

Série de
resumos
técnicos

Como maximizar a eficiência da dose para a aquisição de imagens de pacientes pediátricos

Como enfrentar os desafios de aquisição de
imagens pediátricas com as soluções da Carestream

Carestream

Enfrentando os desafios de aquisição de imagens pediátricas com as soluções da Carestream: como maximizar a eficiência da dose para a aquisição de imagens pediátricas

Introdução

As melhores práticas de aquisição de imagens radiográficas seguem o princípio de utilização da dose “mais baixa possível” ou ALARA (as low as reasonably achievable),¹ que equilibra as necessidades tanto do paciente (dose mais baixa) quanto da produção de uma imagem com qualidade adequada para a interpretação confiável do exame. Embora o nível da dose seja um aspecto importante da administração da eficiência da dose para a população pediátrica, há outras considerações relevantes que também exigem atenção. A aquisição de imagens radiográficas de pacientes pediátricos apresenta muitos desafios específicos em relação à aquisição de imagens de adultos. Considerando o aumento da sensibilidade à radiação de órgãos e ossos em crescimento, a expectativa de vida prolongada das crianças e a ampla gama de biotipos entre esta demografia de pacientes, não é apropriado empregar as mesmas técnicas de aquisição e parâmetros de processamento de imagem utilizados para a aquisição de imagens de adultos. A iniciativa “Back to Basics” da campanha Image Gently incentiva a utilização de práticas de aquisição de imagens específicas para a pediatria e é totalmente condizente com os princípios orientadores da abordagem da Carestream quanto a essas questões importantes.^{2, 3, 4}

Para proporcionar a imagem da mais alta qualidade com a utilização mais eficiente da exposição à radiação, é importante abordar cada etapa da cadeia de formação da imagem como parte de um sistema completo. O processo de formação da imagem pode ser naturalmente dividido em três etapas distintas: aquisição da imagem, processamento da imagem para exibição e análise e avaliação da imagem. Essas etapas estão representadas na Figura 1. O processo de avaliação da qualidade da imagem e seu papel essencial na obtenção de respostas positivas para as etapas de aquisição e processamento de imagens também estão indicados nessa figura.

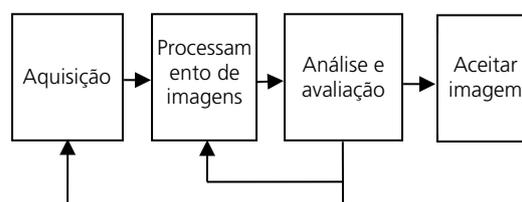


Figura 1. Fluxograma do processo de formação da imagem. A análise e a avaliação da imagem permitem fornecer feedback sobre as etapas de aquisição e processamento da imagem, o que impulsiona a melhoria contínua.

Aquisição de imagens

Capturar a imagem de raios X com o receptor de imagem é a primeira etapa da formação da imagem. O lançamento dos detectores DRX sem fio da Carestream

Artigo | Enfrentando os desafios de aquisição de imagens pediátricas com as soluções da Carestream

representou um grande avanço, uma vez que são detectores de raios X de alta qualidade que se encaixam perfeitamente no fluxo de trabalho de UTI neonatais e pediátricas. Além disso, a utilização de uma camada de cintilador de céσιο ajuda a garantir a melhor qualidade possível da imagem. O desenho praticamente elimina os problemas que podem ocorrer com o posicionamento dos pacientes em um ambiente clínico movimentado quando um sistema conectado é utilizado. A bateria substituível também garante que o detector esteja pronto para utilização a qualquer momento. O painel CARESTREAM DRX Plus 2530C, que é compacto e possui altas resolução (espaçamento de 98 um pixels) e eficiência quântica de detecção (detective quantum-efficiency, DQE), se encaixa facilmente na bandeja de raios X de uma incubadora neonatal, sendo ideal para exames das extremidades na mesa.

Além de utilizar um detector altamente eficiente, também é essencial empregar as técnicas de aquisição apropriadas (p. ex., kVp, mAs e filtração) em toda a ampla gama de biotipos pediátricos. Essa gama de biotipos, desde o menor paciente neonatal ao maior adolescente, requer que as técnicas de aquisição sejam adaptadas ao tamanho e à idade de cada paciente. Para colaborar com esse desafio, a Carestream oferece a capacidade de selecionar o tamanho corporal do paciente pediátrico (também com base no peso ou na idade) dentre uma faixa de sete categorias, que é uma ampliação das categorias de tamanho recomendadas pela FDA.^{5, 6} A opção *Pediatric Capture Optimization and Enhancement* permite que o sistema escolha os parâmetros de aquisição padrão e as configurações de processamento da imagem apropriadas para diferentes tamanhos de pacientes e tipos de detectores. Esse recurso proporciona mais consistência na aquisição e na exibição das imagens para pacientes de tamanho corporal e faixa etária determinados.

