

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÓMICA
PROYECTO PROTECCIÓN RADIOLÓGICA - (ARCAL 1) (RLA/9/009)
CURSO SOBRE CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO DE RAYOS-X

Agosto 29 - Septiembre 9

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA
RIO DE JANEIRO - BRASIL

PARÂMETROS DO EQUIPAMENTO DE RAIOS-X QUE
INFLUEN NA EXPOSIÇÃO DO PACIENTE

de

PEIXOTO, João Emilio

I.R.D.

C.P. 37750

Rio de Janeiro - R.J.

Brasil

I. INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os componentes básicos do aparelho gerador de raios-X e os dispositivos auxiliares empregados em exames de Radiodiagnóstico. Desta forma, é possível a realização de uma análise da influência de todos os parâmetros da técnica radiográfica na exposição de indivíduos que se submetem a exames de Radiodiagnóstico.

II. PRODUÇÃO DOS RAIOS-X

Os raios-X são ondas eletromagnéticas que, em geral resultam da interação de elétrons altamente acelerados com os átomos de qualquer substância. Este processo realiza-se de forma controlada num aparelho de raios-X. Mais especificamente em tubo de raios-X, elétrons são acelerados a altas velocidades e então interagem com o "alvo", e desta interação dos elétrons incidentes com os átomos-alvos resulta a emissão dos raios-X. As energias dos fótons dos raios-X resultantes abrangem desde valores muito baixos, até um máximo igual à energia de aceleração dos elétrons, não sendo, então, possível a produção de feixes monoenergéticos através deste processo. A energia total dos elétrons é convertida em raios-X e calor, mas a eficiência da produção de raios-X é baixa (aproximadamente 1% na faixa de energia de Radiodiagnóstico), sendo o restante da energia (99%) transformada em calor.

São dois os mecanismos que podem ocorrer a partir desta interação elétron e alvo: frenagem ("Bremsstrahlung"), que representa a radiação proveniente da perda de energia cinética do elétron ao passar nas proximidades do núcleo; e radiação característica, emitida por um elétron na passagem de um orbital mais externo para um orbital mais interno no preenchimento da vaga ocasionada pela colisão de um elétron incidente com um elétron do átomo-alvo.

III. O TUBO DE RAIOS-X

Consiste em um envólucro, com vácuo, de vidro, contendo um anodo e catodo. Elétrons livres são produzidos no catodo e acelerados para

o anodo. Esses elétrons são produzidos pelo eletro-aquecimento do filamento, parte da estrutura do catodo, a cerca de 2000°C. A energia térmica é suficiente para forçar os elétrons para fora do filamento. Esse processo é conhecido como emissão termoiônica. Os elétrons livres são, por sua vez, acelerados através de uma diferença de potencial aplicada entre o catodo e o anodo. Em geral as voltagens utilizadas para produção de raios-X, são da ordem de milhares de volts (kV) sendo a faixa de interesse para o Radiodiagnóstico de 20kV à 150kV.

Em princípio, três são os controles que caracterizam a geração de raios-X:

- o controle da corrente do tubo, que determina a taxa com que os elétrons fluem através do tubo e, como resultado, a taxa com que os raios-X são produzidos.

- o controle da quilovoltagem, que determina a máxima voltagem aplicada através do tubo e como consequência a energia dos fótons produzidos.

- o controle de tempo ("timer"), que determina o tempo total durante o qual os raios-X são produzidos.

Os raios-X produzidos são emitidos igualmente em todas as direções. Entretanto, somente uma pequena porção desses fótons é efetivamente utilizada para sensibilizar uma película radiográfica, devendo o restante ser eliminado. Isto é realizado por uma calota protetora de chumbo que envolve todo o tubo, excetuando-se uma pequena abertura de vidro denominada janela.

IV. O ESPECTRO DE RAIOS-X

A distribuição relativa de fótons de diferentes energias, no feixe tem efeitos significativos nos exames radiológicos. Esta composição de energia dos fótons afeta o contraste da imagem, a exposição no paciente e a quantidade de radiação secundária na sala de exame. Essa distribuição de energia pode ser descrita graficamente pelo espectro apresentado na figura 1.

A energia máxima do fóton, expressa em (keV) é numericamente igual a voltagem de pico (kVp), embora poucos sejam os fótons que apresentam essa energia. Sobre o espectro de "Bremsstrahlung" surgem alguns picos específicos devidos a radiação característica. A energia desses picos depende do material do alvo. A forma real do espectro de energias é fortemente influenciada por três fatores:

- filtração do feixe;
- voltagem do tubo;
- tipo do fornecimento de alta voltagem (forma de onda)

IV.1 - A influência da filtração.

Ao atravessar a matéria, o feixe de raios-X é reduzido em intensidade devido a atenuação no material, entretanto a perda de energia no espectro não é igual, sendo maior para os fótons de baixa energia, que são absorvidos mais facilmente.

