

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

INTRODUÇÃO

	Fatores físicos	Paciente
Proteção Radiológica	Fatores técnicos	Público
	Fatores processuais	Técnico

Objetivo Primário

Objetivo Primário da Proteção Radiológica (ICRP1991, P.3)

"O objetivo primeiro da radioproteção é prover um padrão apropriado de proteção para o homem, sem limitar os benefícios criados pela aplicações das radiações ionizantes as práticas benéficas".

Comentário

Todos os assuntos concernentes a proteção radiológica necessitam de julgamentos sobre a importância relativa de diferentes tipos de riscos e sobre o balanço entre riscos e benefícios.

"Nesse aspecto, os conceitos não diferem das outras atividades que envolvem controle dos danos decorrentes."

Porque o técnico deve proteger o paciente em radiodiagnóstico?

- Existe uma forte evidencia sugestiva de que a radiação é prejudicial não somente aos indivíduos expostos como também para os seus descendentes.
- O paciente recebe mais radiação por procedimentos radiodiagnósticos do que qualquer outra fonte de radiação.
- Vários modelos de doses-respostas (relação entre os diferentes níveis de dose e as reações biológicas observadas nos indivíduos) sugerem que nenhuma dose de radiação é segura.
- Existem evidencias sugestivas de que alguns procedimentos liberam altas doses de radiação.
- O técnico é responsável pelos os aspectos técnicos da verificação que influenciam a exposição do paciente, onde a radioproteção do paciente e outros indivíduos dependerão da perícia e competência do técnico radiologista.

CONCLUSÃO

"O objetivo da proteção radiológica é proteger o homem contra os detrimientos das radiações ionizantes vindas de fontes artificiais e modificadas tecnologicamente, permitindo que a sociedade usufrua dos benefícios da aplicações da radiação ionizante ou processos acompanhados pela emissão de tais radiações, com um mínimo de risco para o indivíduo e para a população."

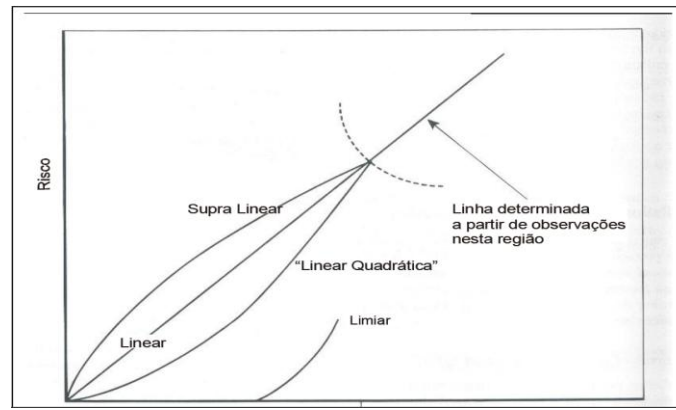
Fontes de dados sobre os efeitos biológicos

- Pessoas antigas que trabalharam com radiação e que foram expostas a altas doses, como físicos e radiologistas.
- Explosões das bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki.

- Acidentes em reatores nucleares como a catástrofe em Tree Mile Island e Chernobyl.
- Pacientes expostos em radiodiagnósticos

Modelos de Dose – Resposta (relação dose risco)

O modelo mostra o risco de dano da radiação quando a dose aumenta.



- A parte da linha reta acima da linha curva tracejada, que começa a partir de 0,5 Sv, indica o efeito biológico de altas doses de radiação, por exemplo, aquelas recebidas como resultados de uma explosão de bomba atômica.
- Os efeitos para doses baixas foram extrapolados dos efeitos de doses altas, porque não é possível com doses baixas de irradiação direta em humanos estudar os efeitos. Esta relação é mostrada na região onde a dose é $< 0,5$ Sv. Os cientistas acreditam que estas são as relações para efeito de doses baixas (1990) e então sugeriram para radiodiagnóstico o modelo linear, porque este é aplicável numa estimativa conservadora dos riscos da radiação usada em imagens humanas.
- Note que todas três linhas da região de baixa dose começam com zero. Isto significa que nenhuma dose de radiação é dita segura, e que existe algum risco associado até mesmo com doses pequenas. Neste estudo esses modelos são chamados de modelos – não limiares.
- No gráfico vimos também um modelo não – limiar. Neste caso o modelo indica que abaixo de uma certa dose, referida como dose limiar, nenhum efeito é observado.
- Somente quando o limiar é atingido observa-se algum efeito biológico.

