

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DA COLUNA LOMBAR APÓS ARTRODESE COM EMPREGO DE MATERIAL METÁLICO: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA IMAGEM PARA DIFERENTES ALGORITMOS MATEMÁTICOS*

José Augusto Marconato¹, Flávio Franciosi Aesse², José Hamilton Pinheiro Ferreira², Cláudio Pitta Pinheiro², Alessandro André Mazzola³

Resumo **OBJETIVO:** Selecionar os melhores algoritmos para o exame de coluna lombar na avaliação de artrodese com material metálico. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Utilizou-se um equipamento de tomografia computadorizada de 16 fileiras de detectores. Imagens de dez pacientes foram reconstruídas com filtros 20, 40, 60 e 80 e realizadas reformatações em três dimensões e multiplanares com espessuras de 2 mm e 4 mm. Um total de 320 imagens foi avaliado por três experientes radiologistas, que deram notas de 1 a 5 (1 = não-aceitável; 2 = abaixo dos padrões; 3 = aceitável; 4 = acima da média; 5 = excelente). Além disso, foram realizadas medidas de ruído para correlação com o tipo de filtro utilizado. **RESULTADOS:** As médias do valor de ruído para reconstrução com 2 mm e filtros 20, 40, 60 e 80 foram de $24,7 \pm 4,3$; $35,5 \pm 4,2$; $106,0 \pm 18,5$ e $145,9 \pm 26,9$, respectivamente, e para 4 mm foram de $18,1 \pm 2,4$; $25,1 \pm 4,6$; $76,7 \pm 17,2$ e $106,6 \pm 23,4$. **CONCLUSÃO:** As imagens coloridas em três dimensões são mais bem visualizadas com filtro 20, entretanto, nas imagens em tons de cinza um filtro intermediário de 40 ou 60 pode ser útil para demonstrar os parafusos com maior detalhe. Para reconstruções multiplanares com espessura de 2 mm o filtro 40 é mais bem aceito, e para uma espessura de 4 mm um filtro 60 apresentou melhor qualidade.

Unitermos: Tomografia computadorizada; Artrodese; Coluna lombar; Qualidade da imagem.

Abstract *Lumbar spine computed tomography after arthrodesis with metal implant: a qualitative evaluation of images reconstructed with different mathematical algorithms.*

OBJECTIVE: To select the best mathematical algorithms for lumbar spine imaging studies to assess arthrodesis with metal implant. **MATERIALS E METHODS:** The images acquisition was performed with a multidetector (16 rows) CT scanner, and 2 mm and 4 mm slice thickness. Images of ten patients were reconstructed with filters 20, 40, 60 and 80, employing multiplanar three-dimensional volume-rendering techniques. A total of 320 images were evaluated by three experienced radiologists who rated the images from 1 to 5 (1 = unacceptable; 2 = substandard; 3 = acceptable; 4 = above the average; 5 = excellent). Additionally, noise measurements were performed for correlation with the type of filter utilized. **RESULTS:** For 2 mm thickness and filters 20, 40, 60 e 80, mean noise measurements for images reconstruction were, respectively, 24.7 ± 4.3 , 35.5 ± 4.2 , 106.0 ± 18.5 and 145.9 ± 26.9 , and for 4 mm and filters 20, 40, 60 and 80 were, respectively, 18.1 ± 2.4 , 25.1 ± 4.6 , 76.7 ± 17.2 and 106.6 ± 23.4 . **CONCLUSION:** Three-dimensional color images could be better visualized with filter 20; however, in the case of gray-scale, filters 40 or 60 could be useful to demonstrate the arthrodesis pedicle screws in higher detail. For multiplanar reconstructions with 2 mm slice thickness, the filter 40 was the most appropriate, and for 4 mm, a filter 60 presented a better image quality.

Keywords: Computed tomography; Arthrodesis; Lumbar spine; Image quality.

INTRODUÇÃO

A fixação da coluna lombar com material metálico tem sido utilizada há alguns anos e a avaliação pós-operatória pode ser realizada por meio de métodos de diagnóstico por imagem, como a radiografia convencional, a tomografia computadorizada (TC) ou a ressonância magnética (RM).

