

SENSITÔMETRO DE RAIOS X PARA AVALIAÇÃO DE COMBINAÇÕES TELA-FILME UTILIZADAS EM RADIOLOGIA MÉDICA

O.M.B.D. Porta, T. Krauspenhar

Laboratório de Controle de Qualidade em Imagens Médicas,
Rua dos Andradas 1614, Campus I - Centro Universitário Franciscano (UNIFRA),
97010-032, Santa Maria, RS/Brasil

Recebido em 30 de outubro de 2004; aceito em 11 de setembro de 2006.

Resumo. A série de exposições relativas necessárias para produzir um intervalo útil de densidades ópticas no filme pode ser obtida pelos métodos sensitométricos de tempo escalonado ou intensidade escalonada. Um sensitômetro de raios X é utilizado para gerar a curva característica de filmes radiográficos em combinação com a tela intensificadora fluorescente. Neste trabalho, desenvolveu-se um método conveniente para a exposição de sistemas tela-filme utilizando-se a sensitometria de intensidade escalonada. Neste método, durante a exposição o tempo, a tensão de pico (kVp) e a corrente no tubo de raios X permanecem constante e a intensidade do feixe de raios X é modulada através da variação da distância entre o filme e a fonte de raios X. Um banco óptico foi construído para permitir a exposição do sistema tela-filme em várias distâncias da fonte. Um sistema de blindagem foi construído para permitir que uma única região do filme fosse exposta a cada variação da distância fonte-filme. A condição de exposição normalmente utilizada são 70kVp e 2,5mm de filtro de alumínio. A latitude de exposição fornece uma curva característica completa dos sistemas tela-filme.

Palavras chaves: sensitometria, intensidade escalonada, controle de qualidade de sistemas tela-filme.

Abstract. The series of relative exposures, necessary to cover the full density range of the film, can be obtained by either time-scale or intensity-scale sensitometric methods. An X-ray sensitometer is used to measure the characteristic curve of radiographic films exposed with fluorescent intensifying screens. We have developed a convenient method of exposing screen-film combinations for intensity-scale sensitometry. In this method, during exposure the x-ray kVp and mAs remain constant and a geometric series of exposures of the film is modulated by varying the x-ray intensity. The conditions normally used are 70 kVp x-rays and 2,5mm Al filtration at the tube. This exposure latitude gives a complete characteristic curve of screen-film combination.

Keywords: sensitometry, intensity-scale, quality control of screen-film combination.

1. Introdução

A resposta sensitométrica dos materiais fotográficos aos raios X é uma das medidas mais importantes em radiologia porque ela está relacionada a ambas, a dose de radiação no paciente e a qualidade da imagem. Na medicina, de forma geral, o filme é empregado em combinação com a tela intensificadora fluorescente. Assim, as características sensitométricas dessa combinação têm um significado muito importante. Isso não exclui a determinação das características dos filmes de raios X independentemente das telas. Para isso, por exemplo, utiliza-se um sensitômetro luminoso com uma fonte de luz cuja composição espectral coincide com o espectro produzido pela irradiação das telas. Entretanto, a difusão nos anos 70 de telas intensificadoras com vários espectros de luminescência fez voltar a sensitometria de raios X anteriormente desenvolvida, isto é, a determinação direta da sensibilidade e outras características da tela combinada com o filme sob a ação direta da

irradiação dos raios X.

O método mais conveniente para apresentar a resposta do filme aos raios X ou à luz é através da curva característica (Eastman Kodak, 1963). Essa curva é às vezes referida como curva H&D, a qual é uma representação gráfica da densidade óptica obtida no filme como uma função do logaritmo da exposição relativa. As séries de exposições relativas necessárias para gerar um intervalo útil de densidade óptica no sistema tela-filme pode ser obtida pelo método sensitométrico de intensidade escalonada ou tempo escalonado. Na sensitometria de tempo escalonado o tempo de exposição varia e a intensidade do feixe de raios X permanece constante. O método de tempo escalonado utiliza uma placa seletora de chumbo que gira frente ao sistema tela-filme através de um motor sincronizado (Maslov et al., 1988; Eastman Kodak, 1963). Na sensitometria de intensidade escalonada o tempo de exposição é mantido constante e a intensidade do feixe de raios X é variada. Isso pode ser conseguido variando-se a distância entre o filme e a fonte de raios X. A