Verifique se está aprendendo

1) Qual das seguintes alternativas representa a origem dos dados sobre exposição humana à radiação:

- Explosão da bomba atômica em Hiroshima e Nagasaki
- Acidentes em reatores nucleares
- Exposição do paciente em radioterapia e em radiodiagnóstico
- Todas as alternativas

2) Qual dos seguintes modelos dose-respostas é melhor para aplicação em radiodiagnóstico?

- a) Modelo supralinear
 - b) Modelo quadrático linear
 - c) Modelo linear
 - d) Modelo limiar
-

Efeitos Biológicos

Somáticos – Aqueles efeitos que aparecem no indivíduo exposto à radiação

Efeitos Genéticos – Aqueles que aparecem nos descendentes dos indivíduos expostos.

Comentário

► Os efeitos somáticos surgem do dano nas células do corpo, e depende da dose total absorvida, da taxa de absorção da radiação, da região e área do corpo, e aparecem geralmente depois que a dose absorvida ultrapassa um valor limiar. Apresentam mais perigos a medida que a área irradiada aumenta .”

► Os efeitos hereditários ou genéticos surgem nos descendentes como um resultado do dano por radiação em células dos órgãos reprodutores, as gônadas. Tem caráter cumulativo e independem da taxa de absorção da dose.

Outra classificação do efeito biológico:

Estocástico – Aqueles efeitos para os quais a probabilidade de ocorrência depende da quantidade de dose de radiação, e não há limiar de dose.

Efeitos não estocásticos – Aqueles nos quais a severidade do efeito nos indivíduos expostos aumenta com o aumento da dose, e para os quais existe um limiar da dose.

Comentário

► Atualmente os efeitos não estocásticos são definidos como efeitos determinísticos (ICRP – 1991)

ESQUEMAS PARA RADIOPROTEÇÃO

Comentário:

Como as exposições podem ser atribuídas a fonte naturais e artificiais a proteção radiológica deve abranger alguns tipos de planos dos quais possa-se operar. O ICRP tem formulado recomendações sobre todos os aspectos básicos e práticos da proteção radiológica. Essas recomendações constituem as bases de regulamentos que são adotados por organismos nacionais e internacionais. Devido a essas circunstâncias, padrões uniformes para a proteção radiológica são adotados em todo mundo.

ICRP – (Comissão Internacional de Proteção Radiológica 1291) tem adotado o seguinte esquema:

Tipos de Exposição	Exposição ocupacional
	Exposição médica
	Exposição pública

- **A exposição ocupacional** – Está relacionada a atividade do trabalho
 - **A exposição médica** – Está relacionada com investigações diagnósticas e procedimentos de radioterapia.
 - **A exposição do público** – Esta consiste de todas as outras formas de exposição como as das fontes naturais.
-

SISTEMA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA RECOMENDADO PELO O ICRP AOS TÉCNICOS

Princípios fundamentais:

- **Princípio da justificativa** – A exposição do indivíduo deve ser justificada. Isso conduz a análise do risco x benefício.
- **Princípio da otimização** – A exposição deve ser mantida tão baixa quanto for possível alcançar, levando-se em considerações os fatores sociais e econômicos (**ALARA**)
- **Princípio da limitação da dose** – Estabelece o limite de dose para indivíduos exposto a radiação.

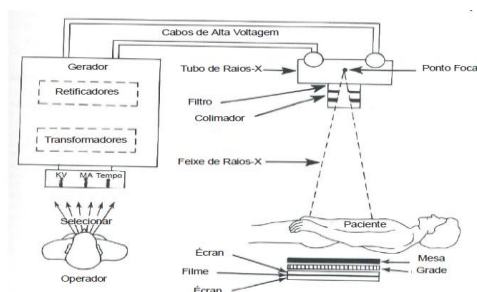
Comentário:

Esses limites são padrões numéricos que são considerados aceitáveis sem grandes riscos, de acordo com o conhecimento vigente dos efeitos biológicos da radiação.

FATORES DE EXPOSIÇÃO EM RADIOLOGIA DIAGNÓSTICA

Há várias modalidades de imagens em radiologia que deliberam radio-exposição aos pacientes e ao trabalhador com radiação:

- Radiografia diagnóstica
- Medicina nuclear
- Ultrassom
- IRMN
- Radiografia



Fatores que estão relacionados diretamente ao TR

Dentro do controle técnico

kVp, mA, mAs, tempo, distância, área do feixe, grade, écrans.