Os três métodos possuem suas vantagens e desvantagens, sendo a radiografia convencional o de menor custo; este mé-

todo, entretanto, não permite a visualização detalhada do canal vertebral e das partes moles. Em alguns casos podem ser necessárias diversas projeções. A RM é o método menos utilizado, pois, além do alto custo, o material metálico causa artefatos que muitas vezes inviabilizam o exame. Já a TC com equipamentos de múltiplas fileiras de detectores é o método mais completo, mas tem como desvantagem o custo elevado se comparado com a radiografia convencional⁽¹⁾.

* Trabalho realizado no Hospital Moinhos de Vento, Porto Alegre, RS.

1. Mestre em Ciências, Físico do Hospital Moinhos de Vento, Professor da Fundação Saint Pastous.

2. Médicos Radiologistas do Hospital Moinhos de Vento.

3. Mestre em Ciências, Físico do Hospital Moinhos de Vento, Professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul e do Centro de Educação Tecnológica do Instituto Pro-Universidade Canoense.

Endereço para correspondência: José Augusto Marconato. Rua Marquês do Herval, 65/302, Bairro Marechal Rondon. Canoas, RS, 92020-400. E-mail: tomografia.ci@hmv.org.br

Recebido para publicação em 7/7/2006. Aceito, após revisão, em 10/8/2006.

Em relação à dose de radiação, um estudo feito pelo comitê das Nações Unidas sobre os efeitos das radiações ionizantes apresenta doses efetivas para exames de coluna lombar por radiografia convencional em diversos países, que variam de valores inferiores a superiores em relação a exames de TC, dependendo dos parâmetros utilizados e do número de incidências⁽²⁾.

Atualmente, os equipamentos de TC podem controlar a dose de radiação conforme a densidade da região anatômica e o tamanho do paciente, reduzindo consideravelmente a dose efetiva do estudo. Além disso, possuem maiores recursos para a reconstrução das imagens adquiridas, como reconstruções multiplanares (MPR – *multiplanar reconstruction*), projeção de máxima intensidade (MIP – *maximum intensity projection*) e mesmo imagens em três dimensões de altíssima qualidade com técnica *volume rendering technology* (VRT), cuja tradução ainda não está bem definida, mas talvez possa ser utilizada a expressão “técnica de representação ou apresentação volumétrica”. Existe, ainda, a possibilidade de utilização de diferentes algoritmos matemáticos, que são cálculos realizados pelo computador do equipamento de TC no momento da reconstrução das imagens, que podem intensificá-las ou suavizá-las. Esses algoritmos ou filtros influenciam diretamente na qualidade da imagem, alterando a resolução espacial e o ruído⁽³⁾.

Nos estudos da coluna, geralmente, é utilizado um filtro para a visualização óssea e outro para tecidos moles, nos planos axial, sagital e coronal. Entretanto, para a avaliação de artrodese com material metálico, se fazem necessárias reconstruções mais detalhadas para reduzir artefatos, envolvendo inclusive imagens em três dimensões, e para isso, a utilização de diferentes filtros. Os equipamentos da Siemens fabricados recentemente dispõem de diversos filtros para cada região do corpo a ser estudada, e geralmente variam numericamente de 10 a 90. Quanto mais baixo for o filtro, menor o ruído e melhor a resolução de baixo contraste na imagem, ideais para a visualização de partes moles. Ao aumentar o valor do filtro, ocorre um aumento no ruído da imagem e na resolução espacial, ideal para a visualização de estruturas ósseas e objetos de alto contraste⁽³⁾.

O objetivo deste estudo é determinar quais os melhores filtros a serem utilizados para o exame de TC da coluna lombar com artrodese empregando material metálico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um equipamento de TC de 16 fileiras de detectores (Somatom Sensation Cardiac; Siemens AG). Foram selecionados dez pacientes que realizaram exame de TC da coluna lombo-sacra para a avaliação de artrodese com emprego de material metálico. O exame foi realizado rotineiramente, com os seguintes parâmetros técnicos: tensão de 120 kV, miliamperagem de 200 mAs de referência e colimação 16 × 1,5 mm. Foi utilizado o sistema de modulação automático de dose (Care Dose; Siemens AG). Um pós-processamento com filtros números 20, 40, 60 e 80 foi solicitado. Em seguida, foram realizadas reformatações em três dimensões com técnica VRT em tons de cinza e em cores, MPR com espessuras de 2 mm e 4 mm axiais, sagitais e coronais oblíquas com inclinações específicas para melhor demonstrar os parafusos, em uma estação de trabalho (Wizard; Siemens AG).