intensidade relativa da radiação que chega no filme em cada posição pode ser determinada pela lei do inverso do quadrado da distância (sensitometria do quadrado da distância). Esses dois métodos utilizados para modular a exposição no filme produzem resultados idênticos para exposição direta do filme. Nessa condição de exposição a lei da reciprocidade é aplicada. Entretanto, quando o filme é exposto em combinação com a tela intensificadora essa lei não é obedecida produzindo, assim, resultados diferentes entre os dois métodos (Eastman Kodak, 1963). Em uma exposição radiográfica típica o tempo de exposição é mantido constante e a intensidade da radiação que chega no filme é modulada pela absorção diferenciada dos raios X por diferentes órgãos e tecidos do paciente. Assim, a sensitometria de intensidade escalonada simula melhor uma exposição clínica.

Diversos sensitômetros de raios X foram construídos utilizando-se o método da intensidade escalonada (Haus & Rossmann, 1970; Hale & Bloch, 1978; Bencomo & Haus, 1979; Gorski & Plewes, 1979; Yester et al., 1980; Bednarek & Rudin, 1980; Wagner et al., 1980; Yoshida et al., 1986). A sensitometria do quadrado da distância é considerada um método de intensidade escalonada padrão (Wagner et al., 1980).

Com o objetivo de realizar-se o controle de qualidade de sistemas tela-filme no Laboratório de Controle de Qualidade em Imagens Médica do Centro Universitário Franciscano, construiu-se um sensitômetro de raios X de intensidade escalonada com base no método da lei do inverso do quadrado da distância. O sensitômetro proposto permite obter uma curva característica com uma latitude em exposição capaz de produzir um intervalo útil de densidade óptica no filme quando utilizado em combinação com a tela intensificadora.

2. Material e métodos

O sensitômetro de raios X proposto consiste de um banco óptico de 2,5m de comprimento, 0,4m de largura e 0,9m de altura (Figura 1). Na parte superior foi construído um sistema de encaixe para permitir o deslocamento da blindagem, que contém a combinação tela-filme, ao longo do banco (Figura 1). O banco óptico foi montado sobre dois trilhos de 4,7m de comprimento, fixados no piso, para permitir o deslocamento do sistema banco-filme ao longo do feixe de raios X (Figuras 1 e 2).

Para que somente uma região do filme seja sensibilizada pelos raios X em cada exposição, o filme é protegido por uma blindagem de chumbo de 1,5mm de espessura (Figura 3A). Na parte anterior da blindagem foi construída uma janela de 15cm de comprimento por 3cm de largura para permitir a exposição do filme. A combinação tela filme é acoplado ao sistema de blindagem (Figura 3B) e cada vez que o filme é exposto ele é

deslocado verticalmente ao longo da blindagem com o objetivo de expor uma nova região do filme e proteger aquela região já exposta aos raios X. Assim, obtém-se uma série de densidades ópticas no filme cada uma delas relacionada a um valor diferente de exposição, de acordo com a seleção da distância entre o filme e a fonte (Tabela 1).



Figura 1. Sensitômetro de raios X de intensidade escalonada.



Figura 2. Sistema de 2 trilhos fixados no piso para permitir o deslocamento do banco óptico ao longo do feixe de raios X.