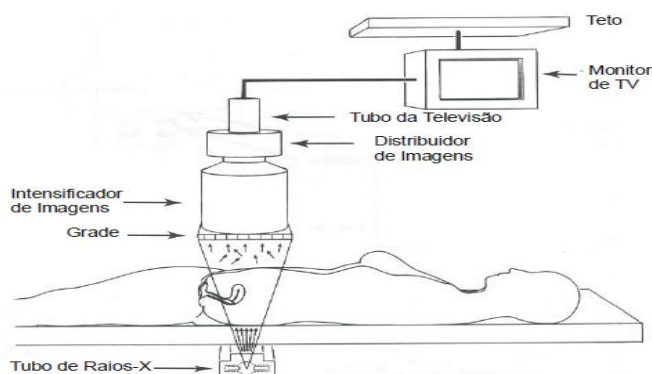
Fora do controle técnico:

Forma de onda, espessura do paciente e densidade do paciente e da mesa.

Comentário:

A área do feixe sobre a paciente é o fator que mais afeta a exposição do paciente. A dose pode ser bastante reduzida se o técnico fizer uma boa colimação, englobando somente a região anatômica de interesse.

Fluoroscopia



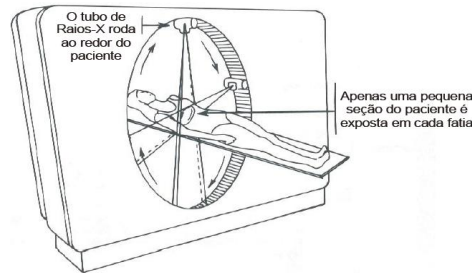
Fatores técnicos envolvendo a Fluoroscopia

- Correntes baixas no tubo (1 a 3 mA)
- Geração de Imagem no monitor de televisão
- A exposição do paciente dura vários minutos
- As imagens podem ser gravadas em um filme
- O feixe de raios – X são movimentados sobre o paciente expondo uma região grande do corpo, enquanto em radiografia é fixo e expõe uma área pequena.

Exemplo:

Em um exame de Fluoroscopia da região gastrointestinal alta, o feixe é deslocado desde o pescoço passando pela linha média do peito e posteriormente até a área abdominal alta; a fim de examinar o esôfago, o estômago e o duodeno.

Tomografia Computadorizada



Comentário:

A tomografia computadorizada (TC) é uma técnica com bases matemáticas que utiliza um computador para reconstruir imagens do corpo baseado em transmissões quantificadas de raios – X gravadas por um detector especial.

Fatores Técnicos:

- A geometria do feixe é diferente da usada em radiografia e Fluoroscopia, pois o feixe de radiação é altamente colimado e passa através de fatias (slices) muito finas do corpo.
- O tubo de raios – x roda ao redor do paciente para gerar imagens transseccional de fatias do corpo.
- O feixe de radiação bate em detectores que têm várias propriedades diferentes quando comparado com o filme radiográfico.
- A dose no paciente em TC varia a depender da natureza do exame. Em geral a dose é afetada por um número de parâmetros de imagens e parâmetros do feixe.

Parâmetros do feixe

kilovoltagem, miliamperagem, filtração, colimação, e eficiência de detecção

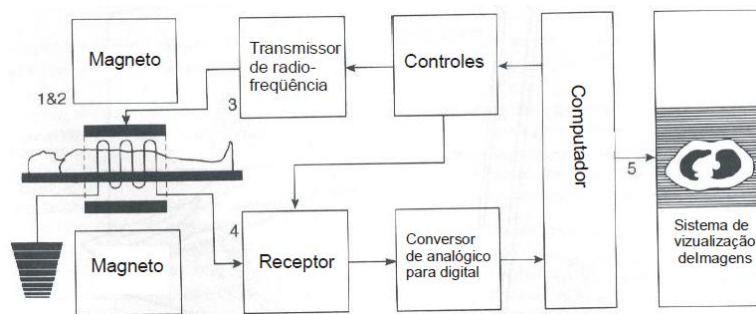
Parâmetros da imagem

O parâmetro da imagem está ligado a dose através da relação:

$$\text{Dose } \alpha = \frac{1}{\sigma e^3 h}$$

Onde σ é ruído, e = resolução espacial, h = espessura da fatia

Obs.: com essa relação se nós quiséssemos aperfeiçoar a resolução por fator de 02, a dose deve ser aumentada por um fator de 8



Comentário:

A Imagem de ressonância magnética nuclear (IRM) é outra técnica diagnóstica de imagem que expõe o(a) paciente a outras formas de energias físicas que não a radiação ionizante.

