



Proteção Radiológica e redução de dose do **PACIENTE** em Radiologia Intervencionista/Fluoroscopia

Prof^a Dr^a Daiane Cristini B. de Souza

daiane.cristini@ifsc.edu.br

Tópicos da aula:

1. Espessura do corpo do paciente no feixe de raios X
2. Complexidade do procedimento
3. Fatores Técnicos
 - a. Posição do tubo de raios X e receptor de imagem
 - b. Evite angulações íngremes do gantry quando possível
 - c. Mantenha as partes desnecessárias do corpo fora do feixe de raios X
 - d. Use a fluoroscopia pulsada em uma taxa de pulso baixa
 - e. Colimação
 - f. Só use a ampliação quando for essencial
 - g. Fluoroscopia vs aquisição de imagem e minimização do número de imagens
 - h. Minimize o tempo de fluoroscopia
 - i. Monitoramento da dose do paciente
 - j. kVp x mAs

Otimização de Dose em RI

1. Cada ação para reduzir a dose do paciente terá um impacto correspondente na dose ocupacional, mas o inverso não é verdadeiro!
2. Em algumas situações, uma sensação de segurança por parte da equipe pode levar à negligência da proteção do paciente.
3. Portanto, o envolvimento do físico médico na otimização e auditoria da dose ocupacional e do paciente, particularmente para procedimentos com doses mais altas, é essencial.

1. Espessura do corpo do paciente no feixe de raios X

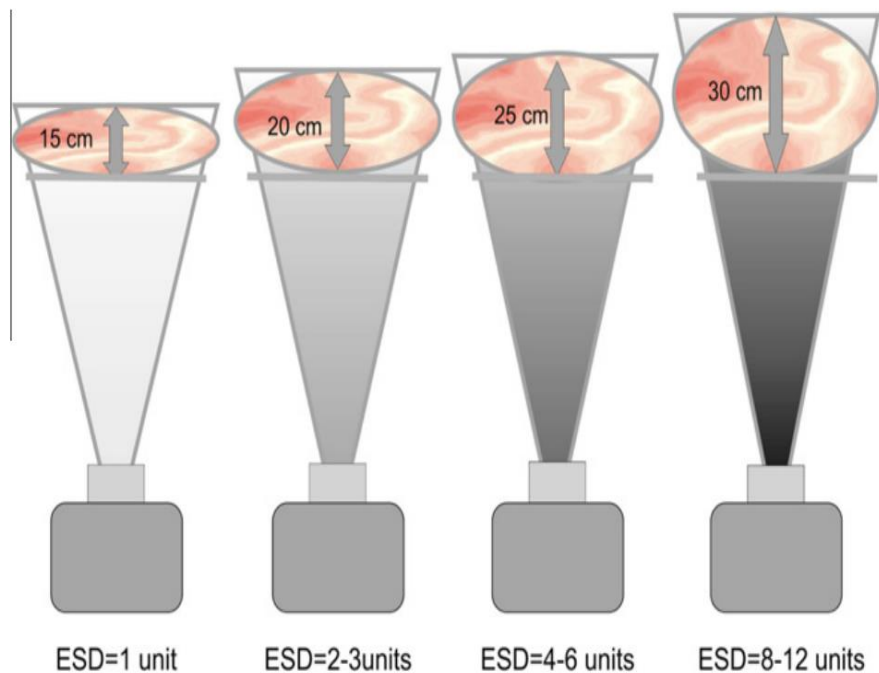


Fig. 3.1. Change in entrance surface dose (ESD) with thickness of body part in the x-ray beam for the same image quality.

Intensidades relativas de radiação na entrada e saída do paciente.

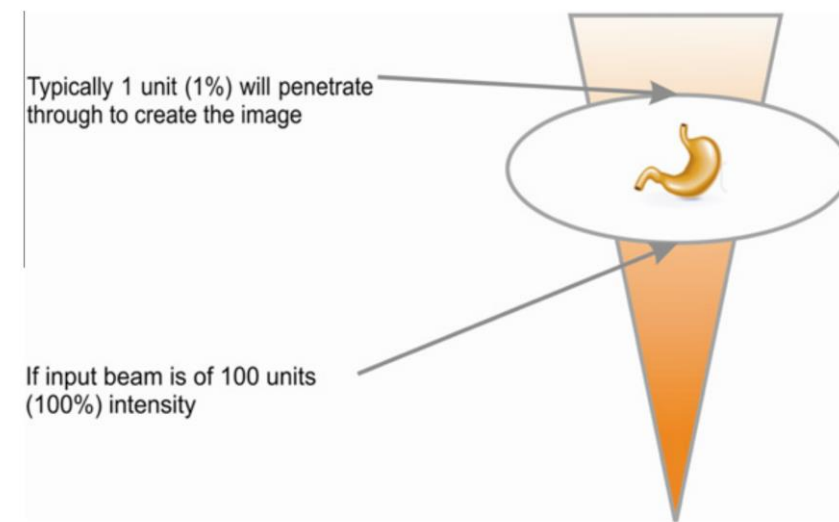


Fig. 3.2. Relative intensities of radiation on entrance and exit side of patient.

Mudança na dose de superfície de entrada (ESD) com a espessura da parte do corpo no feixe de raios X para a mesma qualidade de imagem (ICRP, 117).

1. Espessura do corpo do paciente no feixe de raios X

Espessura do corpo do paciente no feixe de raios X

- A maioria dos equipamentos de fluoroscopia ajusta a exposição à radiação automaticamente por meio de um sistema chamado "controle automático de exposição" CAE ou AEC.
- Quando uma parte mais espessa do corpo está no feixe, ou um paciente mais espesso está sendo exposto (em comparação com um paciente mais fino), a **máquina aumentará automaticamente esses fatores de exposição**.
- O resultado é uma qualidade de imagem semelhante, mas um aumento na dose de radiação para o paciente.
- O aumento da dose do paciente resultará em maior dispersão e aumento da dose de radiação para os trabalhadores.

AEC:

Este sistema eletrônico tem um sensor que detecta quanto sinal está sendo produzido no receptor de imagem e ajusta o gerador de raio X para aumentar ou diminuir os fatores de exposição (normalmente kV, mA e tempo de pulso) para que a imagem seja de qualidade consistente.

