

AULA 1

Proteção Radiológica

INTRODUÇÃO

A Radiologia é uma especialidade difícil e perigosa que exclui toda improvisação. É imperativo que somente a pessoas com relevantes conhecimentos técnicos em radiologia diagnóstica e em radioproteção seja permitido utilizar raios X.

E responsabilidade do operador assegurar o uso de proteção máxima para si e para o paciente.

Os regulamentos e medidas de proteção radiológica são em geral baseados nas recomendações fornecidas pelos seguintes órgãos internacionais:

IAEA (International Atomic Energy Agency) - Agência Internacional de Energia Atômica;

ICRP (International Commission on Radiological Protection) — Comissão Internacional de Proteção Radiológica;

ICRU (International Commission on Radiological Units) - Comissão Internacional de Unidades (Medidas) Radiológicas.

No Brasil, o órgão de referência em proteção radiológica e metrologia das radiações ionizantes é o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (**IRD**) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (**CNEN**).

O regulamento técnico com as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, no Brasil, foi estabelecido mediante a portaria 453, de 12 de junho de 1998, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Esse regulamento está baseado nas recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP).

UNIDADES DE MEDIDA DE RADIAÇÃO

Exposição (X)

Fornece a quantidade de ionizações produzidas no ar pela radiação. Aplica-se apenas aos raios X ou gama com energia até 3MeV (mega elétron-volt).

É definida como o quociente entre a soma de todas as cargas elétricas de todos os íons de mesmo sinal produzidos em um volume de ar (ΔQ), pela massa desse volume de ar (m).

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m}$$

A unidade tradicional de medida de exposição a radiação (X) é o Röntgen, representado pelo símbolo "R".

No Sistema Internacional de medidas (SI), a unidade de medida de exposição (X) é o Coulomb (C) por quilograma (kg), representado por C/kg ou C × kg⁻¹.

$$\frac{C}{kg} = C \times kg^{-1}$$

Dose absorvida (D)

É definida como a quantidade de energia (ΔE) cedida a matéria pela radiação ionizante por unidade de massa (Δm) da matéria irradiada, no local de interesse.

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m}$$

A unidade tradicional de medida para dose absorvida de radiação (D) é o "rad" (**radiation absorbed dose** – dose absorvida de radiação).

No Sistema Internacional de medidas, a unidade de medida de dose absorvida (D) é o **J/kg (joule por quilograma)** ou J × kg⁻¹, denominado Gray, representado pelo símbolo "Gy".

$$\frac{J}{kg} = J \times kg^{-1}$$

$$1\text{rad} = 10^{-2}\text{J} \times \text{kg}^{-1} = 0,01\text{J} \times \text{kg}^{-1}$$

$$100\text{rad} = 1\text{J} \times \text{kg}^{-1} = 1\text{Gy}$$

$$1\text{rad} = 0,01\text{Gy} = 10^{-2}\text{Gy}$$

Uma exposição de 1R corresponde a uma dose absorvida de, aproximadamente, 1rad.

Dose equivalente (H)

Os efeitos biológicos de diferentes tipos de radiação ionizante não são idênticos. Dependem da qualidade da radiação e das condições de irradiação.

A mesma deposição de energia de diferentes tipos de radiação pode não produzir os mesmos efeitos biológicos.

A dose equivalente (H) é a medida que permite diferenciar a efetividade radiobiológica dos diferentes tipos de radiação.

E o produto da dose absorvida (D), do fator de qualidade da radiação (Q), e do produto de todos os outros fatores modificadores, tais como taxa e distribuição de dose no tecido (N), no ponto de interesse do tecido.

$$H = D \times Q \times N$$

A ICRP (Comissão Internacional de Proteção Radiológica) sugere o uso do valor 1 (um) para "N".

Para os raios X, o valor de "Q" = 1, então:

$$H = D \times 1 \times 1 \text{ ou } H = D$$

A unidade tradicional de medida para dose equivalente (H) é o "rem " (**Röntgen equivalent man** — equivalente Röntgen no Homem).

No Sistema Internacional de medidas, a unidade de medida de dose equivalente (H) é o Sievert, representado pelo símbolos "**Sv**".