Princípio de funcionamento básico:

- 1 – O paciente é colocado dentro de um poderoso e estacionário campo magnético, fazendo os núcleos magnéticos do corpo se alinhar com o campo.
- 2 – Em seguida o paciente é irradiado com ondas de radiofrequência de uma frequência específica.
- 3 – Após cessar as ondas de radiofrequência no paciente, o paciente emite ondas de radiofrequência na mesma frequência.
- 4 – As ondas de radiofrequência emitidas pelo paciente são coletadas pelo receptor e enviadas para digitaliza no conversor de analógico para digital
- 5 – As radiofrequências digitalizadas são processadas no computador, que reconstrói uma imagem da anatomia interna.

Comentário:

Em Imagem de ressonância magnética nuclear (IRM) o paciente está exposto a três campos:

- Campo magnético estático
- Campo magnético móvel (campo gradiente)
- Campo de radiofrequência

Campo gradiente

O objetivo deste campo é isolar os sinais vindos de uma outra região particular do corpo, determinando desta forma a localização da fatia.

Efeitos biológicos

o Os efeitos biológicos da IRM foram estudados por diversos investigadores que conduziram a pesquisa sobre o nível de dano gerado pelos três campos operantes.

Mamografia – Imagem da mama

Devido ao tecido mamário ser mole à mamografia é considerado uma radiografia de tecidos moles.

Requisitos físicos

Os requisitos físicos para mamografia são diferentes dos requisitos de radiografia convencional. A maior diferença está no espectro de raios – X.

O espectro é obtido utilizando-se um alvo de molibdênio com técnicas de baixa

Kilovoltagem

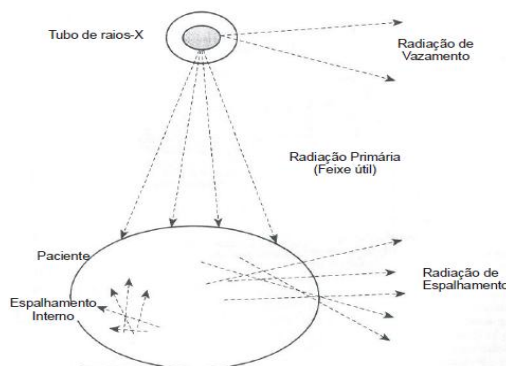
Para se obter uma absorção diferencial para os tecidos moles com as técnicas de baixas kilovoltagens em mamografia, o miliamper é alto.

A radioproteção em mamografia é de vital importância não só por causa das altas doses, mas também por causa da sensibilidade da mama à radiação.

EXPOSIÇÃO DO TÉCNICO E DO PACIENTE

O paciente e o técnico estão expostos a três tipos de radiação:

- Radiações primárias – Radiação que emana do alvo na ampola do RX e passa através do paciente para formar a imagem no filme radiográfico
- Radiação de fuga – Radiação que penetra o invólucro protetor do tubo do RX.
- Radiação de espalhamento (secundária) Radiação espalhada pelo colimador e pelo paciente como um resultado do efeito Compton.



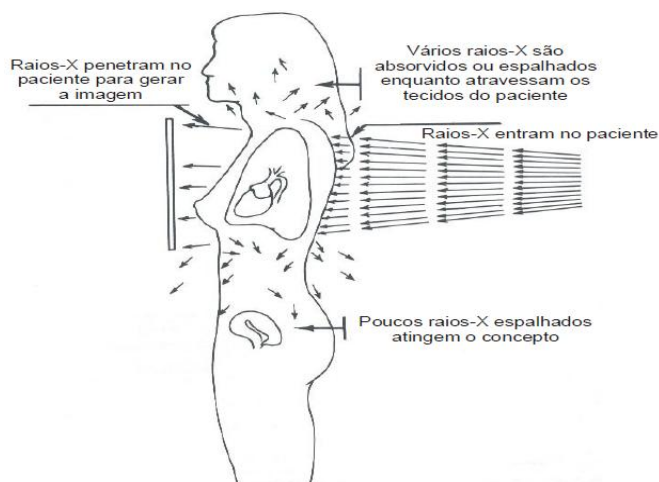
Exposição do paciente

O paciente deve somente ser exposto por radiação primária ou feixe útil

O feixe deve ser colimado de forma a encobrir somente a região de interesse para o estudo diagnóstico (controle direto do técnico)

Em pacientes grávidas

O conceito (conceito que define todos os tecidos gravídicos desde o momento da concepção até o nascimento) está sujeito à exposição não só por radiação primária, mas também por radiação espalhada



Exposição do paciente

O técnico operador está sujeito a exposição à radiação fuga (vazamento do cabeçote) e a radiação de espalhamento.

