfis.

Apesar de não se revelarem diferenças maiores que o limite proposto, visualmente há impacto na qualidade das imagens de varredura. Um conflito de abordagem para o problema está nestas recomendações, uma vez que apesar dos fabricantes se aterem ao limite de 5% de variação para ação corretiva, o Atlas da IAEA para controle de qualidade sugere que o fabricante intervenha para correção caso o artefato esteja presente em análise visual e o perfil não tenha a forma de platô, independente da variação (13,15). Isto é bastante importante para exames como cintilografia óssea e PCI de ^{131}I ou ^{67}Ga , os quais dependem de análises qualitativas. Uma vez que estas regiões de baixa contagem abrangem qualquer um dos órgãos de interesse desses procedimentos, é necessária uma observação mais cautelosa para delimitar se as lesões são de baixa captação ou se houve resposta satisfatória no tratamento.

Em exames de cintilografia de perfusão pulmonar com cálculo do índice de *shunt* um problema na uniformidade da imagem de varredura devido a variações de velocidade pode ter impacto se as regiões de interesse na quantificação estão contidas na localização do artefato.

Este trabalho possui algumas limitações, como abordagem única para o cálculo das variações de densidade de contagem e ausência de testes complementares para verificação das variações da velocidade de varredura, os quais são recomendados na mesma publicação da IAEA. Além disso, simulações devem ser realizadas para avaliação do impacto no diagnóstico dos pacientes cujos exames calculam o índice de *shunt*.

Apesar das limitações, este trabalho reflete a importância dos testes de controle de qualidade em um Serviço de Medicina Nuclear (SMN) e a necessidade de um programa de qualidade com testes adequados quando se pretende realizar análises quantitativas para diagnóstico de disfunções nos pacientes.

5. Conclusões

Este trabalho permitiu aplicar um teste de controle de qualidade pouco realizado em SMN para verificação da *performance* de uma gama câmara em exames de varredura, mostrando-se adequado e eficaz no propósito de identificar a presença de não-uniformidades regionais nas imagens devido a variações na velocidade de deslocamento da mesa. Embora dentro do limite de aceitação dos órgãos nacionais e internacionais, visualmente há perda de qualidade das imagens diagnósticas e de avaliação de eficácia terapêutica, e impacto não-nulo, quando existem procedimentos de quantificação que envolvem as áreas afetadas pelo problema do equipamento.

Agradecimentos

Agradecemos ao Serviço de Medicina Nuclear e Imagem Molecular do Instituto do Coração (InCor) do Hospital de Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) pelo apoio e estrutura física para realização dos experimentos deste trabalho.

Referências

- Haugen BR, Alexander EK, Bible KC, Doherty GM, Mandel SJ, Nikiforov YE, et al. 2015 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: The American Thyroid Association Guidelines Task Force on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer. *Thyroid*. 2016;26(1):1–133.
- INCA. Câncer da Tireóide. *Rev Bras Cancerol*. 2002;48(2):181–5.
- Ming-Yow H, Ming-Jui H, Chi-Wen C. Use of Gallium 67 Scintigraphy. *Texas Hear Inst J*. 2007;34:305–9.
- ISRAEL HL, GUSHUE GF, PARK CH. Assessment of Gallium-67 Scanning in Pulmonary and Extrapulmonary Sarcoidosis. *Ann N Y Acad Sci*. 1986;465(1):455–62.
- Bekerman C, Bitran J. Gallium-67 scanning in the clinical evaluation of human immunodeficiency virus infection: Indications and limitations. *Semin Nucl Med*. 1988;18(4):273–86.
- Chen WC, Tsai KD, Chen CH, Lin MS, Chen CM, Shih CM, et al. Role of Gallium-67 scintigraphy in the evaluation of occult sepsis in the medical ICU. *Intern Emerg Med*. 2012;7(1):53–8.
- Li N, Zhu W, Zuo S, Jia M, Sun J. Value of gallium-67 scanning in differentiation of malignant tumors from benign tumors or inflammatory disease in the oral and maxillofacial region. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;96(3):361–7.
- Love C, Din AS, Tomas MB, Kalappambath TP, Palestro CJ. Radionuclide Bone Imaging: An Illustrative Review. *Radiographics*. 2003;23(2):341–58.
- Connor MKO, Brown ML, Hung JC, Hayostek RJ. The Art of Bone Scintigraphy - Technical Aspects. 1991;32(12):2332–41.
- Chokkappan K, Kannivelu A, Srinivasan S, Babu S. Review of diagnostic uses of shunt fraction quantification with technetium-99m macroaggregated albumin perfusion scan as illustrated by a case of Osler-Weber-Rendu syndrome. *Ann Thorac Med*. 2016;11(2):155–60.
- Hosono M, Machida K, Honda N, Takahashi T, Kashimada A, Osada H, et al. Quantitative lung perfusion scintigraphy and detection of intrapulmonary shunt in liver cirrhosis. *Ann Nucl Med*. 2002;16(8):577–81.
- Alipour Z, Armin A, Mohamadi S, Tabib SM, Azizmohammadi Z, Gholamrezanezhad A, et al. Hepatopulmonary syndrome with right-to-left shunt in cirrhotic patients using macroaggregated albumin lung perfusion scan: Comparison with contrast echocardiography and association with clinical data. *Mol Imaging Radionucl Ther*. 2020;29(1):1–6.
- Dondi M, Palm S, Busemann Sokole E, Stodilka RZ, Wegst a. V., Zimmerman RE. Quality Assurance for SPECT Systems.

ISBN 978 92 0 103709 1. IAEA Hum Heal Ser No 6 [Internet]. 2009;(6):1–263. Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1394_web.pdf

14. Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN. CNEN NN 3.05 - Requisitos de segurança e proteção radiológica. 2013;26.
15. Atomic I, Agency E. IAEA Quality Control Atlas for Scintillation Camera Systems, 2003. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2004;31(5):760–760.

Contato:

Thalena Carolina Zanetti
Serviço de Medicina Nuclear e imagem Molecular –
Instituto do Coração/ HCFMUSP
Av. Dr. Enéas de Carvalho, nº 44, Cerqueira César,
São Paulo, Brasil
thalenazanetti@gmail.com