2. Complexidade do procedimento

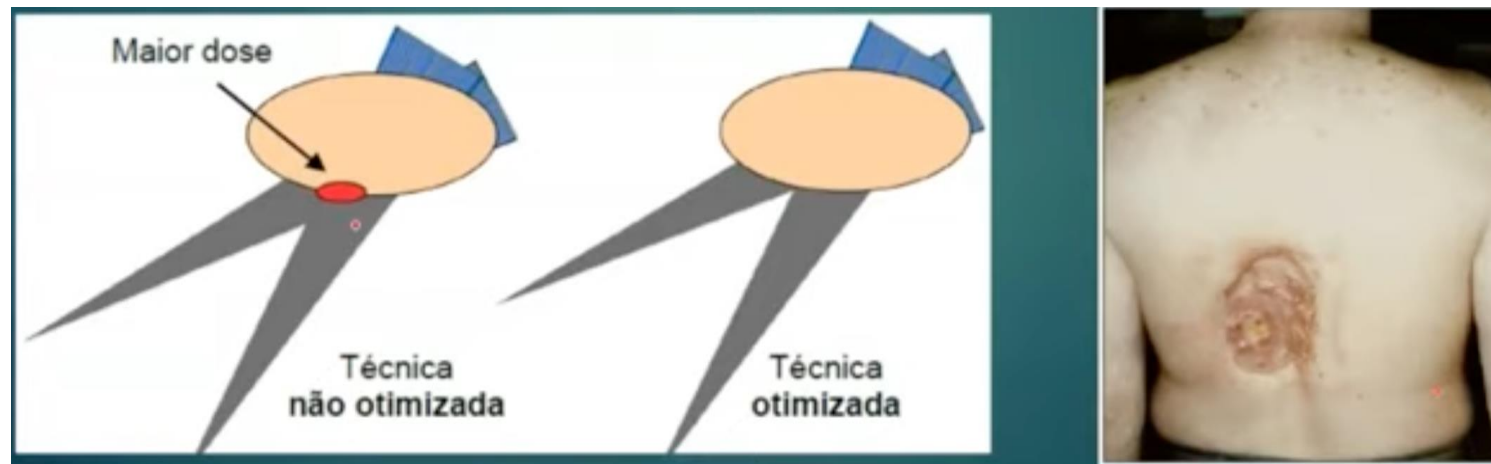
- A complexidade **representa o esforço mental e físico necessário** para realizar um procedimento.

Exemplo: colocação de um fio-guia ou cateter em um vaso extremamente tortuoso ou através de uma estenose irregular severa.

- A complexidade é devida a fatores do paciente (variação anatômica, habitus corporal) e fatores de lesão (localização, tamanho, gravidade), mas é independente do treinamento e experiência do operador.
- Procedimentos mais complexos **tendem a exigir doses de radiação mais altas do que procedimentos menos complexos** (IAEA, 2008).

3. Fatores Técnicos

- A quantidade de radiação na superfície de entrada do corpo é diferente da quantidade de radiação que sai na superfície de saída do corpo.
- O corpo atenua os raios X de forma exponencial. Como resultado, a intensidade da radiação diminui exponencialmente ao longo de seu caminho pelo corpo.
- Normalmente, apenas uma pequena porcentagem da radiação de entrada sai do corpo. Como resultado, o maior risco de radiação está na entrada da pele.
- É útil girar o feixe de raios X para evitar a irradiação da mesma área da pele.



3. Fatores Técnicos

a. Posição do tubo de raios X e receptor de imagem

- A distância entre a fonte de raios X (o foco do tubo de raios X) e a pele do paciente é chamada de 'distância da fonte à pele' (SSD *source-to-skin-distance*).
- Conforme a SSD aumenta, a radiação dose na pele do paciente diminui devido ao aumento da distância e a efeito da lei do inverso do quadrado.
- Porém, se este não for o caso, é importante observar que a geometria (SSD e SID) pode influenciar de forma complexa a dose de entrada da pele (DEP).

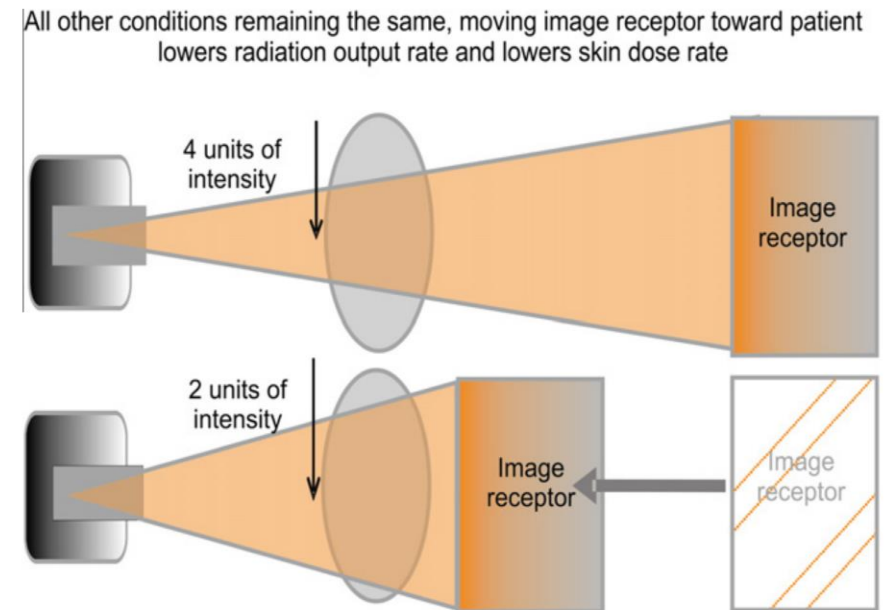


Fig. 3.4. Effect of distance between image intensifier and patient on radiation dose to patient.

SSD = source-skin-distance
SID source-to-image-distance

IN 53/2019: Art. 2º VIII - sistema para impedir que a distância foco-pele seja inferior a **38 cm** para equipamentos fixos e **20 cm** para equipamentos móveis;

3. Fatores Técnicos

a. Posição do tubo de raios X e receptor de imagem

- O paciente deve estar o mais longe possível da fonte de raios X para maximizar a SSD (isso pode não ser possível se for necessário para manter um órgão ou estrutura específica no isocentro do gantry).
- Uma vez que o paciente está posicionado para maximizar a SSD, o receptor de imagem (intensificador de imagem ou tela plana detector) deve ser colocado o mais próximo possível do paciente.
- Todos os fluoroscópios modernos ajustam automaticamente a saída de radiação durante a fluoroscopia para acomodar as mudanças na distância entre a fonte e o receptor de imagem (SID *source-to-image-distance*).

SSD = Source-skin-distance
SID source-to-image-distance).