Se o material for o paciente, de composição diversificada, a absorção será não uniforme dentro do campo de raio-X. Essa absorção não uniforme leva, conseqüentemente, a um feixe emergente não uniforme trazendo, assim, informações sobre a estrutura interna do paciente. Logo, em exames radiológicos não são desejados fótons de baixa

energia, pois estes serão absorvidos pelo paciente. Para se eliminar estes fótons de baixa energia, utiliza-se um material para "filtrá-los". A filtração total do feixe consiste de duas porções, a filtração inerente e a filtração adicional. Entende-se por filtração inerente como aquela filtração que sofre o feixe de raios-X ao atravessar o tubo, e por filtração adicional como a filtração que deve ser fornecida ao feixe, de modo a obter-se a filtração total desejada. Na figura 2 tem-se o efeito da filtração no espectro de raio-X. Nessa figura pode-se observar que o processo iniciado pela filtração inerente, de redução dos fótons de baixa energia, cresce a medida que mais filtração adicional é colocada. Isto é, a composição do feixe é alterada aumentando assim a energia média do feixe.

Não existe uma quantidade definida de filtração que se aplique melhor num procedimento radiográfico. Em geral, adotam-se as recomendações de publicação 15 da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) para se obter uma certa espessura em uma certa quilovoltagem, como pode ser visualizado na Tabela 1:

TABELA 1 - Recomendações de filtração do ICRP 15

Voltagem de operação do tubo	Filtração Mínima Total
Abaixo de 50 kVp	0.5mm alumínio
50 - 70 kVp	1.5mm alumínio
70 - 100 kVp	2.0mm alumínio
Acima de 100 kVp	2.5mm alumínio

Note-se que tais valores são mínimos, para efeito de padrões aceitáveis de proteção, podendo em muitos aparelhos se empregar maior quantidade de filtração.

IV.2 - A Influência de Quilovoltagem e da Forma de Onda.

O aumento do potencial aplicado ao tubo de raios-X produz uma mudança no espectro de energia devido ao aumento da quantidade de fótons em todas as energias, e principalmente devido ao acréscimo de fótons de alta energia. Tal mudança acarreta um aumento na energia média do feixe.

A diferença de potencial aplicada ao tubo é, contudo, dependente da corrente alternada que serve como alimentação. Entretanto o tubo não permite mudanças na sua polaridade, o que implica na utilização de retificadores, a fim de manter-se a polaridade. Ao se empregar um retificador de meia-onda, aumenta-se a expectativa de durabilidade do tubo, uma vez que os elétrons só são acelerados du-

rante meio-ciclo. Já o emprego de um retificador de onda completa, conduz a uma maior utilização de todo o ciclo elétrico. Em ambos os circuitos retificadores, a voltagem varia entre zero e a quilovoltagem de pico (kVp), logo o espectro de energia é diferente, o que faz com que o espectro total obtido sobre um ciclo completo de exposição tenha mais fótons de baixa energia do que teria se a voltagem permanecesse constante.

Para geradores trifásicos, a diferença de potencial aplicada ao tubo permanece praticamente constante, o que desloca seu espectro de energia para a direita do espectro de um gerador monofásico. Isto pode ser observado na figura 3.

IV.3 - A Influência de Miliamperagem

A variação da miliamperagem não apresenta nenhum efeito na energia do espectro, assim como qualquer variação na corrente não terá influência na taxa de produção de raio-X em mR/mAs. Tecnicamente, con

tudo, um aumento na carga do sistema pode levar a uma queda na tensão (kVp). A combinação da corrente (mA) e do tempo de exposição (s) determina o número total de fótons produzidos numa dada quilo-voltagem. Logo, é possível uma combinação de corrente e tempo, de modo a se obter sempre o mesmo produto corrente e tempo (mAs), não produzindo assim qualquer diferença na imagem registrada.

V. A CARACTERIZAÇÃO DO FEIXE DE RAIOS-X

Dois são os parâmetros que caracterizam o feixe de raios-X: intensidade e energia. Em Radiodiagnóstico, a caracterização de intensidade pode ser feita através da exposição, definida como quociente $\Delta Q/\Delta M$, onde ΔQ é a soma das cargas elétricas de todos os íons de mesmo sinal produzidos no ar, quando todos os elétrons secundários, liberados por fótons, num volume elementar de ar cuja massa é ΔM , estiverem completamente parados no ar. Logo, em decorrência da definição, a exposição é restrita à medição de raios-X e gama no ar. A unidade de exposição é o Roentgen (R). Um feixe de raio-X, pode ser caracterizado pela quilovoltagem de pico (kVp), definida como o va-lor máximo de voltagem fornecida ao tubo, pela fonte de alimentação de alta tensão. Porém, como vários são os fatores que influenciam a penetração do feixe de raios-X, procura-se caracterizá-lo pela canda semi-redutora (HVL), definida como a espessura de alumínio neces-sária para reduzir a intensidade do feixe a metade da intensidade original e expressa a energia efetiva do feixe de raios-X utiliza-do no estudo radiológico.