Um dos avanços recentes mais relevantes da Carestream é o *Smart Noise Cancellation (SNC)*, que influencia diretamente a seleção das técnicas de aquisição. Essa nova técnica de redução de ruído baseada em AI facilita a redução da dose em todos os tamanhos de pacientes e exames de radiografia geral, preservando detalhes espaciais finos.⁷ Estudos com leitores criteriosamente conduzidos demonstraram que, com um painel de iodeto de céσιο, as aquisições em velocidade ISO de 800 com SNC aplicado foram consideradas superiores em termos de qualidade da imagem quando comparadas a aquisições em velocidade ISO de 400 sem a utilização do SNC.⁷ Da mesma forma, para painéis de oxissulfeto de gadolínio (GOS), as aquisições em velocidade ISO de 500 foram consideradas superiores quando comparadas aos exames em velocidade ISO de 320 correspondentes sem SNC. De modo geral, 99% dos pares de imagens com baixa dose e SNC aplicado foram classificados como bons ou melhores do que as imagens com dose nominal sem aplicação do SNC.⁷ (Observação: a velocidade ISO é inversamente proporcional ao índice de exposição IEC. Como a exposição é reduzida pela metade, o IEC EI é reduzido pela metade, enquanto a velocidade ISO é duplicada.) E quando o SNC é utilizado em conjunto com outros métodos de gerenciamento de dose, como filtração,⁸ uma redução de dose ainda maior pode ser alcançada. A Figura 2 demonstra o benefício do SNC em um cadáver neonatal doado (com isenção do IRB), que foi manualmente insuflado antes de cada aquisição. As imagens foram adquiridas em um painel DRX-1C (cintilador CsI) com filtração de 0,1 mm Cu a 50 kVp. A dose efetiva foi calculada pelo software de estimativa de doses PCXMC v2.0, localizado em Monte Carlo.⁹ A dose efetiva para as imagens nas partes superior e inferior esquerdas foi de 4 uSv e 8 uSv, respectivamente. A comparação da dose efetiva de 4 uSv com SNC (parte superior direita) com a imagem de 8 uSv demonstra como SNC elimina o ruído e preserva os detalhes finos (visualização sugerida em 300% para cópia digital).

Artigo | Enfrentando os desafios de aquisição de imagens pediátricas com as soluções da Carestream