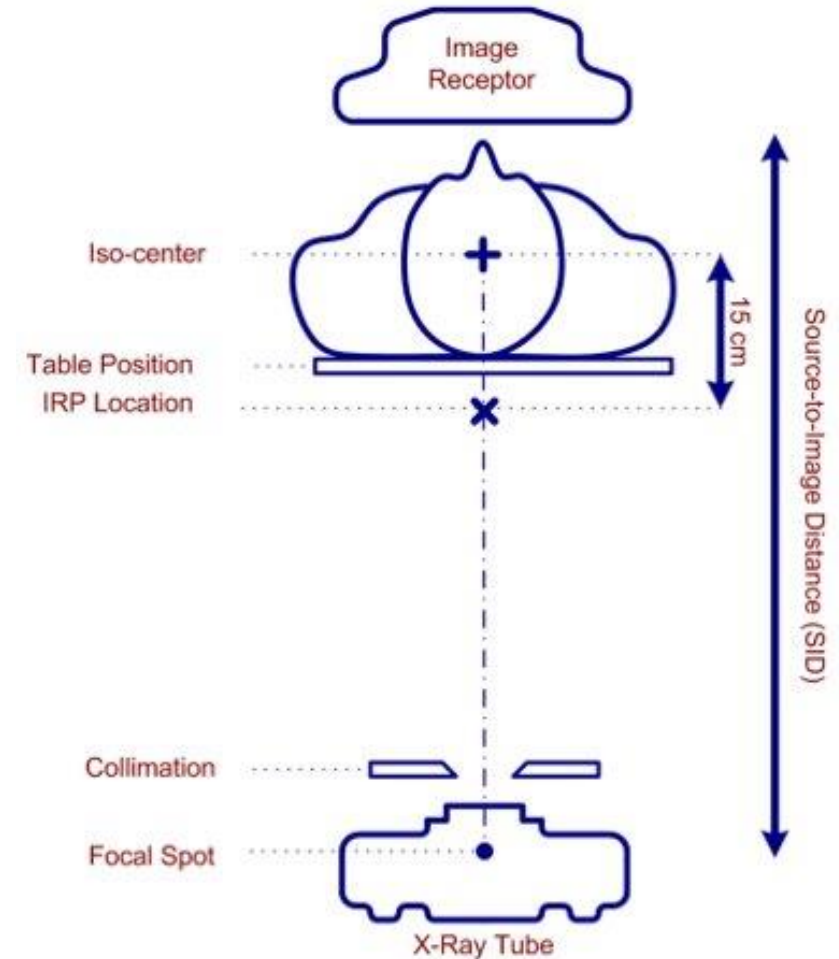
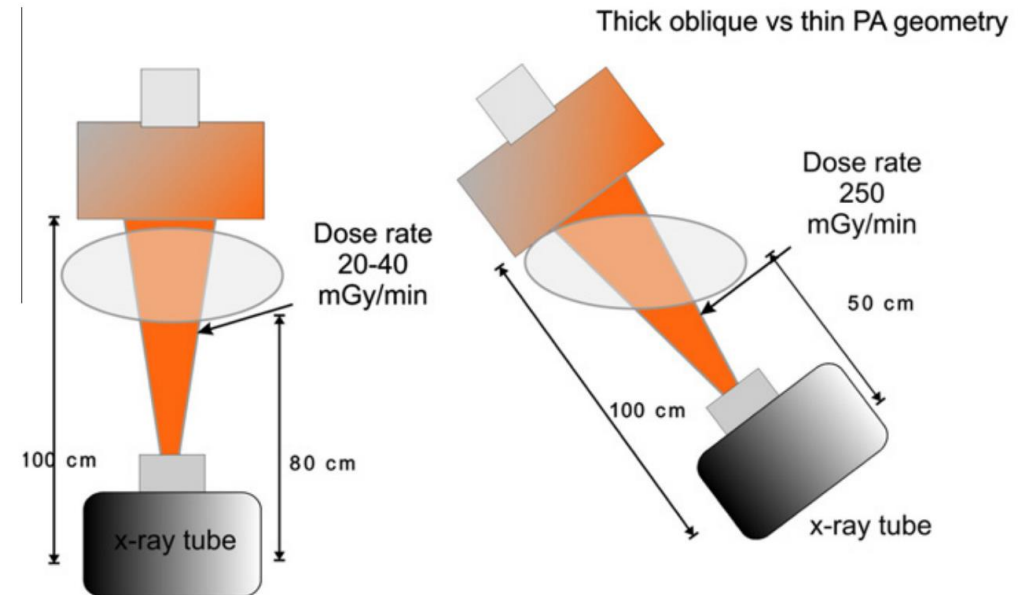


Fig 1. Interventional reference point. SID, Source-to-image distance.

3. Fatores Técnicos

a. Posição do tubo de raios X e receptor de imagem

- O ajuste da emissão de radiação pelo equipamento visa manter a qualidade da imagem, o que implica em dose de radiação para o receptor da imagem e conseqüentemente para o paciente.
- Em termos mais simples, deve-se maximizar o SSD e colocar o detector o mais próximo possível do paciente. Esta é uma ferramenta importante para a prevenção de reações teciduais.
- Os sistemas de braço em C móveis usados na maioria dos casos, departamentos de imagem externos, têm uma distância constante entre o tubo de raios X e o receptor de imagem.



Se o detector estiver perto do paciente, afastar o paciente da fonte diminuirá a dose na pele, mas também afastará o detector.

3. Fatores Técnicos

b. Evite angulações íngremes do gantry quando possível

- As angulações íngremes do gantry (posições oblíquas e laterais íngremes) aumentam o comprimento do caminho da radiação através do corpo em comparação com uma projeção pósterio-anterior (frontal).
- Uma espessura maior de tecido deve ser penetrada, e isso requer taxas de dose de radiação mais altas.
- Todos os fluoroscópios modernos ajustam a saída de radiação automaticamente durante a fluoroscopia de acordo com a espessura da parte do corpo que está sendo visualizada.
- A diminuição da SSD resultará em um novo aumento da dose na pele. Como resultado, a dose de radiação aumenta automaticamente quando são utilizadas angulações oblíquas ou laterais acentuadas.

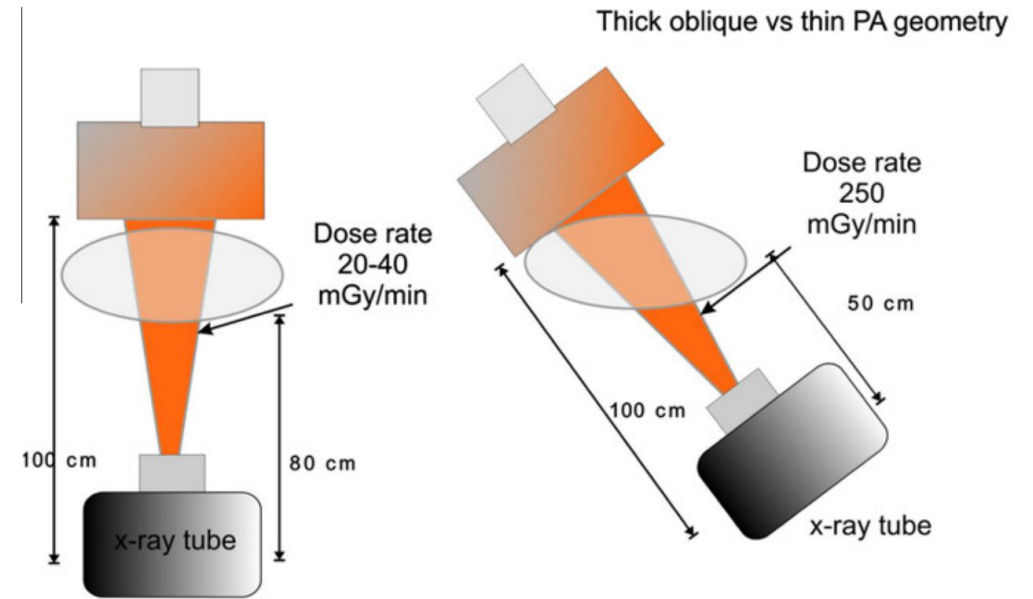


Fig. 3.5. Effect of angulations on patient dose. PA, postero-anterior.