Dose equivalente efetiva (H_{ef})

A dose equivalente efetiva (**H_{ef}**) permite que doses em diferentes partes do corpo sejam comparadas pela conversão de todas elas em uma dose equivalente de corpo inteiro.

Leva em conta que algumas partes do corpo são mais sensíveis a radiação do que outras.

E definida pela soma dos produtos da dose equivalente (**H**) em cada órgão, pelos fatores de ponderação dos tecidos ou órgãos correspondentes (**W_T**).

$$H_{ef} = H \times W_T$$

No Sistema Internacional de medidas (SI), a unidade de medida de dose equivalente efetiva (**H_{ef}**) é o Sievert, representado pelo símbolos "Sv".

EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

Os raios X, quando atravessam o corpo humano, têm parte de sua energia absorvida pelos tecidos do corpo, levando a efeitos biológicos que são dependentes da dose absorvida (quantidade), da taxa de exposição (tempo) e da forma da exposição (volume irradiado).

(Tabela 8.1).

Tabela 8.1

Alguns efeitos da exposição aguda à radiação, em indivíduos adultos

DOSE ABSORVIDA (Gy)		EFEITOS
0 – 0,8	(corpo inteiro)	Nenhum efeito clínico detectável.
0,3	(localizada)	Esterilidade temporária no homem.
1 – 2	(corpo inteiro)	Astenia, náusea, vômitos, diarreia.
2	(localizada)	Catarata. Quanto maior a dose, maior a velocidade de estabelecimento do processo.
3	(localizada)	Esterilidade temporária na mulher.
2 – 4	(corpo inteiro)	Síndrome hematopoiética. Leucopenia, linfopenia, trombocitopenia, anemia.
4 – 4,5	(corpo inteiro)	Morte de 50% dos indivíduos irradiados.
4 – 6	(corpo inteiro)	Síndrome hematopoiética. Função medular gravemente atingida.
5	(localizada)	Esterilidade definitiva no homem. Epilação temporária.
6 – 8	(localizada)	Esterilidade definitiva na mulher.
8 – 9	(corpo inteiro)	Insuficiência respiratória aguda, coma e morte entre 14 e 36h.
6 – 12	(localizada)	Radiodermite eritematosa.
10	(corpo inteiro)	Morte em poucas horas.
16 – 20	(localizada)	Epilação definitiva e radiodermite exsudativa (bolhas).
25	(localizada)	Radiodermite e radionecrose.

Os raios X são danosos aos tecidos vivos devido ao seu poder de ionização.

A ionização pode causar danos diretos nas células pela quebra das ligações químicas de moléculas biológicas importantes, como o DNA, e danos indiretos pela criação de radicais livres nas moléculas de água das células, que por sua vez reagem quimicamente com as moléculas biológicas, alterando-as.

Esses danos, dependendo da sua extensão, podem ser reparados por processos biológicos naturais. Quando esses reparos são bem-sucedidos, nenhum efeito é observado, mas quando o reparo é realizado parcialmente, ou mesmo não realizado, o resultado pode ser:

- **Morte da célula (necrose);**

- **Mau funcionamento da célula, que é restrito a célula em questão, ou seja, não é passado às linhagens seguintes (efeitos somáticos);**
 - **Alteração permanente da célula, que é passada às linhagens seguintes (efeitos genéticos).**
 - **O conceito de detrimento ou risco quantifica o efeito deletério da exposição à radiação. É definido com o produto da probabilidade de ocorrer o efeito, pela severidade do mesmo.**
-

Efeitos somáticos

São aqueles que **não são** transmitidos às linhagens seguintes.

Dividem-se em: imediatos e tardios.

Efeitos somáticos imediatos (agudos)

São efeitos que podem ser observados pouco tempo após o organismo ser submetido a altas doses de radiação por um curto período de tempo.

Exemplo: Uma dose de 4,5Sv (450rad) por uma hora no corpo inteiro causara em:

- Poucas horas — Vômitos e diarreia;
- Algumas semanas — Febre, queda de cabelo e perda de peso;

Efeitos somáticos tardios (de longo prazo)

São efeitos que podem ser observados após um período de latência (20 anos ou mais), ou seja, tempos após o organismo ter sido submetido à radiação ionizante como no caso de alguns tumores malignos (câncer), que podem ocorrer anos após a exposição à radiação.