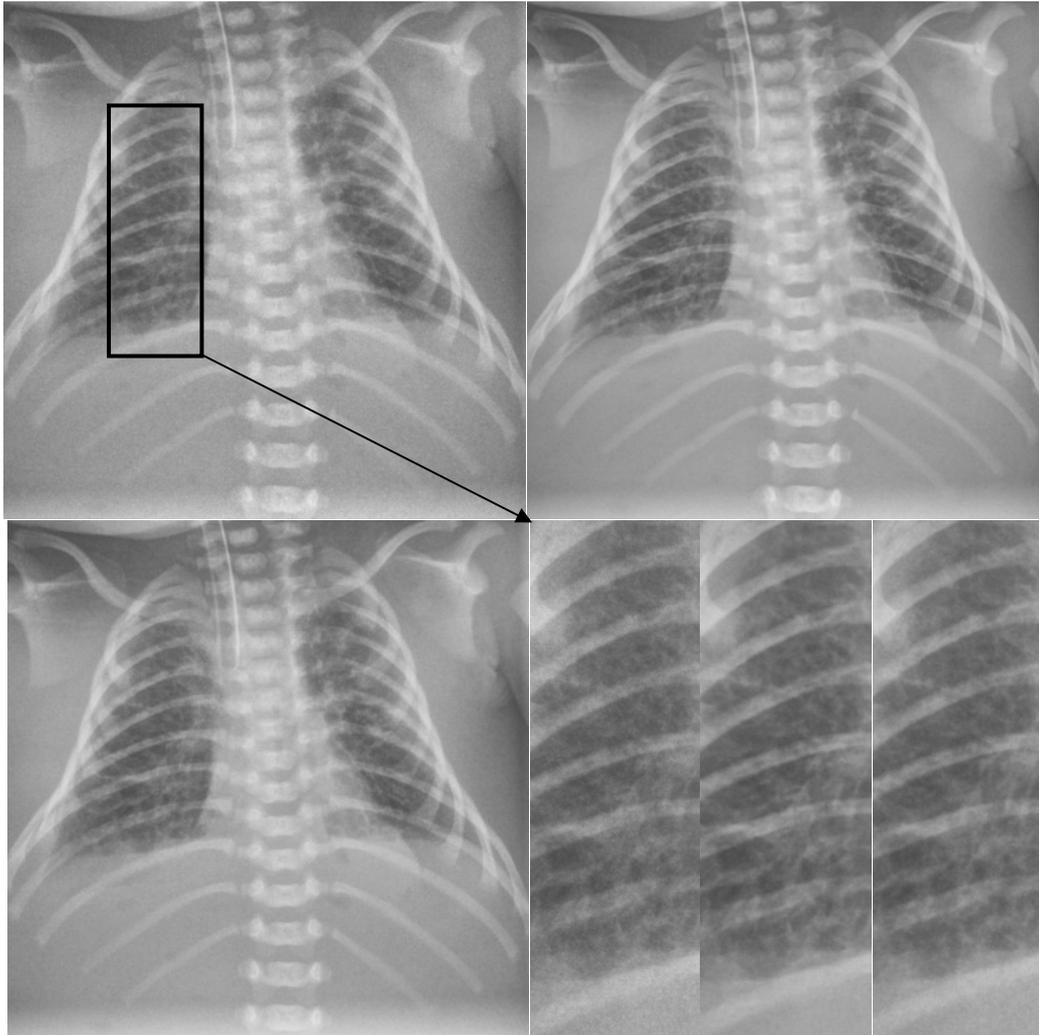


Figura 2. Imagem de tórax de um cadáver neonatal (2,313 g) adquirida no painel DRX1-C, insuflada manualmente durante cada aquisição. Adquirida a 50 kVp, SID de 162,5 cm, filtração de 0,1 mm Cu. A dose efetiva foi calculada pelo software de estimativa de doses PCXMC v2.0, localizado em Monte Carlo. Acima, à esquerda: dose efetiva de 4 uSv, 4 mAs, processamento padrão. Acima, à direita: imagem com dose efetiva de 4 uSv e SNC aplicado. Abaixo, à esquerda: dose efetiva de 8 uSv, 8 mAs, processamento padrão. Abaixo, à direita: ampliação dos três tratamentos (4 uSv padrão, 4 uSv com SNC e 8 uSv padrão).

Artigo | Enfrentando os desafios de aquisição de imagens pediátricas com as soluções da Carestream

Abaixo, a Figura 3 compara a mesma imagem da bacia pediátrica (adquirida a 65 kVp, 1,3 mAs, SID de 99,2 cm, grade, produto de área da dose de 0,28, sem filtração, índice de exposição IEC de 83, velocidade ISO de 800), tanto sem (à esquerda) quanto com (à direita) SNC.

Observe a preservação dos detalhes finos com a remoção do ruído quântico. O SNC aumenta consideravelmente a qualidade da imagem em todos os exames realizados com a família de detectores DRX-1 e DRX Plus.



Figura 3. Uma radiografia de bacia pediátrica Lauenstein no DRX Plus C (Csl), 65 kVp, 1,3 mAs, SID de 99,2 cm, grade, DAP 0,28, sem filtração, IEC EI 83, velocidade ISO de 800. Esquerda: sem SNC. Direita: com SNC.

Quando o *SNC* está habilitado, é possível reduzir significativamente a dose e tal impacto deve ser considerado ao selecionar os fatores de técnica. O *SNC*, juntamente com as melhores práticas promovidas na campanha *Image Gently*, pode proporcionar a máxima qualidade da imagem com uma dose bastante reduzida.

A Carestream também está envolvida em pesquisas para desenvolver técnicas aprimoradas de aquisição para pacientes pediátricos. Este trabalho se baseia na compreensão de que a utilização de um receptor digital permite visar a uma relação específica entre sinal e ruído na imagem ao invés de manter determinada densidade óptica na imagem final. A separação inerente da aquisição e da exibição de uma imagem em um ambiente digital proporciona novas

oportunidades para desenvolver a customização específica para tarefas em termos de quantidade e tipo de radiação utilizada para gerar imagens digitais.

Para ilustrar a oportunidade de otimização da técnica, a Figura 4 mostra uma métrica normalizada da qualidade da imagem (índice de detectabilidade por unidade de dose efetiva absorvida) para um nódulo pulmonar de 5 a 10 mm, como uma função do peso do paciente. Os resultados indicam que, para pacientes menores, um kVp mais baixo pode aprimorar a qualidade da imagem para determinada dose ao paciente, enquanto kVps mais elevados são mais vantajosos para pacientes maiores. A vantagem de diminuir o kVp para reduzir a dose em exames neonatais foi clinicamente demonstrada por Schäfer.¹⁰

Artigo | Enfrentando os desafios de aquisição de imagens pediátricas com as soluções da Carestream