Colimação do feixe sobre o paciente deve ser bem feita na região de interesse.

Para diminuir o índice de exposição desnecessária o TR deve seguir medidas de segurança como:

- Permanência atrás da cabine de comando blindada ou biombo blindado
- Uso de avental plumbíferos
- Uso de óculos plumbíferos

VERIFIQUE SE VOCÊ ESTÁ APRENDENDO

Qual das seguintes alternativas corresponde a dose de radiação necessária para produzir uma imagem do paciente

- A) Radiação primária
- B) Radiação secundária
- C) Radiação de espalhamento
- D) Radiação de fuga do cabeçote

CONCEITOS DE RADIOPROTEÇÃO

Tabela 01 – A história do desenvolvimento dos métodos de radioproteção.		
Era dos pioneiros em proteção (1895-1915)	Marcada pelo reconhecimento inicial dos danos da radiação e o desenvolvimento das primeiras medidas de proteção por um pequeno grupo de cientistas previdentes.	▪ 1900 – OBSERVOU MUDANÇAS NA PELE DEVIDO A LONGAS EXPOSIÇÕES
Era de ouro da Radiologia (1915-1940)	Notável não só como um tempo de grande progresso nas aplicações médicas dos raios-X e da radioatividade, mas também pelo início de unidades de medida estabelecidas e esforços organizados em radioproteção.	▪ ESTABELECIMENTOS DE UNIDADES DE MEDIDAS
Era de ouro da Radioproteção (1940-1960)	As bases científicas e técnicas da proteção moderna foram desenvolvidas e a profissão de físico médico surgiu.	▪ SURGIMENTO DE ENTIDADES ESPECIALIZADAS PARA ESTUDAR A PROTEÇÃO RADIOLOGIA
Era moderna (1960- data atual)	Caracterizada por um grande crescimento e complexidade nas aplicações médicas dos raios-X, radioatividade, e novas modalidades. Intensificada preocupação e regulamentação de todas as áreas	▪ PADRÕES ATUAIS DE RADIOPROTEÇÃO: Benefício Líquido da exposição ALARA. Sistema de Limitação de dose

Desenvolvimento dos conceitos para limitar a quantidade de exposição

- Dose de eritema – Certa quantidade de radiação necessária para produzir uma vermelhidão
- na pele. (Mutscheller e R. M Sievert)
- Dose de tolerância – Quantidade de radiação aceitável
- Dose máximo permissível (DMP)– Quantidade de dose máximo que era permissível (ICRP).
- Dose Limite equivalente – Quantidade limite equivalente (ICRP – 1977)

COMENTÁRIO – Essas mudanças foram atribuídos aos resultados de vários de efeitos biológicos, tais como: Estudos feito por Muller (1928) e pelo Comitê de efeitos Biológicos de radiação Atômica (BEAR 1960).

Em 1960 ICRP – Publicação 60, fez várias mudanças

Dose limite equivalente – substituído por: Dose Equivalente 50 mSv/ano 20 mSv/ano (ocupacionalmente exposto)

Três princípios fundamentais (Cardinais da Radioproteção)

Princípios Cardinais da Radioproteção Bushong (1993) : para reduzir a radio-exposição de um indivíduo.

- Tempo
- Blindagem
- Distância

1. Tempo – O tempo de exposição deve ser mantido o mais curto possível, porque a exposição é diretamente proporcional ao tempo.

Exemplo:

Em radiografia se nós aumentarmos o tempo por um fator de 2, a dose também aumentara por um fator de 2.

2. Barreira protetora - Colocação de um anteparo protetor entre o tubo emissor dos raios – X e o Técnico operador ou o paciente.

Exemplo:

Avental (chumbo) para o técnico e protetor de gônadas (chumbo) para o paciente.

3. Distância – Ficando o mais distante da fonte de radiação, a dose e grandemente reduzida, pois a mesma obedece a Lei do Inverso do quadrado da distância

Considerações Técnicas e Procedimentais

As considerações técnicas se referem ao modelo do equipamento que tem a intenção de

minimizar e controlar a exposição à radiação.