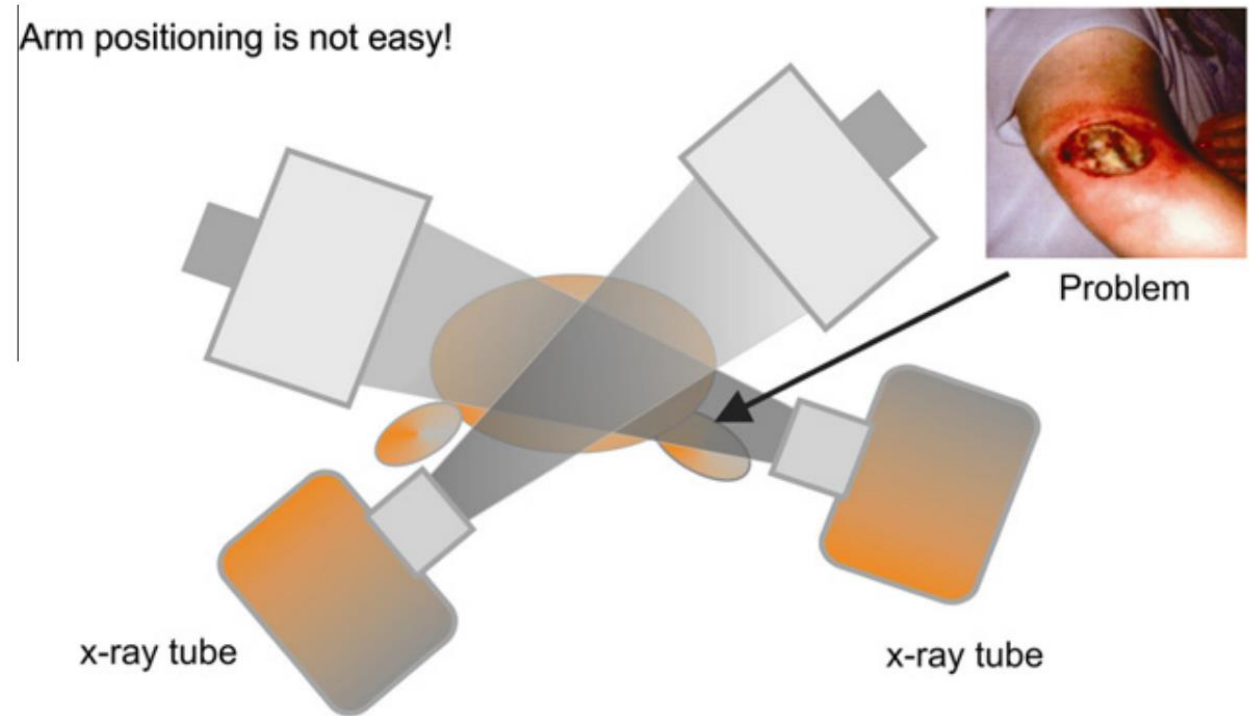
Sempre que possível, as posições oblíquas e laterais do gantry devem ser evitadas.

Quando essas posições de gantry são necessárias, deve-se reconhecer que a dose de radiação é relativamente alta!

3. Fatores Técnicos

c. Mantenha as partes desnecessárias do corpo fora do feixe de raios X

- É uma boa prática limitar o campo de radiação às partes do corpo que devem ser expostas.
- Quando outras partes do corpo são incluídas no campo, artefatos de imagem de ossos e outros tecidos podem ser introduzidos na imagem.
- Além disso, se os MMSS estão no campo enquanto o gantry está em uma posição lateral ou oblíqua, um MS pode estar muito próximo ao tubo de raios X.
- A dose neste braço pode ser suficientemente alta para causar lesões na pele.

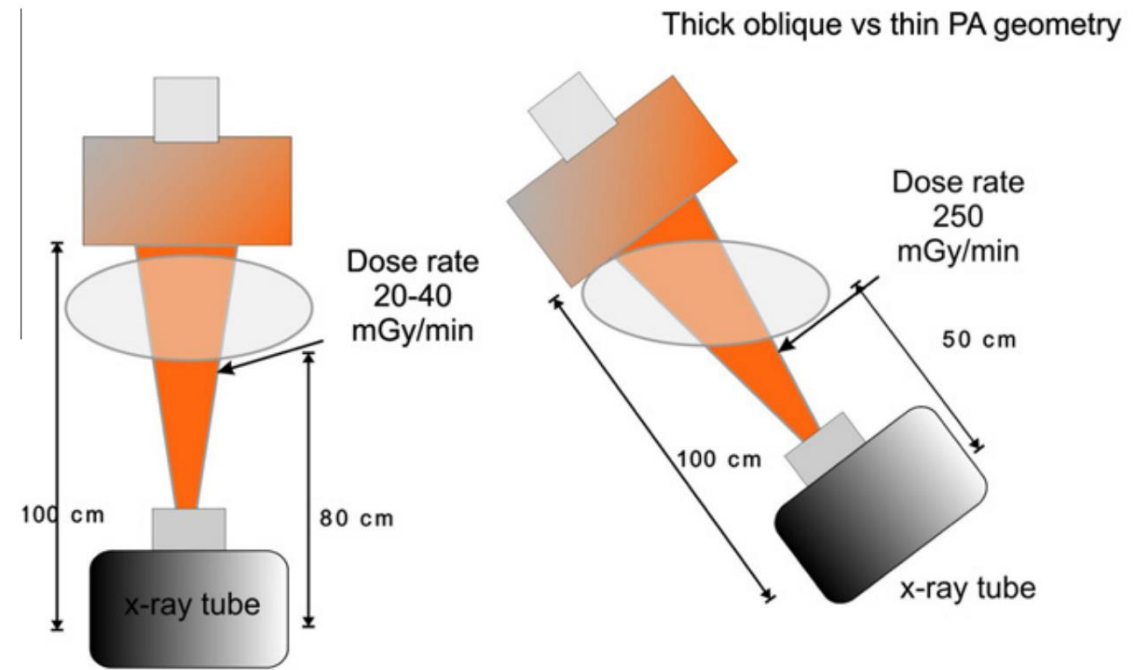


A adição de tecido extra no caminho do feixe de radiação, como um braço, aumenta a intensidade da radiação e pode causar altas doses no braço. Em um procedimento demorado, isso pode causar lesões na pele.