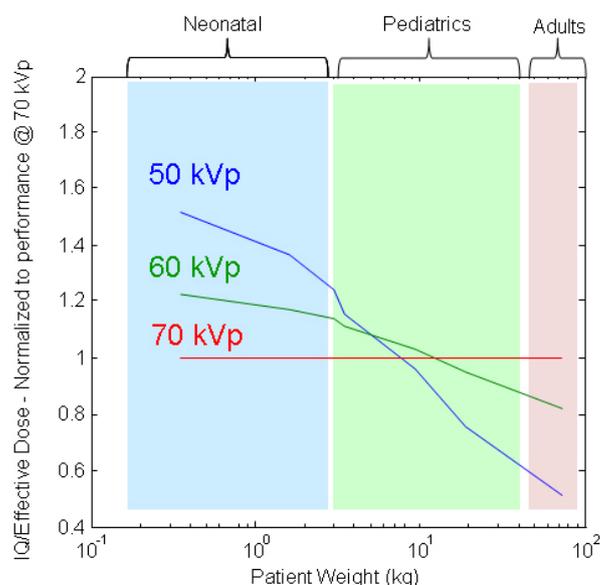


Figura 4. Este gráfico mostra a qualidade normalizada da imagem (índice de detectabilidade do nódulo) por unidade da dose efetiva absorvida para diferentes kVps, como uma função do peso do paciente para um nódulo pulmonar de 5 a 10 mm. Os dados são normalizados ao resultado da qualidade da imagem para o caso de 70 kVp.

Em certos procedimentos, como exames de escoliose, é possível reduzir os níveis de exposição utilizados para as imagens de acompanhamento. A redução da exposição funcionará se a aquisição de imagens for realizada de forma satisfatória com uma imagem com maior ruído em comparação ao exame principal de alta qualidade, mas ainda fornece delineamento suficiente dos processos da coluna vertebral para permitir a avaliação clínica precisa.

A Carestream agora oferece o detector DRX-L, medindo 43 " x 130 ", que foi projetado especificamente para a aquisição de imagens da coluna vertebral utilizando exposições de disparo único que permitem aquisição e visualização rápidas das imagens, simplificação do fluxo de trabalho e redução da dose em comparação com a aquisição de imagens de comprimento longo com múltiplos disparos. Embora seja difícil comparar diretamente a aquisição de imagens de comprimento longo (Long-Lenght Imaging, LLI) de múltiplos disparos com a de disparo único em termos da exposição à radiação, se todas as variáveis forem iguais (grade, SID, kVp e

desempenho da aquisição de imagens do detector), o método LLI com múltiplos disparos resultará em aproximadamente 10% mais dose geral e 100% mais dose nas regiões anatômicas sobrepostas. Considerando o longo tempo de espera associado à LLI com múltiplos disparos, em que o movimento do paciente frequentemente resulta em repetição do exame, a redução da dose decorrente do número menor de repetições também é um fator importante.

A dispersão de raios X poderá comprometer consideravelmente a qualidade da imagem se não for gerenciada como parte do processo de aquisição. A utilização de uma grade antidispersão reduz a quantidade de dispersão que atinge a placa de aquisição de imagens e melhora sua qualidade. Porém, uma grande desvantagem da utilização de uma grade é a necessidade de aumentar a dose para o paciente. A medição da espessura do paciente é altamente recomendada como parte da seleção da técnica ideal. As grades são apropriadas para espessuras de partes do corpo superiores a 12 cm, mas, na pediatria,

Artigo | Enfrentando os desafios de aquisição de imagens pediátricas com as soluções da Carestream

poderá haver exceções para exames que contenham uma quantidade substancial de ar, como exames do tórax.¹¹ No entanto, avanços recentes no processamento das imagens eliminaram a necessidade de utilizar uma grade física, substituindo-a pela supressão da dispersão baseada em software. O processamento *SmartGrid* da Carestream agora possibilita realizar a

aquisição de imagens de pacientes pediátricos sem grade, reduzindo, assim, a exposição desses pacientes à radiação. A Figura 5 demonstra o processamento *SmartGrid* e com *SNC* no abdome de uma criança (DRX Plus 3543C, 65 kVp, 1,2 mAs, sem grade, IEC EI 187, velocidade ISO de 400, produto de área da dose de 0,47).