As considerações procedimentais se referem aos modos que as atividades são realizadas a fim de que reduza a exposição aos indivíduos.

Exemplo:

Precisão – Precisão no posicionamento do paciente, evitando assim que o exame seja refeito por um mau posicionamento

Otimização – Os fatores técnicos (KVp e mA ou mAs) devem ser otimizados para reduzir a dose no paciente e manter aceitável a qualidade da imagem.

Filme e Écran – A combinação de filme écran que é utilizada e a manutenção dos mesmos no chassi, reduz a dose no paciente e mantém a qualidade da imagem aceitável.

Número de imagens – Retirar o menor número de radiografia

Gônadas – As gônadas do paciente devem estar protegidas por um escudo de chumbo.

Colimador – O feixe de radiação deve estar colimado para a região de interesse.

Proteção do técnico – O técnico deve sempre ficar atrás da cabine protetora de posse do seu avental e o monitor pessoal por cima do mesmo.

Recomendação – O técnico deve se certificar se o paciente atendeu as instruções sobre a respiração e a movimentação.

Monitoração do paciente – O técnico deve ficar observando o paciente no ato da exposição radiográfica.

Objeto no paciente – O técnico deve solicitar que o paciente retire todo e qualquer objeto que possa prejudicar a imagem (corrente, botões, relógio, grampo, etc) afim de evitar repetição de exames e aumento de dose no paciente.

Imobilização – O paciente tem de estar imobilizado de maneira apropriada se necessária. Unidades e Quantidades da Radiação.

Existem 3 quantidades de radiação importante par a o técnico:

1. Exposição

2. Dose

3. Equivalente Dose

1. Exposição – Se refere-se à quantidade de radiação incidente sobre o paciente

2. Dose Absorvida – É a quantidade de energia absorvida pelo paciente por unidade de massa do tecido.

3. Dose Equivalente – Se refere-se à exposição ocupacional, e do público.

Conceitos de Radioproteção

Compreendendo os Riscos e Benefícios Potenciais da Exposição Médica

Os Riscos são conhecidos em termos de: **Efeitos estocásticos** e **Efeitos determinísticos**

Efeitos estocásticos – São aqueles efeitos para os quais a probabilidade de ocorrência aumenta com o aumento da dose de radiação (não existe limiar).

Efeitos determinísticos – São aqueles efeitos para os quais a severidade do efeito aumenta com o aumento da dose (existe um limiar).

Comentário:

- 1) Em outras palavras, qualquer dose de radiação, mesmo se pequena, tem o potencial de causar um efeito estocástico.
- 2) A indução do câncer e os efeitos genéticos são exemplos de efeitos estocásticos.
- 3) Qualquer indivíduo exposto até mesmo às baixas doses de radiação, como as utilizadas em radiologia, é considerado como tendo risco de desenvolver esses problemas de saúde.

Exemplo de efeitos determinísticos:

Catarata, Alteração sanguínea, e danos na fertilidade tais como uma diminuição na contagem de espermatozoides nos homens e esterilidade nas mulheres.

Benefícios

Dalrymple e outros (1984) discutiram os benefícios da exposição diagnóstica e apresentou exemplos clínicos nos quais a exposição à radiação era: Grande benefício, Benefício moderado ou Nenhum benefício.

Por exemplo:

- Programa de triagem em mamografias (é essencial – grande benefício);
- Diagnósticos de apendicite aguda, repetição de séries gastrintestinais altas com úlceras pépticas conhecidas e no uso de radiografia de fraturas sem complicações (é questionável – benefício moderado)
- Moléstias psiquiátricas, problemas oftálmicos, e condições dermatológicas (não é necessário nenhum benefício)

Análise Risco x Benefício

Comentário: A decisão de expor o paciente a radiação é uma decisão médica e deve ser tomada somente depois de avaliar o benefício e os riscos potenciais.

- O benefício primário da exposição à radiação é a restauração da saúde do paciente.
- Os riscos são os efeitos potenciais estocásticos e determinísticos.

Exemplo de exames que possuem considerável taxa de riscos / benefícios são:

- Arteriograma coronariano em pacientes com problemas cardiovasculares;
- Tomografia computadorizada do cérebro em pacientes com hemorragia cerebral.

Exemplo de exames que possuem baixa taxa de riscos / benefícios são:

- Triagem de mulheres assintomáticas jovens com menos de 35 anos com exames de mamografias.