3. Fatores Técnicos

d. Use a fluoroscopia pulsada em uma taxa de pulso baixa

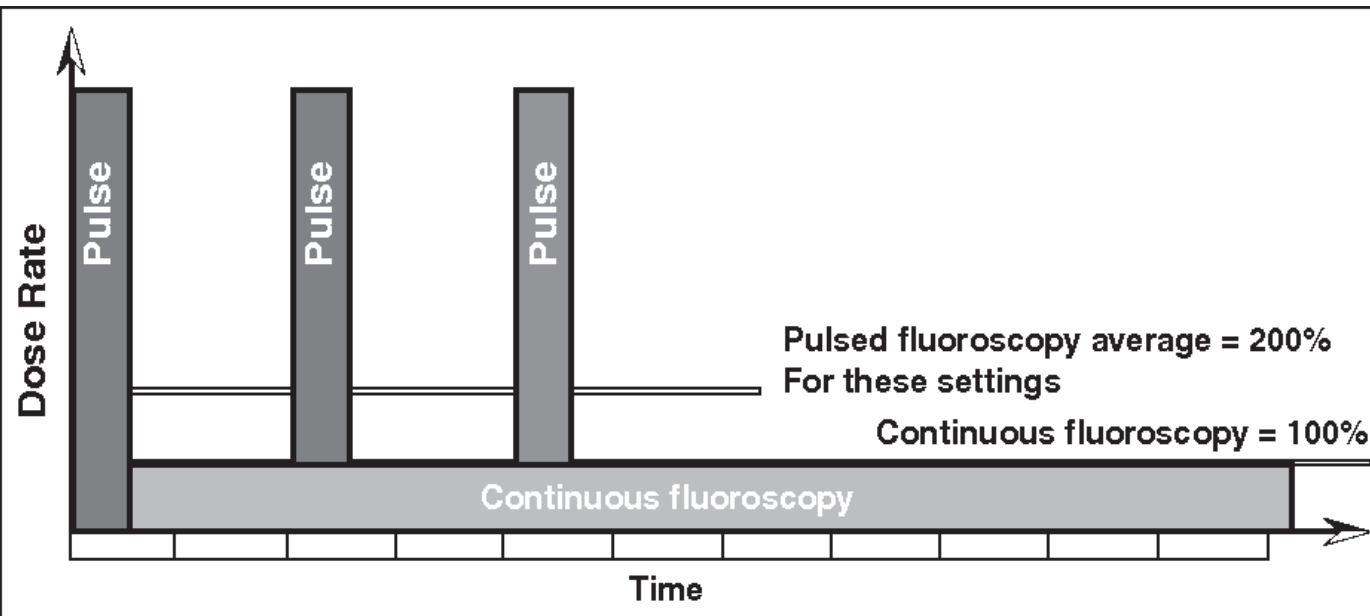
- A fluoroscopia pulsada usa pulsos individuais de raios X para criar a aparência de movimento contínuo.
- Em **baixas taxas de pulso, isso pode diminuir a dose de fluoroscopia substancialmente em comparação com a fluoroscopia contínua convencional se a dose por pulso for constante.**
- A fluoroscopia pulsada deve ser sempre utilizada, se disponível, com a menor frequência de pulso compatível com o procedimento.
- Para a maioria dos procedimentos não cardíacos, taxas de pulso de 10 pulsos/s ou menos são adequadas.



Sempre que possível, evite as posições oblíquas e laterais do gantry.

Quando essas posições de gantry são necessárias, deve-se reconhecer que a dose de radiação é relativamente alta!

3. Fatores Técnicos



Já que essas larguras de pulso são muito mais curtas do que os 33 ms usados na fluoroscopia contínua, a falta de nitidez de objetos em movimento na imagem fluoroscópica é significativamente reduzida.

<https://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/AJR.13.11041> Balter, 2013

Lembrete: Fluoroscopia contínua pulsada

Na fluoroscopia pulsada, o feixe de raios X é rapidamente iniciado e interrompido (pulsado) para produzir cada imagem fluoroscópica. O número de imagens por segundo é igual ao número de pulsos por segundo.

Ex.: Três pulsos de radiação resulta em três imagens fluoroscópicas.

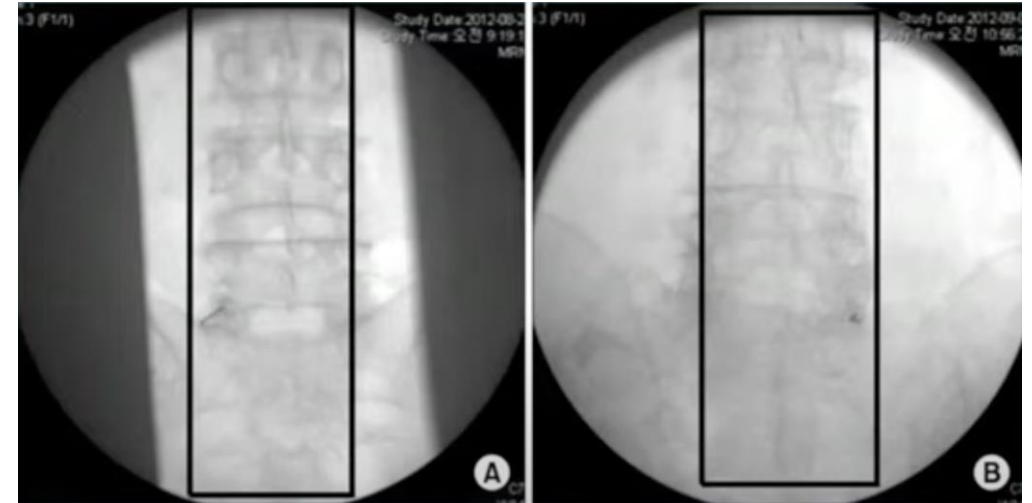
Na maioria dos fluoroscópios modernos, o operador pode selecionar a taxa de pulso dentro da faixa de 1 a 30 pulsos/seg.

A largura de pulso, definida como a duração de cada pulso, é idealmente menor ou igual a 6 mseg para crianças e menor ou igual a 10 mseg para adultos.

3. Fatores Técnicos

e. Colimação

- O feixe de raios X deve ser colimado para limitar o tamanho do campo de radiação à área de interesse.
- Isso reduz a quantidade de tecido irradiado e também diminui a dispersão, resultando em uma melhor qualidade de imagem.
- Um feixe primário mal colimado, se estiver fora do paciente, aumentará significativamente a dose ocupacional.
- Ao iniciar um caso, o receptor de imagem deve ser posicionado sobre a área de interesse, com os colimadores quase fechados.
- Os colimadores devem ser abertos gradativamente até que o campo de visão desejado seja obtido.

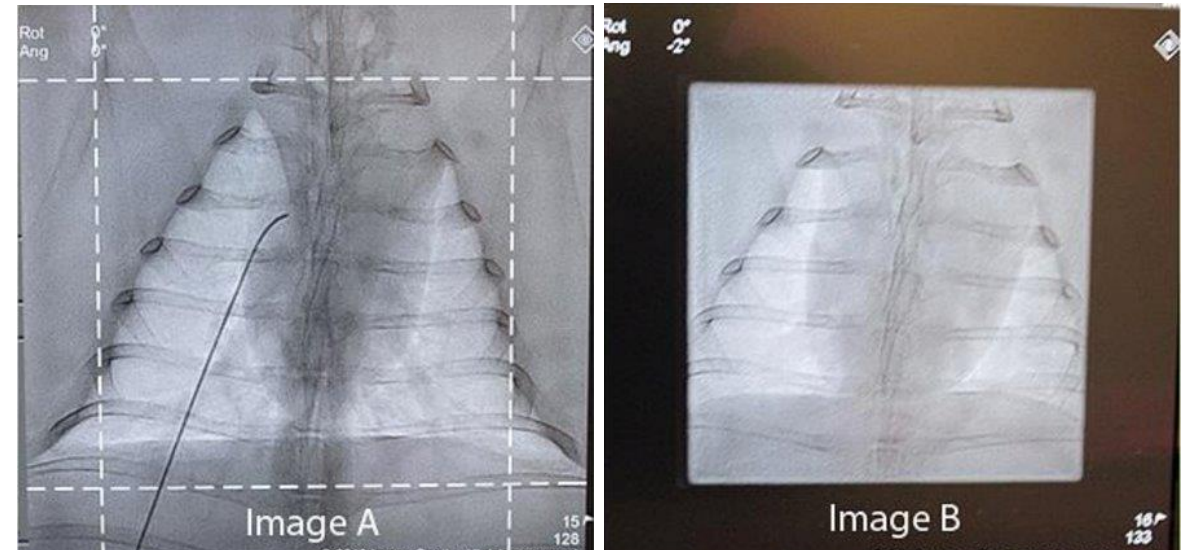
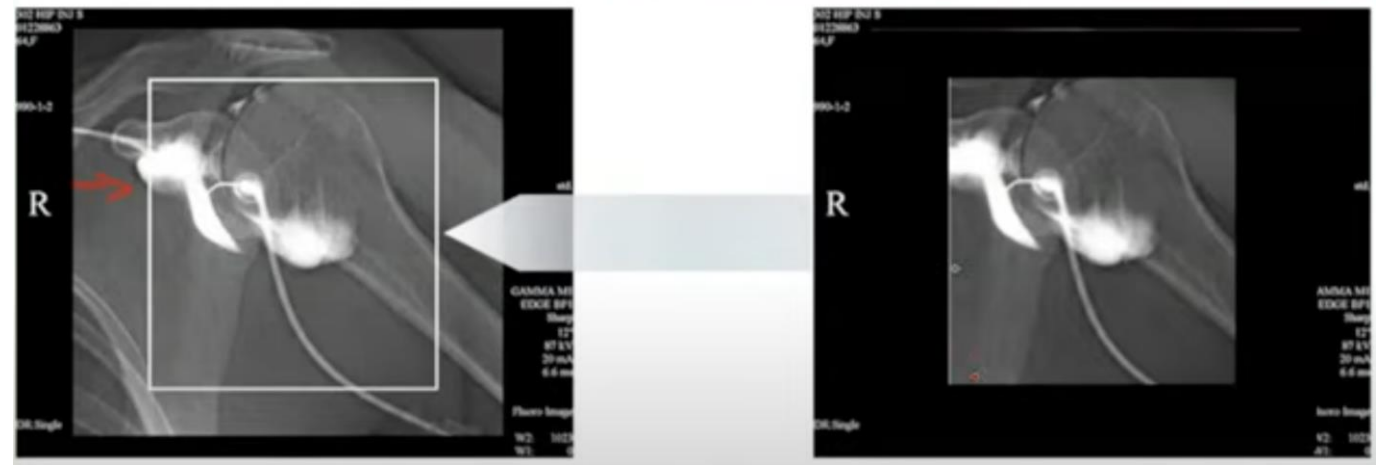