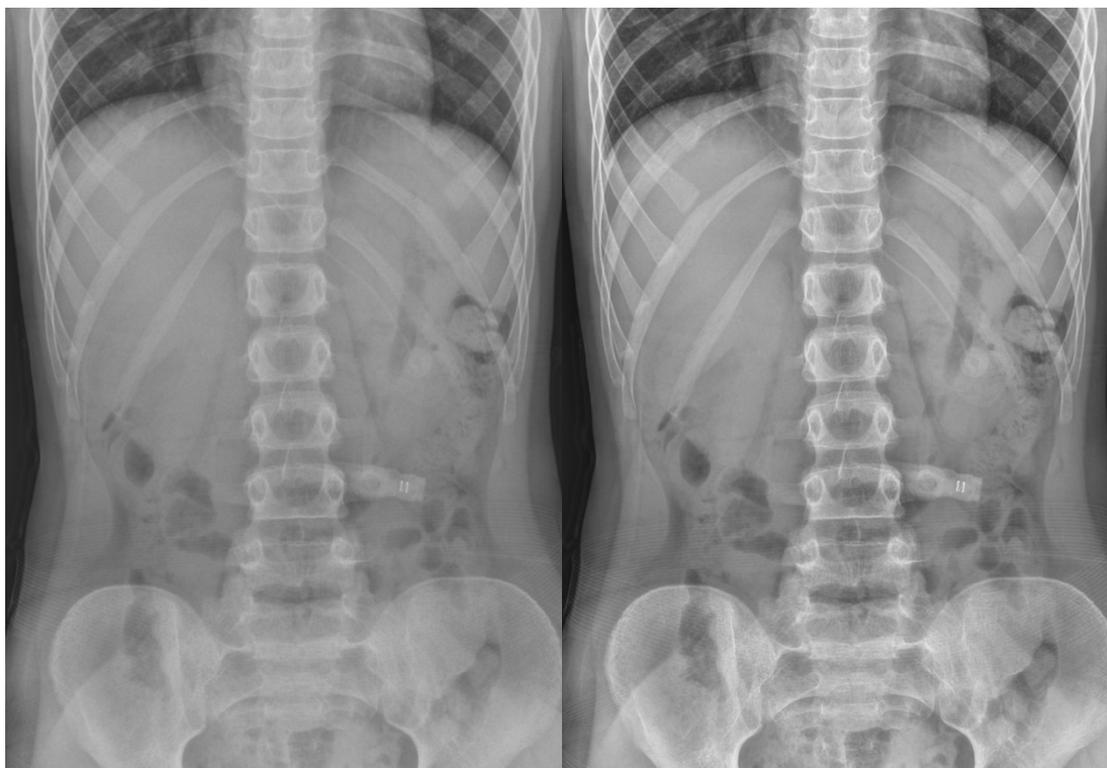


Figura 5. Imagem do abdome de uma criança adquirida no DRX Plus 3543C a 65 kVp, 1,2 mAs, sem grade, IEC EI 187, velocidade ISO de 400, DAP de 0,47. Esquerda: processamento padrão; direita: processamento *SmartGrid* e com *SNC*.

No intuito de promover a melhoria contínua e a uniformidade, o recurso *Prior Image Review* da Carestream permite que os técnicos analisem as aquisições anteriores do paciente na tela do console. As aquisições anteriores são recuperadas através do PACS (mesmo a partir de equipamentos de outros fornecedores) enquanto o técnico em radiologia está configurando o exame atual. Fatores anteriores relacionados ao posicionamento e à técnica também podem ser analisados, possibilitando que o técnico aprenda e replique os detalhes mais sutis de estudos

anteriores de boa qualidade. Ao pressionar um botão, as mesmas técnicas podem ser copiadas de um exame anterior para o exame atual, garantindo uniformidade entre os técnicos.

Após a aquisição de uma imagem, a exibição prévia rápida permite que o técnico em radiologia determine imediatamente se a anatomia do paciente foi capturada de forma correta ou se é necessário refazer a imagem. Com isso, a agilidade e a eficiência na conclusão dos exames são aprimoradas, o que é particularmente importante para

Artigo | Enfrentando os desafios de aquisição de imagens pediátricas com as soluções da Carestream

pacientes jovens. Para ajudar, a Carestream fornece o *Índice de exposição* (Exposure Index, EI) IEC para avaliação rápida da quantidade de radiação utilizada para criar a imagem.^{12, 13} O *Índice de desvio* (Deviation Index, DI) associado permite uma avaliação imediata da técnica de aquisição em relação ao alvo de exposição institucional para o exame específico. Essa resposta instantânea,

Processamento e exibição de imagens EVP Plus

Uma vez que uma imagem de alta qualidade tenha sido adquirida com a menor exposição possível do paciente, é essencial realizar um processamento apropriado da imagem que apresente as informações diagnósticas de forma clara e eficiente ao radiologista. O *software EVP Plus da Carestream*, habilitado por nosso mecanismo de processamento de imagens *Eclipse*,¹⁴ pode ser personalizado para ajustar os parâmetros de processamento de imagens de acordo com a preferência de cada instituição. Quando combinados com a opção *Pediatric Capture Optimization and Enhancement*, os parâmetros de processamento de imagens também podem ser adaptados para exibir as características clínicas de uma maneira mais informativa em comparação com a utilização de

juntamente com os outros desenvolvimentos na seleção das técnicas descritos acima, ajuda o técnico em radiologia a fornecer uma qualidade de imagem mais uniforme, desde o detector até o processamento da imagem, que é a etapa seguinte na cadeia de aquisição de imagens.