Efeitos Genéticos

São transmitidos aos descendentes dos indivíduos irradiados por alterações introduzidas na molécula de DNA.

É importante lembrar que mutações genéticas não são causadas apenas por radiações ionizantes, algumas substâncias químicas, altas temperaturas e outros agentes podem também produzi-las.

Efeitos teratogênicos

Podem ocorrer a partir da exposição de embriões ou fetos à radiação, determinando alterações na formação do organismo. O efeito teratogênico não deve ser confundido com o efeito genético.

AULA 2

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.

Comentário:

Atualmente os efeitos não estocásticos são definidos como efeitos determinístico (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 operar. O ICRP (**International Commission on Radiological Protection**) 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) 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 EM RADIOLOGIA

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**- As Low As Reasonably Achievable- **No nível mais baixo possível**)
- **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 radioexposição aos pacientes e ao trabalhador com radiação:

- Radiografia Diagnóstica
- Medicina Nuclear
- Tomografia Computadorizada (CT)
- Cintilografia

Dose equivalente efetiva (H_{ef})

Para operadores:

A dose equivalente efetiva (H_{ef}), para operadores não deve exceder 0,02Sv (2rem) em qualquer período de cinco anos consecutivos, não podendo ser maior que 0,05Sv (5rem) em nenhum ano.

$$H_{ef} < 0,05\text{Sv/ano}$$

Para indivíduos do público:

A dose equivalente efetiva (H_{ef}) anual para indivíduos do público não deve exceder 1mSv (100mrem).

Para mulheres no período gestacional (gravidez). Em mulheres no período gestacional, a dose na superfície do abdome (da mãe) não deve exceder a 2mSv (200mrem) durante o período gestacional.

A dose equivalente máxima para o feto é de 1mSv (100mrem) em todo o período.

Tabela 8.2

Limite anual de dose equivalente, estabelecido na Resolução-CNEN 12/88

PARTE DO CORPO	LIMITE ANUAL DE DOSE PARA TRABALHADORES	LIMITE ANUAL DE DOSE PARA INDIVÍDUOS DO PÚBLICO		
	SV	REM	SV	REM
Corpo inteiro	0,05	5	0,001	0,1
Cristalino	0,15	15	0,05	5
Pele	0,5	50	0,05	5
Mãos, pés, tornozelos e antebraços	0,5	50	0,05	5
Órgão ou tecido	0,5	50	$0,001/W_T$	$0,1/W_T$

W_T – Fator de ponderação para tecido ou órgão.

AULA 3

DOSIMETROS

Todo pessoal ocupacionalmente exposto deve portar medidores individuais de dose (dosímetros pessoais) durante a jornada de trabalho.

É importante ressaltar que os monitores individuais de dose são pessoais e intransferíveis, e servem para quantificar a exposição do operador (técnico, tecnólogo ou médico) a radiação ionizante na jornada de trabalho.

Os monitores são enviados para instituições nacionais credenciadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (C.N.E.N), para a sua calibração e avaliação, normalmente, a cada mês.

A monitoração individual da dose recebida pode ser feita para o corpo inteiro e para extremidades.

Monitoração individual de dose de corpo inteiro

Geralmente é feita com Dosímetro na forma de crachá, posicionado na parte do corpo mais exposta a radiação, geralmente no tórax (Fig. 8.1). No caso da utilização de avental plumbífero, deve ser posicionado na lapela, por fora do avental (Fig. 8.2).

Pode ser feita de duas maneiras:

Utilizando-se filme dosimétrico ou dosímetro termoluminescente.

Filme dosimétrico:

Também denominado filme monitor, é utilizado para a medição da dose individual de corpo inteiro. É constituído por um invólucro plástico vedado a luz, que contém no seu interior um filme radiográfico do tipo odontológico (intra-oral), posicionado entre filtros de cobre e chumbo, geralmente dois pares de filtros de cobre de espessuras diferentes, e um par de filtros de chumbo.

Uma região do filme não possui filtros, sendo denominada "janela" (Fig. 8.3).

Os filtros sendo denominada "janela" (Fig. 8.3). Os filtros servem para determinar, de acordo com o grau de enegrecimento do filme, a dose absorvida e a qualidade da radiação.