3. Fatores Técnicos

e. Colimação

A colimação virtual (posicionamento dos colimadores sem o uso de radiação), disponível nas unidades de fluoroscopia digital mais recentes.

Ferramenta útil para reduzir a dose do paciente e deve ser usada sempre que disponível.



Fluoroscópios de última geração fornecer uma exibição gráfica da posição da borda da lâmina do colimador sobreposta a um LIH imagem da anatomia do paciente mostrada na figura à esquerda. Isso permite que o operador reposicione as lâminas do colimador sem submeter o paciente a dose de radiação adicional durante o ajuste.

LIH = Last image hold

3. Fatores Técnicos

e. Colimação

Uma menina de 12 anos nasceu com um antebraço maior do que o outro. O cirurgião ortopédico fundiu a placa de crescimento do rádio distal sob orientação fluoroscópica.

A dose de pele do paciente no centro do campo de raios X, a região do punho da paciente, não é alterada pela colimação.

Como os fatores da técnica radiográfica não são alterados pela colimação, a dose no punho da paciente permanece inalterada.

A colimação adequada diminuiria a dose do paciente para a anatomia do paciente fora da região do punho.

Além disso, a dose de radiação primária para as mãos do cirurgião essencialmente teria sido eliminada por colimação adequada.



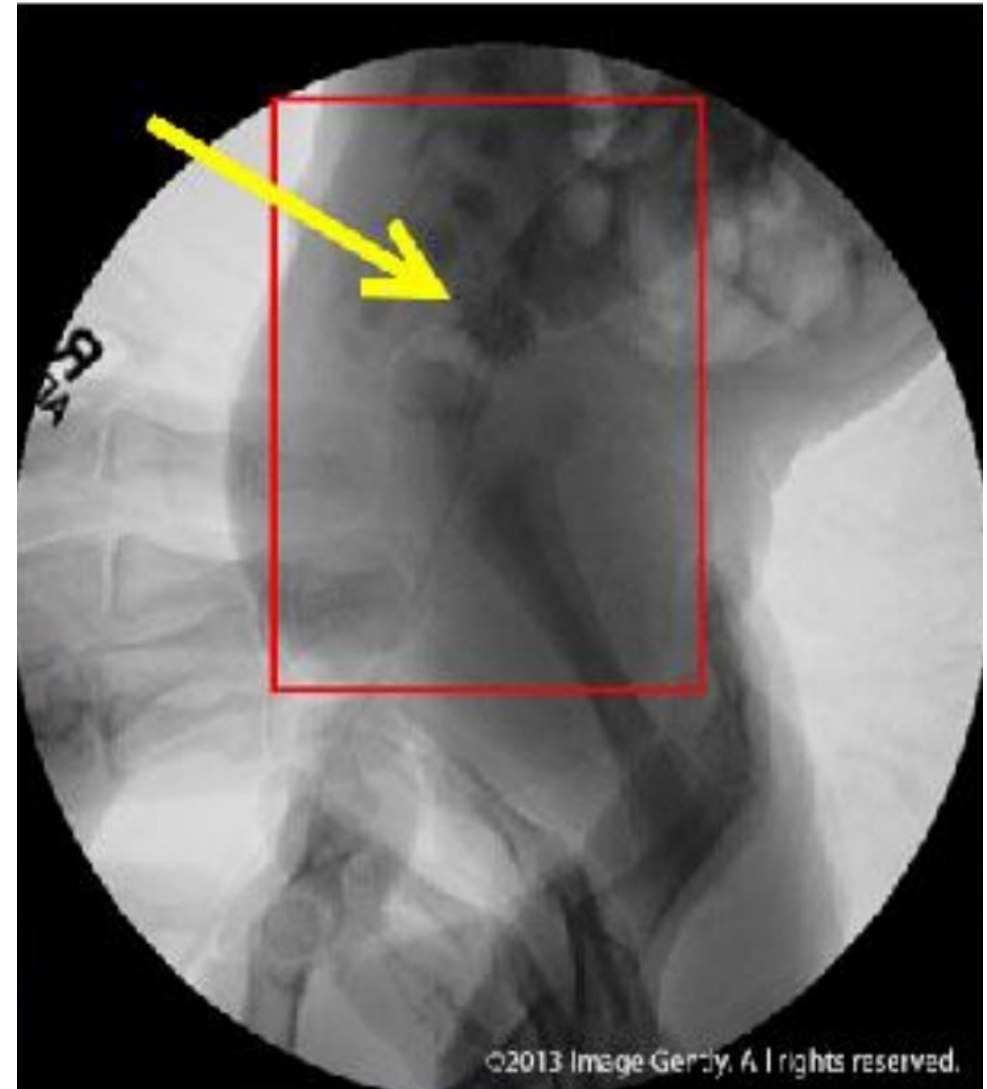
3. Fatores Técnicos

e. Colimação

A falta de colimação pode resultar na
mãos do fluoroscopista sendo colocado no feixe de
radiação primário.