Foram apresentadas 320 imagens, sem informações dos parâmetros de aquisição e reconstrução, para serem avaliadas por três experientes radiologistas, que deram notas de 1 a 5 (1 = não-aceitável; 2 = abaixo dos padrões; 3 = aceitável; 4 = acima da média; 5 = excelente), avaliando-as quanto a resolução espacial, ruído e artefatos de maneira subjetiva. As reconstruções foram as mesmas para cada paciente, sendo o tipo de filtro utilizado o único fator variável. Dessa forma, cada paciente foi o seu próprio controle, não sendo necessário selecionar pacientes com características semelhantes, como o mesmo tipo de material metálico utilizado na cirurgia ou biótipo. Medidas do nível de ruído foram realizadas nas imagens axiais para cada tipo de filtro e espessuras de corte utilizadas, posicionando-se uma região de interesse sobre o músculo psoas (Figura 1).

Análise estatística

As notas e medidas do nível de ruído foram tabeladas e calculadas as médias e desvios-padrão. Para a determinação de

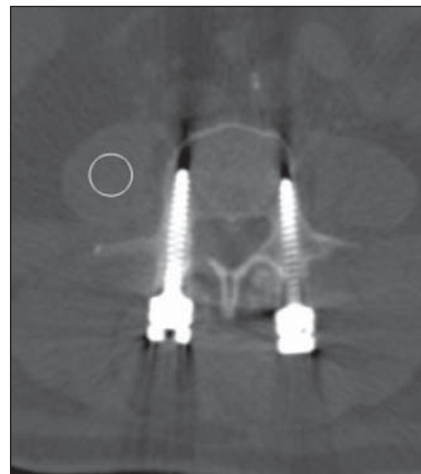


Figura 1. Imagem axial com região de interesse posicionada sobre o músculo psoas para avaliação do nível de ruído.

quais os melhores filtros para cada tipo de reconstrução, foram comparadas as médias das notas utilizando os testes de Friedman e Wilcoxon com correção de Bonferroni. A verificação da concordância entre observadores foi avaliada pelo teste kappa.

RESULTADOS

Os dados dos pacientes estudados estão mostrados na Tabela 1. As médias dos valores do nível de ruído para reconstrução com 2 mm de espessura de corte e filtros 20, 40, 60 e 80 foram de $24,7 \pm 4,3$, $35,5 \pm 4,2$, $106,0 \pm 18,5$ e $145,9 \pm 26,9$, respectivamente, e para reconstrução com 4 mm de espessura de corte foram de $18,1 \pm 2,4$, $25,1 \pm 4,6$, $76,7 \pm 17,2$ e $106,6 \pm 23,4$, respectivamente. O gráfico da Figura 2 mostra essa variação para cada tipo de filtro.

Tabela 1 Dados dos pacientes incluídos no estudo.

Paciente	Peso (kg)	Nº de elementos metálicos	
		Parafusos	Hastes
1	75	6	2
2	94	10	2
3	60	8	2
4	90	6	2
5	60	4	2
6	62	4	2
7	60	4	2
8	50	6	2
9	62	4	2
10	80	6	2

Tabela 2 Médias e desvios-padrão (DP) das notas apresentadas pelos três observadores para cada filtro nos diferentes tipos de reconstruções.

Tipo de reconstrução	Filtro 20		Filtro 40		Filtro 60		Filtro 80	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
VRT tons de cinza	3,1	0,5	3,9	0,6	4,0	0,6	2,9	0,6
VRT colorida	4,3	0,5	3,8	0,7	1,6	0,4	1,4	0,4
Sagital 2 mm	3,7	0,7	3,6	0,5	2,4	0,8	2,1	0,4
Sagital 4 mm	3,5	0,4	3,8	0,4	4,3	0,5	3,4	0,6
Axial 2 mm	2,4	0,5	3,3	0,7	3,5	0,5	2,7	0,6
Axial 4 mm	2,3	0,5	3,2	0,6	3,7	0,4	2,5	0,4
Coronal 2 mm	3,1	0,4	3,3	0,6	2,3	0,5	1,8	0,3
Coronal 4 mm	3,1	0,3	3,5	0,4	4,2	0,5	3,2	0,9