configurações de processamento de imagens para adultos. Graças à decomposição de frequência multibanda, com redução de ruído convencional ou *SNC*, se habilitado, e aos recursos controlados de restauração das extremidades, o conteúdo clínico disponível das estruturas ósseas nos menores pacientes de UTIs neonatais pode ser analisado, bem como o detalhe trabecular de pacientes mais desenvolvidos de outras faixas etárias, por exemplo. Os detalhes finos e o menor contraste da anatomia do menor paciente de UTIs neonatais exigem acentuação de componentes de frequência diferentes comparativamente com adolescentes maiores. As Figuras 6 e 7 ilustram essas diferenças e mostram a visualização aprimorada, proporcionada pela seleção criteriosa dos parâmetros apropriados do processamento de imagens.

Artigo | Enfrentando os desafios de aquisição de imagens pediátricas com as soluções da Carestream

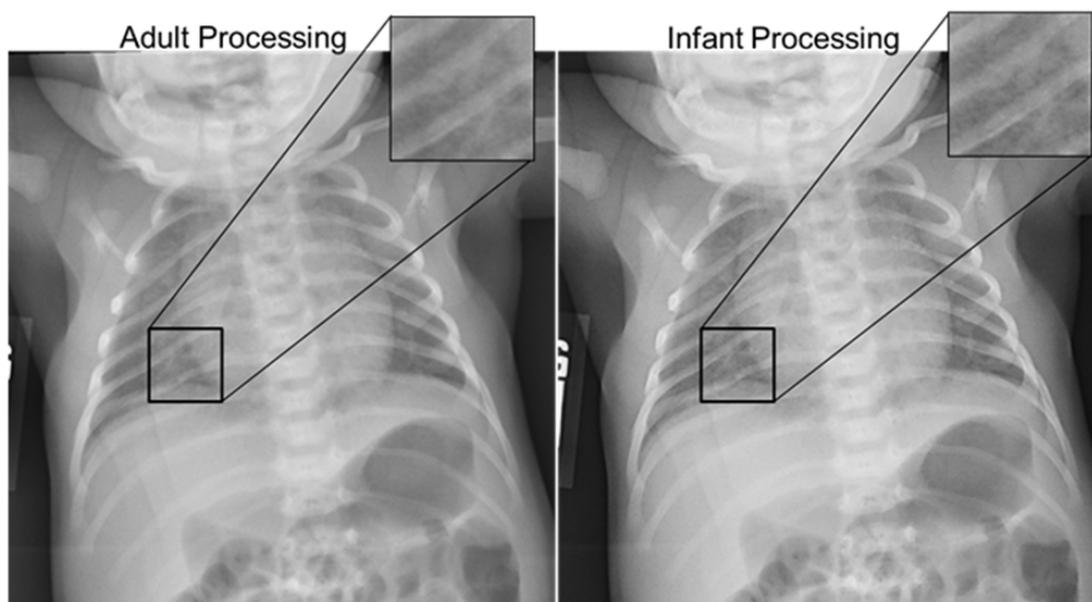


Figura 6. Imagem do tórax de uma criança com processamento de imagens para adultos (esquerda) e crianças (direita). Observe que diversos detalhes do tórax da criança não estão aparentes ao utilizar o processamento para adultos.