Esta imagem fluoroscópica demonstra duas práticas em
fluoroscopia pediátrica:

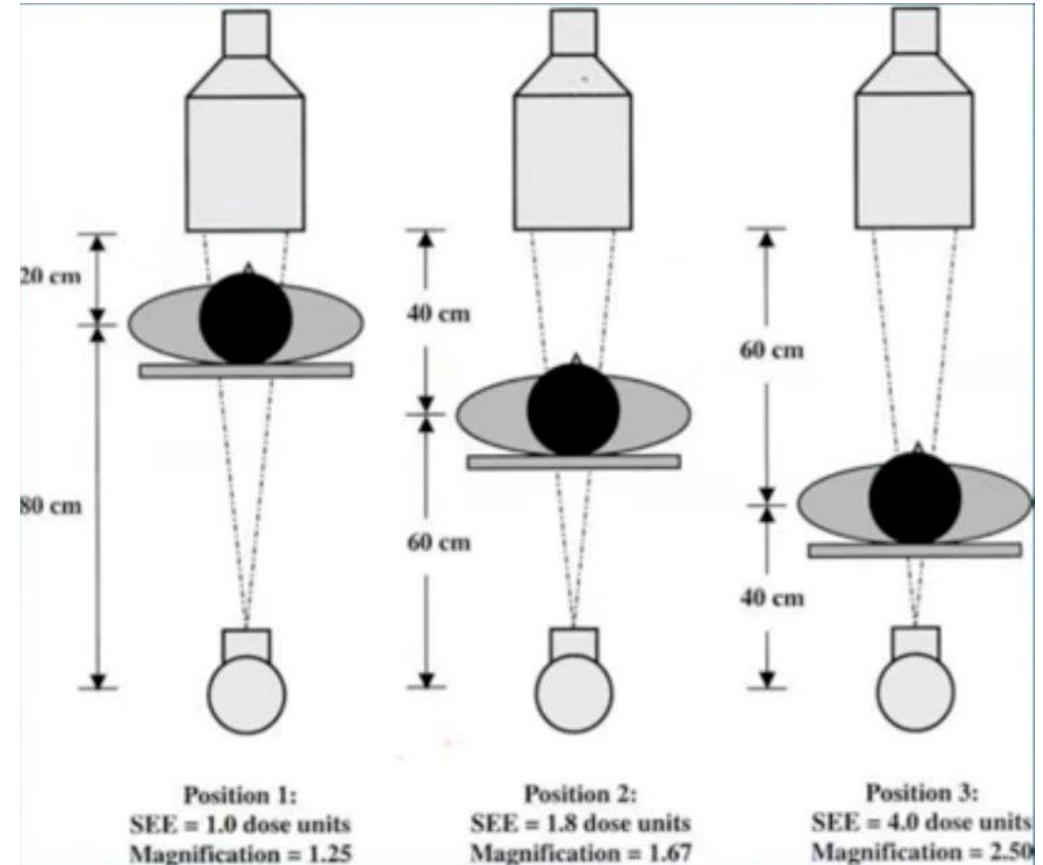
- 1º A imagem não é colimada com a área de interesse.
Apenas a região do reto deve ser incluída no exame, que
é indicada no quadro.
- 2º As mãos do operador são incluídas no feixe de raios
X, o que não ocorreria com colimação apropriada.



3. Fatores Técnicos

e. Só use a magnificação quando for essencial

- A magnificação eletrônica produz taxas de dose relativamente altas na pele de entrada do paciente.
- Quando a ampliação eletrônica é necessária, a menor quantidade de magnificação necessária deve ser usada.



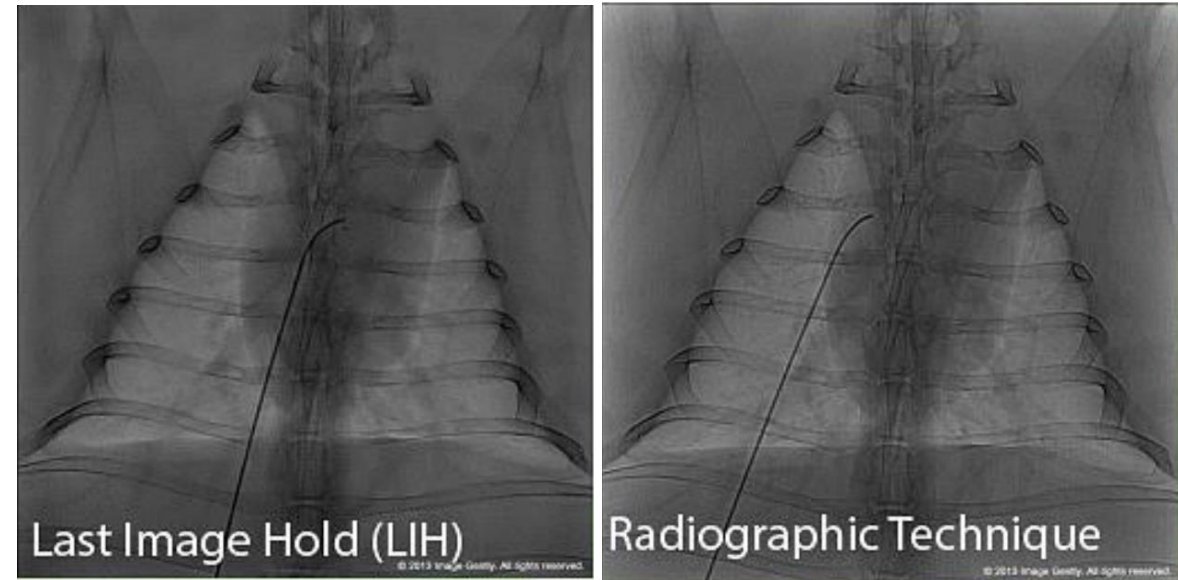
Skin Entrance Exposure (SEE)

3. Fatores Técnicos

f. Fluoroscopia vs aquisição de imagem e minimização do número de imagens

- Uma única imagem fluoroscópica, como a **última imagem mantida (LIH)**, é mais ruidosa do que uma imagem radiográfica, mas também é obtida em uma dose mais baixa.
- A dose de radiação para o paciente de uma imagem LIH é aproximadamente um 1/10 da dose de uma imagem radiográfica.
- A imagem radiográfica, com menos ruído, proporciona melhor qualidade de imagem, principalmente de tecidos moles.

Se a LIH demonstrar o achado de forma adequada e puder ser armazenada, não há necessidade de obter imagens adicionais de fluorografia.



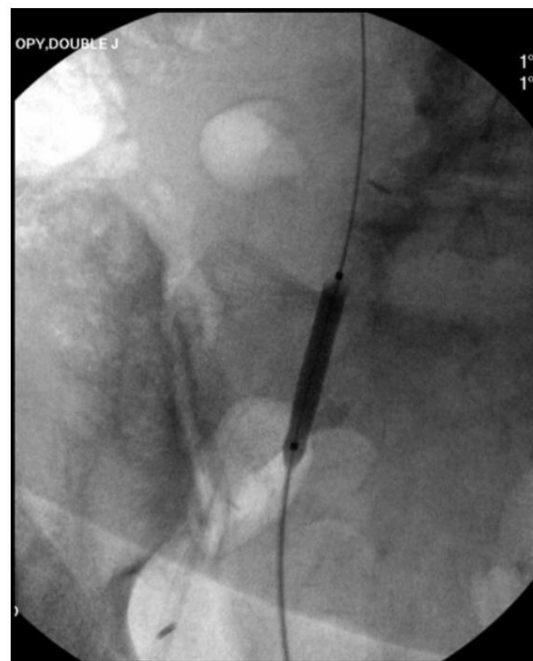
A imagem à esquerda de um tórax de coelho é uma 'última imagem mantida' (LIH).