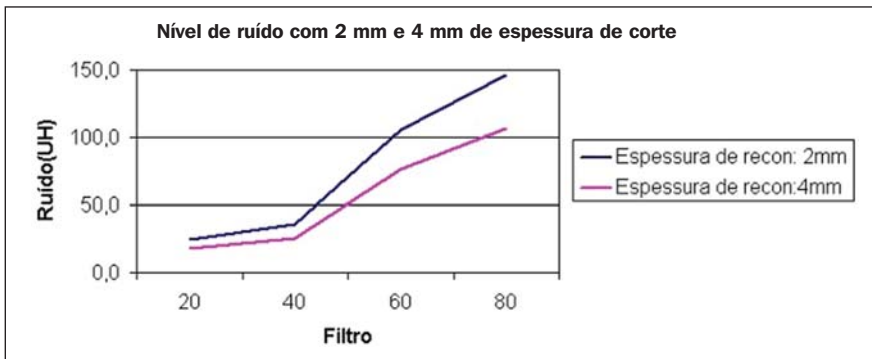


Figura 2. Gráfico mostrando a variação do nível de ruído para cada tipo de filtro nas diferentes espessuras de corte.

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias e os desvios-padrão das notas dos três observadores.

A análise estatística comprovou a existência de uma diferença na imagem para os diferentes filtros e espessuras de corte ($p < 0,05$). Para a reconstrução VRT em tons de cinza (Figura 3), o filtro 60 apresentou a melhor média, porém, estatisticamente semelhante à do filtro 40. Nas imagens VRT coloridas (Figura 4), a melhor média foi a do filtro 20. Na reconstrução sagital de 2 mm (Figura 5 – A,C,E,G), a maior média foi a do filtro 20, mas estatisticamente semelhante à média para o filtro 40. Para as reconstruções axiais de 2 mm (Figura 6 – A,C,E,G) e 4 mm (Figura 6 – B,D,F,H) com o filtro 60, obteve-se a maior média. Para as imagens coronais de 2 mm (Figura 7 – A,C,E,G) e 4 mm (Figura 7 – B,D,F,H), as maiores médias foram as dos filtros 40 e 60, respectivamente.

A partir dos testes estatísticos observou-se concordância entre os três observadores em relação às reconstruções VRT em cores, sagitais e coronais 2 mm ($p < 0,05$). Para as demais, existiu baixa concordância.

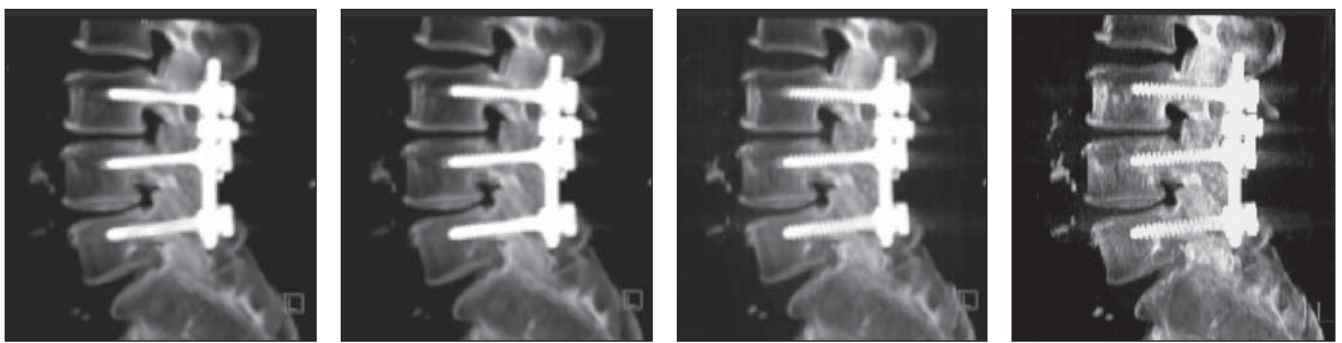


Figura 3. Reconstruções VRT em tons de cinza. **A:** Filtro 20; **B:** filtro 40; **C:** filtro 60; **D:** filtro 80.