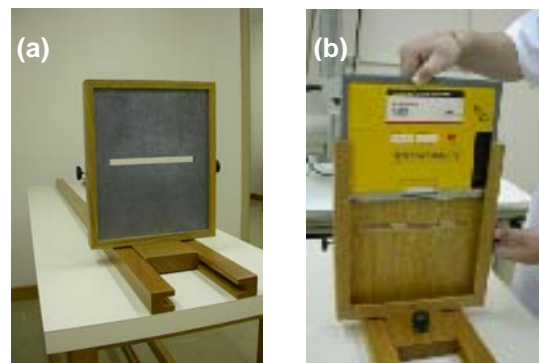


Figura 3. (a) sistema de blindagem da combinação tela-filme; (b) posicionamento da combinação tela-filme junto a blindagem.

O sensitômetro utiliza um gerador trifásico e um tubo de raios X com anodo giratório com alvo de 17° de inclinação (*®Intecal*). O tubo de raios X é configurado na posição horizontal para permitir um alinhamento do feixe de radiação com a janela da blindagem de chumbo posicionada na direção vertical no banco óptico (Figura 1) (Yoshida et al., 1986).

Para testar o desempenho do sensitômetro utilizou-se a tela Lanex Fine (*®Eastman Kodak*) em combinação com um filme sensível à luz verde

(®/BF). O sistema banco óptico-filme foi posicionado em diversas distâncias da fonte de raios X e as exposições relativas no filme foram calibradas utilizando-se uma câmara de ionização (®Radcal Corporation). As distâncias fonte-filme foram selecionadas de maneira a obter-se uma variação de exposição no filme de acordo com uma série geométrica de razão 1,45 (Tabela 1). As exposições no filme foram realizadas utilizando-se 70 kVp com 2,5 mm de Al de filtração inerente, 10 mA de corrente no tubo e 0,16s de tempo de exposição. O filme foi processado automaticamente na temperatura de 37°C utilizando-se substâncias químicas produzidas pelo mesmo fabricante do filme. As densidades ópticas no filme foram determinadas a partir do uso de um densitômetro calibrado (®MRA).

O gradiente médio da curva característica e a latitude das exposições foram calculadas de acordo com a equação 1 sugerida pela Eastman Kodak (Eastman Kodak, 1963).

$$G_M = \frac{D_2 - D_1}{\log E_2 - \log E_1} \quad (1)$$

3. Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta as distâncias utilizadas entre a fonte e a combinação tela filme, as exposições obtidas em cada uma destas posições, o log das exposições relativas e as densidades óticas geradas. A Figura 4 apresenta as densidades óticas geradas no filme para cada uma das distâncias utilizadas na exposição do filme. A Figura 5 apresenta a relação gráfica entre as exposições relativas no filme e as densidades óticas produzidas.

Para as condições de processamento utilizado e tipo de filme, observou-se um valor médio de base mais fog (local não exposto do filme) de 0,29.

Tabela 1. Distâncias entre o filme e a fonte, exposições relativas, log das exposições relativas e densidades óticas geradas no filme. As incertezas representam o desvio padrão de 3 medições.

Distância fonte-filme (m)	Exposição relativa	Log da exposição relativa	Densidade óptica
0,57	1,00	0,00	3,58±0,02
0,69	1,45	0,16	3,29±0,01
0,83	2,10	0,32	2,84±0,03
1,00	3,04	0,48	2,52±0,01
1,20	4,41	0,64	1,79±0,02
1,45	6,39	0,80	1,52±0,03
1,74	9,26	0,97	0,98±0,01
2,10	13,43	1,13	0,60±0,02
2,53	19,47	1,29	0,53±0,01
3,05	28,23	1,45	0,42±0,03
4,42	40,93	1,61	0,33±0,02

Através da análise da curva característica do sistema tela-filme, utilizado para validar o sensitômetro de raios X proposto, observou-se um valor de gradiente médio de 2,1 e latitude de 0,21672μC/kg (0,84 mR).



Figura 4. Densidades óticas geradas no filme pelo sensitômetro de raios X de intensidade escalonada. Cada faixa de densidade ótica foi gerada de acordo com os valores de exposição apresentados na Tabela 1.