Há mais ruído e menos detalhes exibidos do que na imagem à direita adquirida com uma técnica radiográfica, que fornece aproximadamente 10 vezes mais dose de radiação para o paciente e o receptor de imagem!!

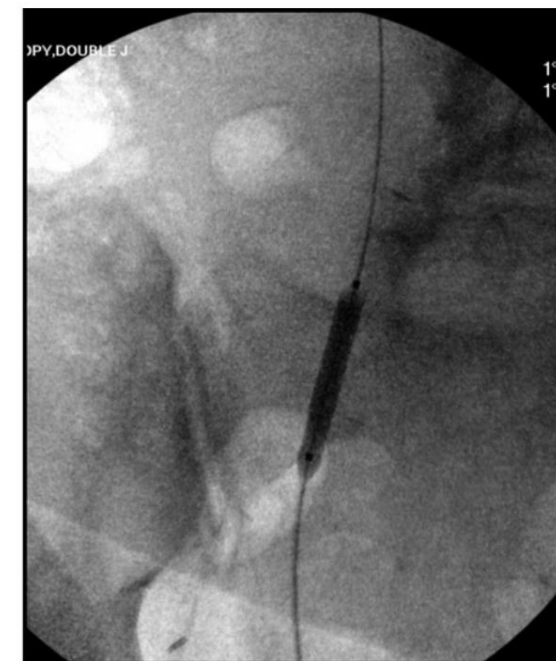
3. Fatores Técnicos

g. Minimize o tempo de fluoroscopia

- A fluoroscopia deve ser usada apenas para observar objetos ou estruturas em movimento.
- A **última imagem mantida (LIH)** deve ser revisada para estudo, consulta ou educação, em vez de continuar a fluoroscopia.
- Disparos curtos de fluoroscopia devem ser usados em vez de operação contínua.
- É importante não pisar no pedal de fluoroscopia a menos que esteja olhando para a tela do monitor.



Standard Fluoroscopy (30 fps)



Pulsed Fluoroscopy (4 fps)

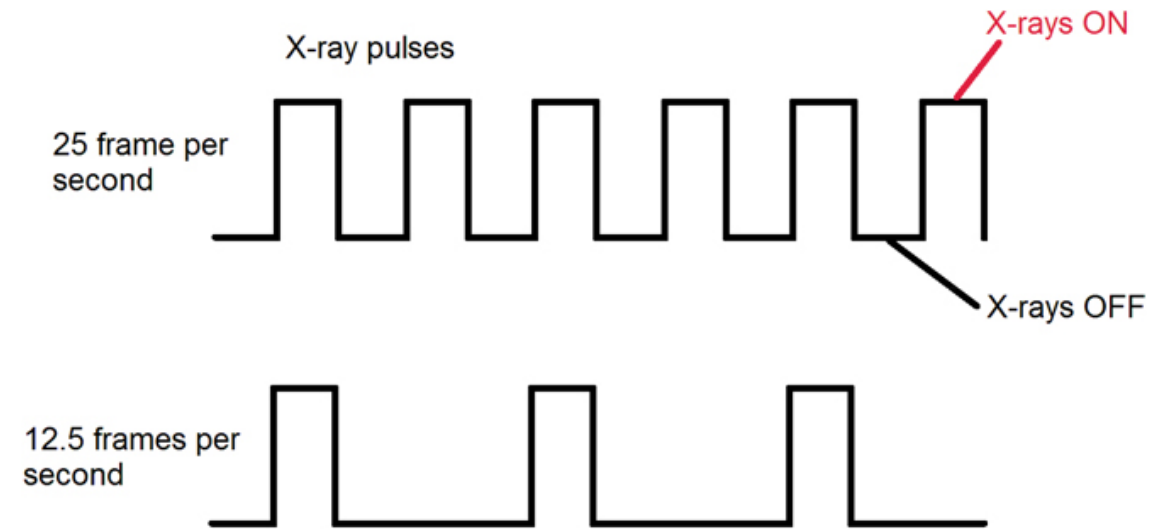
Diferença na qualidade da imagem entre fluoroscopia padrão (30 fps) e pulsada (4 fps), em um paciente submetido a dilatação por balão de uma estenose ureteral média.

Road Map: é uma ferramenta do próprio sistema (por subtração de imagens e da LIH) que cria uma silhueta dos vasos como uma espécie de “falsa” imagem para traçar um caminho por onde o cateter irá passar reduzindo o volume de contraste ministrado e a dose no paciente.

3. Fatores Técnicos

i. kVp x mAs

- Qualquer aumento **na corrente do tubo** ou a **largura de pulso** tem efeito no gerenciamento da dose do paciente e na qualidade da imagem.
- A corrente do tubo deve ser aumentada ao seu máximo antes de aumentar a largura de pulso (tempo de exposição) ao obter imagens de pacientes porque um aumento na largura de pulso também resulta em falta de nitidez de movimento, especialmente em pacientes pediátricos que estão em constante movimento.



Atividade Pedagógica:

1. O que é SSD e qual a sua relação com a dose do paciente?
2. O que é SID e qual a sua relação com a dose do paciente?
3. Como um paciente deve ser posicionado em relação ao tubo de raios X e ao receptor de imagem?
4. O que é colimação e como ela deve ser usada em procedimentos intervencionistas?
5. Qual a diferença entre fluoroscopia pulsada e contínua? Qual é o impacto na dose do paciente?
6. O que é LIH e qual a sua importância em relação a dose do paciente?

Sugestão: <https://www.youtube.com/watch?v=CDo-m28i9jE&feature=youtu.be%E2%80%8B>

Referências

1. ICRP, 2009. Educação e Treinamento em Proteção Radiológica para Procedimentos Diagnósticos e Intervencionistas. Publicação 113 da ICRP. Ann. ICRP 39 (5).
2. ICRP, 2010. Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures outside the Imaging Department. Publicação ICRP 117, Ann. ICRP 40 (6).
3. Mao, L., Liu, T., Caracappa, PF, Lin, H., Gao, Y., Dauer, LT, & Xu, XG (2019). *Influências da postura da cabeça do operador e óculos de proteção nas doses das lentes oculares em radiologia intervencionista: um estudo de Monte Carlo. Física médica.* doi: 10.1002 / mp.13528
4. http://static.crowdwisdomhq.com/asrt/courses/FDA_Modules/PDF%20Transcripts/Module%202%20Transcript.pdf
5. Elkoushy, MA, Shahrour, W., & Andonian, S. (2012). *Fluoroscopia pulsada em ureteroscopia e nefrolitotomia percutânea.* Urology, 79 (6), 1230–1235. doi: 10.1016 / j.urology.2012.01.027
6. <https://www.slideserve.com/johnda/anatomy-of-fluoroscopy-ct-fluoroscopy-equipment-104>
7. <https://slideplayer.com/slide/8057295/>
8. <https://radiologykey.com/1-fluoroscopy/>
9. https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1807/TCC_2020_Mazuim_Final_Aprovado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
10. <https://www.jvascsurg.org/action/showPdf?pii=S0741-5214%2813%2900780-5>