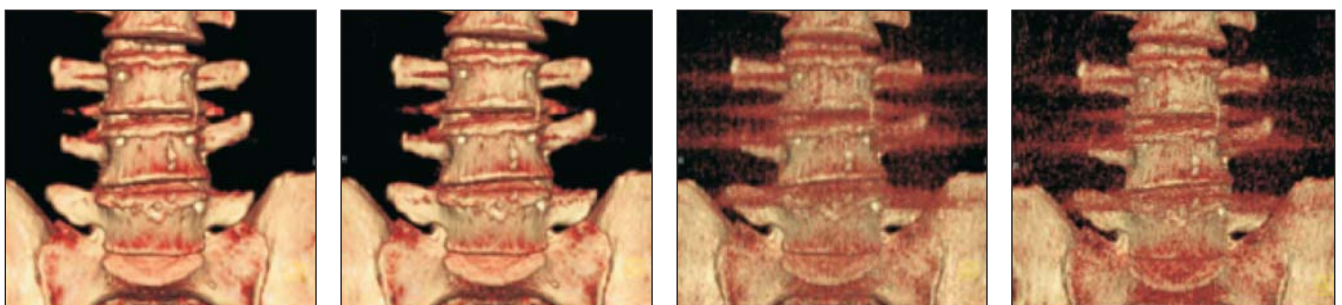


Figura 4. Reconstruções VRT em cores. **A:** Filtro 20; **B:** filtro 40; **C:** filtro 60; **D:** filtro 80.

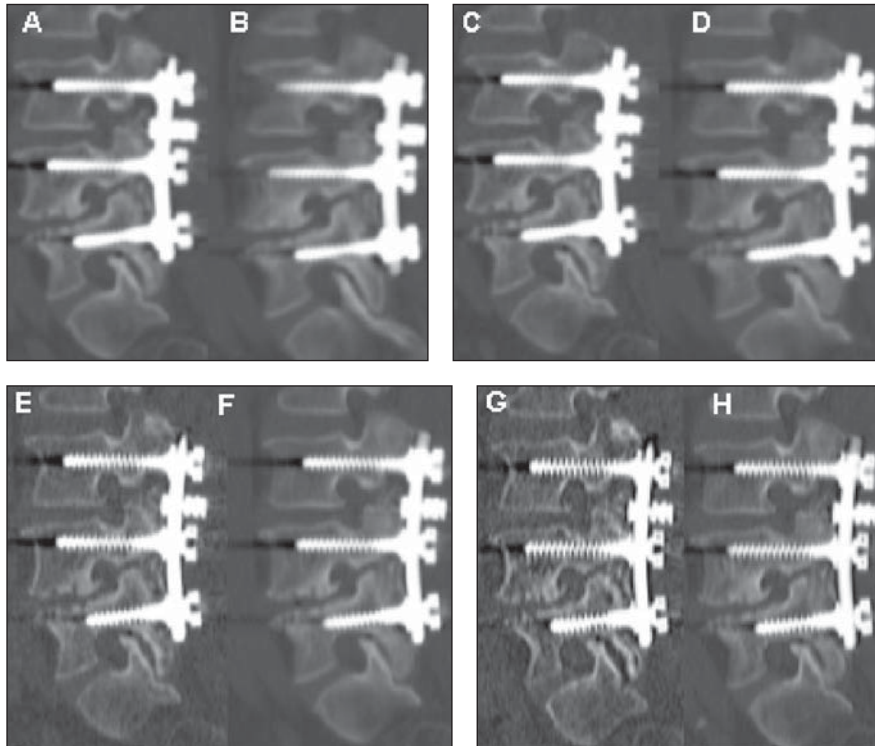


Figura 5. Reconstruções sagitais oblíquas. **A:** Filtro 20 com 2 mm de espessura de corte; **B:** filtro 20 com 4 mm de espessura de corte; **C:** filtro 40 com 2 mm de espessura de corte; **D:** filtro 40 com 4 mm de espessura de corte; **E:** filtro 60 com 2 mm de espessura de corte; **F:** filtro 60 com 4 mm de espessura de corte; **G:** filtro 80 com 2 mm de espessura de corte; **H:** filtro 80 com 4 mm de espessura de corte.

DISCUSSÃO

A avaliação pós-operatória tem como objetivo assegurar o diagnóstico da integridade do saco dural e raízes nervosas, observar o alinhamento e a fixação óssea, a mecânica e a integração do material metálico, verificar o grau de correção da doença prévia e identificar eventuais complicações, tais como hematomas, processos inflamatórios, etc.