Dosímetro termoluminescente (DTL)

Mais preciso que o filme dosimétrico é constituído por material termoluminescente, como o fluoreto de cálcio (CaF), ou fluoreto de lítio (LiF), que é colocado dentro de um invólucro de plástico

O processo de leitura consiste no aquecimento do material termoluminescente (200 a 350°C), que emitirá uma luz proporcional à dose de radiação recebida.

Figura 8.1
Ilustração do
posicionamento
do dosímetro

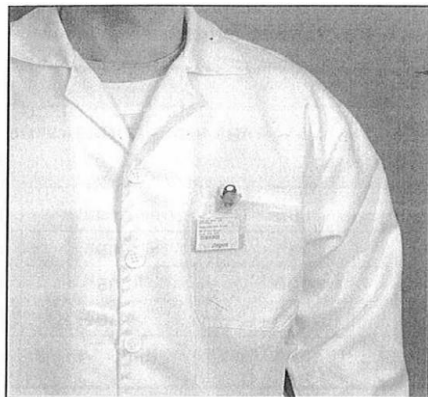


Figura 8.2
Ilustração do
posicionamento
do dosímetro
com o uso de
avental
plumbífero



Dosímetro termoluminescente (DTL) Mais preciso que o filme dosimétrico é constituído por material termoluminescente, como o fluoreto de cálcio (CaF), ou o fluoreto de lítio (LiF), que é colocado dentro de um involucro de plástico.

O processo de leitura consiste no aquecimento do material termoluminescente (200 a 350 °C), que emitirá uma luz proporcional à dose de radiação recebida.

Monitoração individual de extremidade

Além dos monitores utilizados para avaliação de dose de corpo inteiro , existem os monitores de extremidade, do tipo anel ou pulseira , contendo dosímetros termoluminescentes, que servem para determinar a dose nas mãos. Esses devem ser utilizados em procedimentos onde o operador utiliza as mãos muito próximas do campo irradiado, como no caso das angiografias.

Outros tipos de monitores

Existem ainda, para a monitoração individual, os dosímetros de bolso e as canetas dosimétricas, usados particularmente para a medição da exposição durante alguma operação especial planejada, ou para a medição em intervalos de tempo inferiores a um mês.

A caneta dosimétrica deve ser lida logo após o uso, e a dose recebida deve ser registrada em fichas individuais.

Após a leitura, a caneta dosimétrica deve ser carregada (zerada) com um dispositivo carregador especial (bateria).

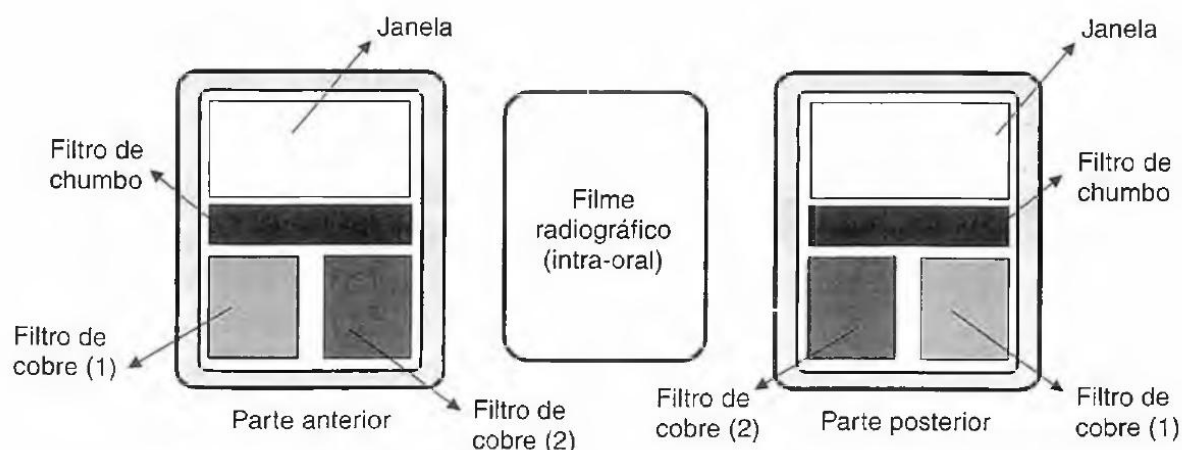


Figura 8.3

Esquema de um filme dosimétrico

CONCEITOS BASICOS EM RADIOPROTEÇÃO

Toda pessoa ocupacionalmente envolvida com Raios X deve ter conhecimento da Portaria 453 de 1 de junho de 1998, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde.