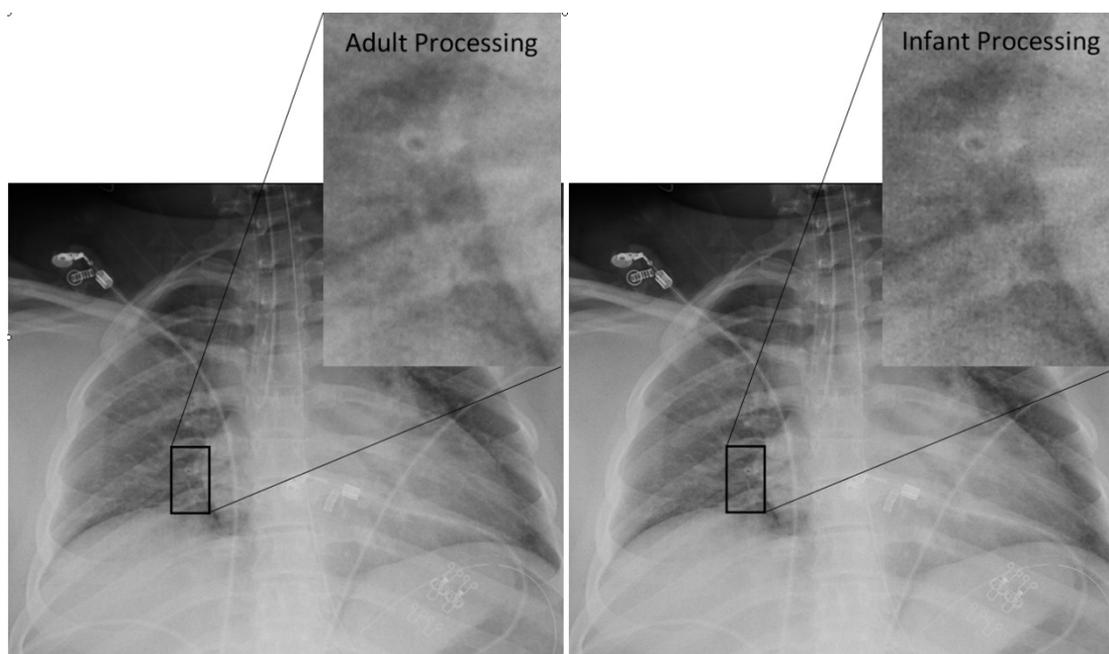


Figura 7. Imagem do tórax de um adolescente com processamento de imagens para adultos (esquerda) e crianças (direita). Observe que os detalhes finos do tórax do adolescente foram bastante enfatizados ao utilizar o processamento para crianças.

Disponível para todos os tamanhos de pacientes, a *Visualização Tube and Line* utiliza uma imagem complementar criada automaticamente a partir da aquisição original com processamento otimizado para

uma visualização mais nítida e simples das linhas. Os exemplos incluem um cateter central de inserção periférica (peripherally inserted central catheter, PICC), cateter venoso central e tubos, como nasogástrico

Artigo | Enfrentando os desafios de aquisição de imagens pediátricas com as soluções da Carestream

(NG) e endotraqueal (ET), que ajudam a evitar a repetição da aquisição de imagens. A Figura 8 demonstra a *Visualização Tube and Line* (detector DRX 2530C, 58 kVp,

1 mAs, índice de exposição 152 IUEC, produto de área da dose de 0,038). Observe como o cateter no pulmão superior direito se destaca com os tubos ET e NG.

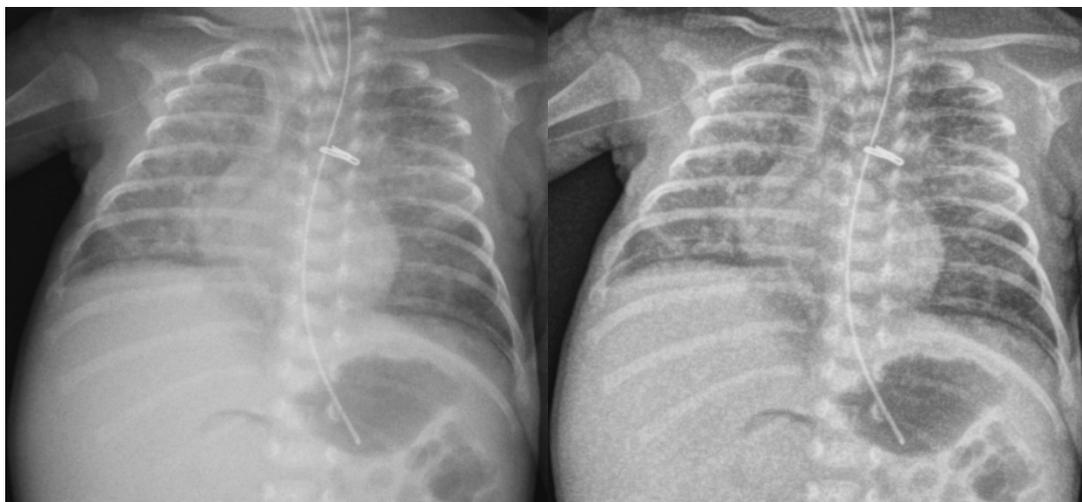


Figura 8. Visualização Tube and Line (DRX 2530C, 58 kVp, 1 mAs, IEC EI 152, DAP 0,038). Observe a visualização aprimorada do cateter (pulmão superior direito) e dos tubos ET e NG.

Aceitação e controle de qualidade

Uma vez que um sistema de aquisição de imagens tenha sido instalado e personalizado de acordo com as preferências de uma instituição em termos de exposição do paciente e “aparência” da imagem, é importante contar com um programa de controle de qualidade (CQ) contínuo que garanta a alta qualidade permanente das imagens entregues ao radiologista responsável pela leitura. Existem inúmeros aspectos implicados nesse tipo de programa de CQ e a Carestream Health implementou diversos recursos do sistema que permitem que uma instituição rastreie facilmente muitos dos parâmetros importantes.