O uso de uma técnica adequada na aquisição e reconstrução das imagens é extremamente importante, principalmente em estudos suscetíveis a artefatos. Nestes casos, a eliminação total é praticamente impossível, entretanto, podem ser reduzidos a um nível aceitável para não prejudicar o diagnóstico. O exame de TC na avaliação de artrodese com material metálico sempre foi muito problemático⁽⁴⁾, devido aos artefatos causados por endurecimento do feixe, mas atualmente o advento da TC de múltiplas fileiras de detectores, ou *multi-slice*, trouxe nova perspectiva a esses estudos. A qualidade do volume de imagens adquiridas e dos recursos de reconstrução

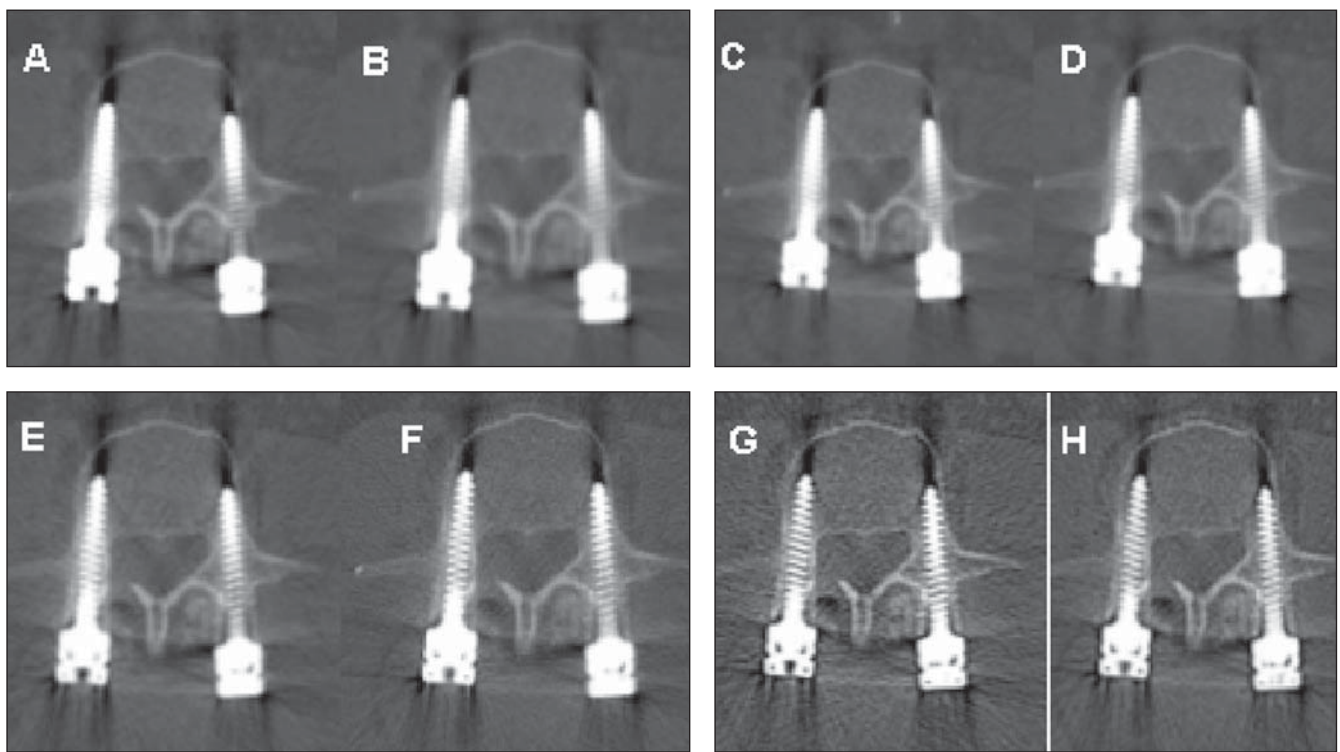


Figura 6. Reconstruções axiais oblíquas. **A:** Filtro 20 com 2 mm de espessura de corte; **B:** filtro 20 com 4 mm de espessura de corte; **C:** filtro 40 com 2 mm de espessura de corte; **D:** filtro 40 com 4 mm de espessura de corte; **E:** filtro 60 com 2 mm de espessura de corte; **F:** filtro 60 com 4 mm de espessura de corte; **G:** filtro 80 com 2 mm de espessura de corte; **H:** filtro 80 com 4 mm de espessura de corte.