É responsabilidade do operador (técnico, tecnólogo, médico) proporcionar ao paciente uma exposição mínima à radiação, suficiente para a obtenção de uma imagem radiográfica com todas as informações necessárias ao diagnóstico.

Proteção radiológica e o equipamento de raios X

Quando os equipamentos de raios X são utilizados de acordo com todas as normas pertinentes, o operador está sob condições máximas de proteção. É importante, portanto, que as instalações sejam utilizadas corretamente.

Atenção especial deve ser dada aos aparelhos moveis, onde a Portaria 453 d a Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde estabelece que devem possuir colimador luminoso e um cabo disparador com um comprimento mínimo de 2m.

Os aparelhos dentários devem possuir um diafragma em que o campo de radiação (na pele) não seja superior a 6cm de diâmetro.

Para evitar conceitos errados acerca dos raios X, é importante salientar que não existe "contaminação de radiação" em salas de raios X, pois todas as radiações primaria, secundaria e terciaria deixam de existir no instante em que a alta tensão é desligada.

Acessórios para proteção radiológica

São dispositivos cuja finalidade é proporcionar proteção radiológica ao operador, paciente e acompanhante (quando necessário), durante a realização do exame radiográfico.

Os acessórios normalmente encontrados no mercado são: aventais plumbífero, protetores de tireoide, protetores de gônadas, luvas plumbífero e óculos plumbífero (com lentes de vidro plumbífero) (Fig. 8.4).



Figura 8.4

Acessórios para proteção radiológica

Proteção radiológica do paciente

Para a proteção radiológica do paciente, em conformidade com a Portaria 453 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, devem ser observados os seguintes pontos:

Realização de exames

Os exames radiológicos só podem ser realizados quando necessários, e com prescrição médica.

Uso de colimadores luminosos

A região a ser examinada (irradiada) deve ser rigorosamente delimitada por meio de colimadores luminosos mesmo nas unidades moveis (aparelhos transportáveis), de maneira que seu tamanho seja o menor possível, nunca excedendo o tamanho do filme radiográfico.

No caso de se utilizar tubos localizadores, esses devem ser longos o bastante para chegar até a pele do paciente.

Mulheres em idade fértil

Nas mulheres em idade fértil só são permitidos exames radiológicos quando não existir evidencias de gravidez.

Nos casos de gravidez, se o exame for imprescindível, deve-se utilizar todos os meios para minimizar a dose no feto.

Recém-nascidos e crianças

Além do feixe de radiação ser rigorosamente colimado no limite da região a ser estudada, as gônadas devem estar sempre protegidas.

Processamento do filme radiográfico

Para se obter uma boa qualidade de imagem com um a dose de radiação mínima no paciente, deve evitar a repetição de radiografias, e importante manter constante a qualidade do processamento dos filmes radiográficos.

Figura 8.5
Identificação
do tipo de
écran no
chassi



Proteção radiológica dos indivíduos ocupacionalmente expostos a radiação ionizante

Para a proteção radiológica do operador (técnico, tecnólogo ou médico), em conformidade com a Portaria 453 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, devem ser observados os seguintes pontos:

Regra básica

Deve ser lembrado que a intensidade da radiação é proporcional ao inverso do quadrado da distância, portanto quanto maior a distância entre o operador (técnico, tecnólogo ou médico) e a fonte emissora de radiação (tubo de raios X), mais protegido ele estará.

Localização do operador na sala de exames durante a realização do exame

Durante as exposições, o operador deve se posicionar junto a mesa de comando do aparelho, que por sua vez deverá estar posicionada atrás de uma blindagem (parede ou biombo fixo de chumbo).

Nos exames em que seja necessária a permanência do técnico próximo ao paciente, este deverá sempre utilizar os acessórios de proteção radiológica (avental plumbífero, luvas etc.).