No início, o pacote *DR Total Quality Tool (DR TQT)* permite uma avaliação eficiente do nível de desempenho atual do detector digital de raios X. Além disso, o EI IEC possibilita a avaliação rápida dos níveis de exposição utilizados para obter as imagens. Em relação aos departamentos, nosso *software Administrative Reporting and Analysis* permite que o técnico ou físico de CQ consulte todos os sistemas Carestream na rede institucional a partir de um único

local centralizado. Dessa forma, é possível realçar rapidamente níveis de exposição anômalos, altas taxas de repetição ou outros problemas de qualidade da imagem, oferecendo oportunidades para identificá-los e resolvê-los assim que surgirem. Juntos, esses recursos do sistema podem ajudar os técnicos a manter seu alto nível de qualidade e uniformidade das imagens para garantir diagnósticos confiáveis.

A Carestream oferece suporte a relatórios estruturados de dose de radiação DICOM, permitindo que as instituições rastreiem e monitorem todos os eventos de irradiação.

Conclusão

As demandas peculiares da aquisição de imagens pediátricas exigem uma abordagem que considere o sistema como um todo para assegurar imagens de alta qualidade com a menor exposição possível para pacientes jovens. A Carestream Health oferece uma série de recursos e funcionalidades que garantem que nossos sistemas possam fornecer as melhores e mais seguras imagens de raios X possíveis em todos os exames clínicos para todos os pacientes pediátricos

Artigo | Enfrentando os desafios de aquisição de imagens pediátricas com as soluções da Carestream

¹ Miller, Donald & Schauer, David. (2015). The ALARA principle in medical imaging. AAPM Newsletter. 40. 38-40.

² Bulas DI, et al. AJR Am J Roentgenol. Maio de 2009; 192(5):1176-8. Image Gently: Why We Should Talk to Parents about CT in Children.

³ AJR Am J Roentgenol. Maio de 2009; 192(5):1169-75. Image Gently Vendor Summit: Working Together for Better Estimates of Pediatric Radiation Dose from CT. Strauss KJ, et al.

⁴ Image Gently®: A Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging. <http://www.pedrad.org/associations/5364/ig/> (acessado em 27 de setembro de 2012).

⁵ Orientação da FDA intitulada "Premarket Assessment of Pediatric Medical Devices", 14 de maio de 2004. <http://www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/GuidanceDocuments/UCM089742.pdf>.

⁶ Orientação da FDA intitulada "Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff: Pediatric Information for X-Ray Imaging Device Premarket Notifications", 28 de novembro de 2017. <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/pediatricinformation-x-ray-imaging-device-premarket-notifications> (acessada em 12 de julho de 2022).

⁷ Processamento por Smart Noise Cancellation: Providing a New Level of Clarity in Digital Radiography and a Foundation to Reduce Dose. https://www.carestream.com/blog/wp-content/uploads/2022/05/white_paper_smart_noise_cancellation_low_dose_2000299_202203_ltr_en_2.pdf (acessado em 15 de junho de 2022).

⁸ Tugwell-Allsup JR, Morris RW, Thomas K, Hibbs R, England A. "Neonatal digital chest radiography – should we be using additional copper filtration?," Br J Radiol. 1º de fevereiro de 2022; 95(1130):20211026. doi: 10.1259/bjr.20211026. Epub, 14 de dezembro de 2021. PMID: 34797726; PMCID: PMC8822573.

⁹ Tapiovaara M, Siiskonen T. PCXMC, A PC-based Monte Carlo program for calculating patient doses in medical X-ray examinations (2nd Ed.). <http://ebookbrowse.com/pcxmc-20-documentation-v2-pdf-d144174950>. (acessado em 15 de novembro de 2012).

¹⁰ Schäfer S.B., Papst S., Fiebich M., et al. "Modification of chest radiography exposure parameters using a neonatal chest phantom," Pediatric Radiol. 50(1),(2020), 28-37.

¹¹ American Society of Radiologic Technologists. Best Practices in Digital Radiography. (2019). https://www.asrt.org/docs/default-source/research/whitepapers/asrt12_bstpracdigradwhp_final.pdf?sfvrsn=743d0370_16 (acessado em 28 de junho de 2022).

¹² International Standard IEC 62494-1 (2008) Medical electrical equipment – exposure index of digital X-ray imaging systems – Part 1: definitions and requirements for general radiography. International Electrotechnical Commission, ISBN 2-8318-9944-3.

¹³ Seibert J.A., Morin R.L., "The standardized exposure index for digital radiography; an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population," Pediatric Radiol. 41(5), (2011), 573-581.

¹⁴ <https://youtu.be/4AS05OuGWd8> (acessado em 13 de julho de 2022).

www.carestream.com

"Rx only"

Carestream Health, Inc., 2022. CARESTREAM é uma marca comercial da Carestream Health. CAT 2000 013 7/22

Carestream