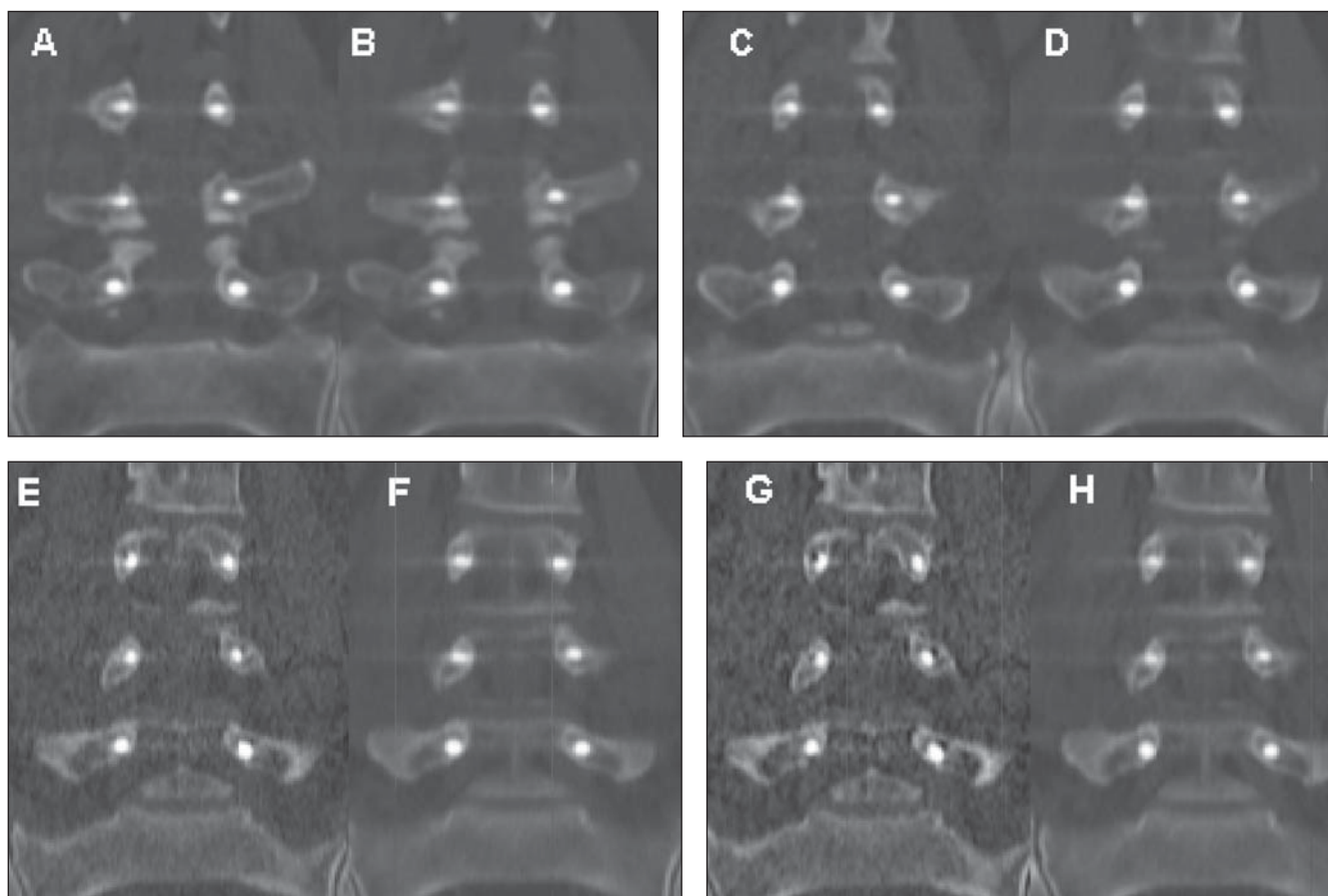


Figura 7. Reconstruções coronais oblíquas. **A:** Filtro 20 com 2 mm de espessura de corte; **B:** filtro 20 com 4 mm de espessura de corte; **C:** filtro 40 com 2 mm de espessura de corte; **D:** filtro 40 com 4 mm de espessura de corte; **E:** filtro 60 com 2 mm de espessura de corte; **F:** filtro 60 com 4 mm de espessura de corte; **G:** filtro 80 com 2 mm de espessura de corte; **H:** filtro 80 com 4 mm de espessura de corte.

aumentou consideravelmente em relação aos equipamentos de tecnologia inferior⁽⁵⁾.