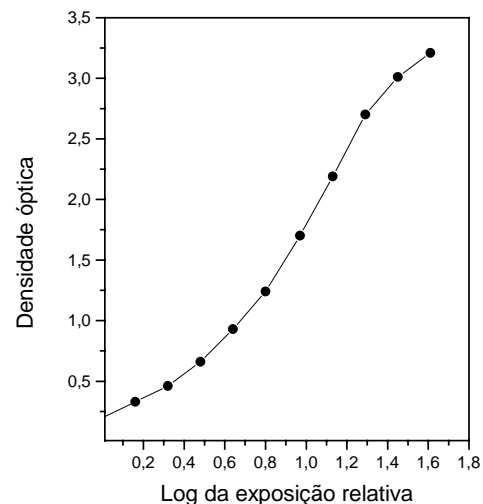


Figura 5. Curva característica gerada pelo sensitômetro de raios X de intensidade escalonada conforme dados apresentados na Tabela 1.

4. Conclusão

O sensitômetro de raios X de intensidade escalonada proposto neste trabalho permite obter uma curva característica completa dos sistemas tela-filme utilizados em radiodiagnóstico. O intervalo das distâncias entre a fonte de raios X e a combinação tela-filme permite gerar uma latitude de exposição necessária para produzir um intervalo útil de densidades óticas no filme. Ao contrário dos outros sensitômetros propostos que utilizam sistemas automatizados para gerar as densidades óticas no filme, este sistema é simples e de baixo custo. A reprodutibilidade das medidas sensitométricas depende apenas da exatidão na determinação das distâncias que a combinação tela-filme é posicionada ao longo do banco óptico. O sensitômetro proposto pode ser utilizado no controle de qualidade também ser

utilizado como um instrumento didático envolvendo o ensino da Física Médica.

Referências

- Bednarek D. R. and Rudin S. (1980), Comparison of modifield bootstrap and conventional sensitometry in medical radiography *Application of Optical Instrumentation in Medicine VIII*, SPIE vol 233(Bellingham, WA:SPIE) pp 2-6.
- Bencomo J. A. and Haus A. G. (1979), Comparison of intensity and time scale sensitometric methods for evaluating screen-film systems *Application of Optical Instrumentation in Medicine VII*, SPIE vol 173(Bellingham, WA:SPIE) pp 21-7.
- Eastman Kodak (1963), *Sensitometric Properties of X-ray films*. Rochester, NY: Eastman Kodak.
- Gorski W. J. and Plewes D. B. (1979), New Sensitometric method *Application of Optical Instrumentation in Medicine VII*, SPIE vol 173(Bellingham, WA:SPIE) pp 28-32
- Hale A. G. and Bloch P. (1978), Step- Wedge sensitometry, *Radiology* 128 820-1.
- Haus A. G. and Rossmann K. (1970), X-ray sensitometer for screen-film combinations used in medical radiology, *Radiology* 94 673-8.
- Maslov L. K., Gurvich A. M., Chikirdin E. G., Popova T.A. and Shevchenko V. N. (1988), Comparison of different methods of roentgen sensitometry, *Moskva Med. Tek.* 5 36-41.
- Wagner L. K, Barnes G. T., Bencomo J. A. and Haus A. G. (1983), An examination of errors in characteristic curve measurements of radiographic screen-film systems, *Med. Phys.*, 10, 365-9.
- Wagner L. K., Haus A. G., Barnes G. T., Bencomo J. A. and Amtey S. R. (1980), Comparison of methods used to measure the characteristic curve of radiographic screen-film systems, *Application of Optical Instrumentation in Medicine VIII*, SPIE vol 233(Bellingham, WA:SPIE) pp 7-10.
- Yester M. V., Barnes G. T. and King M. K. (1980), Kilovoltage bootstrap sensitometry, *Radiology*, 136, 785-6.
- Yoshida A., Hiraki Y., Ohkawa Y., Yamada T., Hasshimoto K. and Aono K. (1986), Modifield inverse square sensetometry for the determination of the characteristic curve of radiographic screen-film systemn, *Acta Med. Okayama*, 40 33-8.