Na aquisição das imagens, o nível de ruído está diretamente relacionado à dose de radiação aplicada e à colimação dos detectores utilizada; já a resolução espacial é influenciada pela colimação dos detectores. Na fase de reconstrução devem ser considerados também os filtros ou algoritmos matemáticos, além da espessura de corte, pois nos equipamentos atuais existe grande combinação de filtros e espessuras de corte que podem ser utilizados.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, foi possível verificar que valores de filtro menores e espessuras de corte mais grossas causam diminuição na resolução espacial, juntamente com redução no ruído das imagens reconstruídas. Um baixo nível de ruído é muito favorável às reconstruções coloridas com técnica VRT em três dimensões, demonstrando a superfície da coluna lombar com alta qualidade. Quando foram

avaliadas as imagens VRT em tons de cinza, que possuem uma certa transparência para a demonstração dos parafusos, os radiologistas deram notas maiores para as reconstruções com filtros intermediários, como os filtros 40 e 60. Este resultado pode ser justificado, pois as ranhuras e, conseqüentemente, alguma alteração nos parafusos podem ser mais bem visualizadas quando existe uma maior resolução espacial. Na avaliação das imagens MPR, os filtros 20 e 80 foram os que receberam as menores notas. O filtro 20 apresenta definição muito baixa de bordas e da trabeculação óssea, resultante da menor resolução espacial. O filtro 80, ao contrário, salienta demasiadamente as bordas e o ruído. Já os filtros 40 e 60 foram mais bem aceitos com espessuras de corte de 4 mm e 2 mm, respectivamente. Como já foi comentado anteriormente, ao utilizarmos espessuras de corte mais finas ocorre um aumento na resolução espacial e no ruído; dessa forma,

o aumento do nível de ruído causado pelo corte fino de 2 mm é compensado pelo filtro 40 e a redução da resolução espacial resultante do corte mais grosso de 4 mm, pelo filtro 60.

Na fase de avaliação das imagens, os radiologistas as avaliaram subjetivamente, apontando a maior nota às que reuniram o maior conjunto de fatores positivos, como um equilíbrio entre resolução espacial, ruído e artefatos. Na prática diária, o protocolo de aquisição e reconstrução das imagens deve estar bem padronizado para que a qualidade dos exames seja semelhante para todos os pacientes. O uso de muitas combinações de filtros e espessuras de corte não é aconselhável, pois não se torna prático e gera um número muito grande de imagens. Assim, um tipo de filtro para as reconstruções VRT coloridas e outro para as reconstruções MPR é suficiente.

O nível de ruído medido nas imagens aumentou gradativamente ao alterarmos o

filtro de 20 a 80. A espessura de corte de 2 mm também se mostrou com um nível mais elevado de ruído em relação a um corte de 4 mm. De maneira geral, as imagens em três dimensões VRT em cores são mais bem visualizadas com filtro de número 20 por apresentarem um menor nível de ruído; entretanto, nas imagens VRT em tons de cinza um filtro intermediário de número 40 ou 60 pode ser útil para demonstrar os parafusos com maior detalhe. Ocorreu divergência na opinião dos médicos ao avaliarem as imagens MPR, mas concluiu-se que quando se utiliza uma espessura de corte de 2 mm, um filtro 40 é

mais bem aceito por compensar o ruído resultante do corte fino, e ao usarmos uma espessura de 4 mm, um filtro 60 apresenta uma melhor qualidade.

Agradecimentos

Agradecemos aos técnicos e tecnólogos do setor de TC e aos médicos radiologistas que contribuíram para o sucesso deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Williams AL, Gornet MF, Burkus JK. CT evaluation of lumbar interbody fusion: current concepts. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005;26:2057–2066.
2. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. Annex D. New York: United Nations, 2000.
3. Seeram E. Computed tomography. Physical principles, clinical applications, and quality control. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders, 2001.
4. Cook SD, Patron LP, Christa Kis PM, et al. Comparison of methods for determining the presence and extend of anterior lumbar interbody fusion. *Spine* 2004;29:1118–1123.
5. Cody DD, Moxley DM, Davros W, Silverman PM. Principles of multislice computed tomography technology. In: Silverman PM, editor. *Multislice computed tomography. A practical approach to clinical protocols*. 1st ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002;1–29.