

Estudo do desempenho de monitores LCD em radiologia com imagem digital

Study of performance of LCD display devices in radiology with digital imaging

Leandro D. Ribeiro, Tânia A. C. Furquim

Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo (SP), Brasil.

Resumo

O desempenho de monitores tem grande importância na qualidade da imagem de sistemas radiográficos digitais. Em ambientes sem filmes, tornou-se necessário implementar testes de aceitação e controle de qualidade em monitores usados para interpretação de imagens médicas. O objetivo deste estudo foi comparar o desempenho de cinco monitores comerciais de cristal líquido (LCD): quatro de classe primária (3 MP e 5 MP) e um de classe secundária (1,24 MP). Esses testes foram executados seguindo recomendações da publicação AAPM Report 03. A avaliação das imagens padrão considerou os seguintes parâmetros: distorções geométricas, uniformidade e resposta da luminância, contraste, reflexões, resolução e ruído. Os resultados indicam que há pouca diferença de desempenho entre os monitores primários. No entanto, o monitor Eizo 3 MP mostrou superioridade de resposta à luminância máxima e, mostrou-se similar em resolução aos de 5 MP avaliados. O monitor de classe secundária mostrou resposta inferior aos de classe primária, nos parâmetros: luminância máxima, resolução, ruído e reflexão. Essas medidas formam um passo necessário para caracterizar um monitor e decidir que monitor tem o melhor comportamento para cada aplicação médica. Os monitores que estão em uso clínico (classe primária) devem ser avaliados com frequência para garantir que mantenham um nível mínimo de desempenho.

Palavras-chave: radiologia; instrumentação; controle de qualidade; diagnóstico por imagem.

Abstract

The performance of display devices plays a significant role in the overall image quality of a digital radiographic system. Then, in a filmless environment it is necessary to implement acceptance and constancy tests on display devices used for interpretation of medical images. The objective of this study was to compare the performance of the five different commercial liquid crystal displays (LCD): four primary class (3 MP and 5 MP) and a secondary class (1,24 MP). These tests were executed following AAPM Report 03. The evaluation of test pattern considered these parameters: geometric distortions, luminance uniformity and response, contrast, reflections, resolution, and noise. The results indicated that the differences among the four primary class displays devices are small. Nonetheless, Eizo 3 MP showed superiority over all the others in maximum luminance and resolution similar to 5 MP displays. The secondary class showed reduced response compared with primary class in maximum luminance, resolution, noise and reflection. These measurements form a necessary step to characterizing a display device and decided what display device had a optimal behavior to each medical application. Displays devices that are in clinical (primary class) use should be evaluated on a regular basis to assurance that they maintain a minimum performance level.

Keywords: radiology, instrumentation, quality control, diagnostic imaging.

Introdução

A qualidade da imagem pode ser afetada por diversos fatores, começando com os dispositivos e processos de aquisição e incluindo a maneira como essas imagens são mostradas. Em radiologia digital, as funções de aquisição e visualização das imagens são completamente separadas tal que a avaliação e otimização da qualidade da imagem devem ocorrer nestes dois pontos do processo da obtenção da imagem. A análise desta qualidade também

depende do tipo de imagem que se quer obter, da modalidade a que se destina, uma vez que a radiografia digital se destina a diversos tipos de diagnóstico, como tórax, genitourinário, esqueleto, mamografia entre outros. Mas, há parâmetros básicos da qualidade da imagem que devem ser mantidos e aplicados a todos os exames diagnósticos¹.

Assim, o desenvolvimento de estudos que mostrassem a qualidade dos monitores na obtenção de diagnóstico tornou-se necessário. Como em cada etapa desta cadeia,

Correspondência: Leandro D. Ribeiro – Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo – Avenida Professor Luciano Gualberto, 1289 – Cidade Universitária – CEP 05508-010 – São Paulo (SP), Brasil – E-mail: lribeiro@iee.usp.br

devem-se executar testes de aceitação e de qualidade em monitores utilizados para interpretação de imagens médicas.

Os monitores devem fornecer imagem com densidade adequada de pixels para visualização de toda a imagem com detalhe espacial suficiente em uma distância de visualização normal de cerca de 30 a 60 cm.

Com base na necessidade de se avaliar os monitores para diagnóstico nas mais diversas aplicações radiológicas, este trabalho implementou os procedimentos do AAPM Report 03² em vários monitores a fim de definir suas propriedades antes de adotá-los para alguma modalidade de imagem específica.

Materiais e métodos

Avaliaram-se cinco estações de trabalho com monitores de três marcas distintas instalados no início de 2009 no Instituto do Câncer da Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo (ICESP). Destes, dois conjuntos de monitores de 3 mega pixels (MP) e dois conjuntos de 5 MP eram monitores de classe primária (dedicados a laudos médicos) e um de 1,24 MP de classe secundária (monitor comum, não dedicado).

Os testes foram desenvolvidos de acordo com as especificações da publicação AAPM Report 03. Os parâmetros analisados foram: distorção geométrica, reflexão, uniformidade e resposta de luminância, resposta de contraste, resolução, ruído e velamento por reflexão interna. Estes parâmetros e a forma de execução foram escolhidos de acordo com as especificidades de uso dos monitores de laudo do departamento de radiologia.

Com o auxílio de imagens padrão gravadas no PACS, os testes eram realizados visualmente ou através de medições de luminância com um fotômetro, dependendo da característica

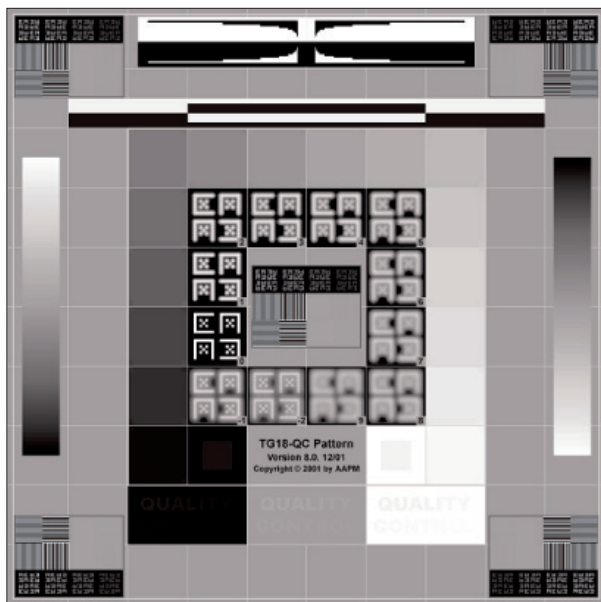


Figura 1. O padrão TG18-QC apresenta estruturas onde podem ser avaliados vários aspectos da imagem, dentre eles resolução e contraste

em estudo. Em seguida são apresentados brevemente os procedimentos utilizados para testar cada parâmetro.

Distorção geométrica

O teste de distorção geométrica é sugerido pelo report para ser executado somente em monitores de tubo de raios catódicos, já que monitores de cristal líquido (LCD) têm matriz fixa e não deformam a imagem. Porém, neste trabalho, esse teste foi realizado para verificar a proporção das imagens, ou seja, se o monitor exibia imagens achatadas, o que pode ocorrer caso a resolução não esteja corretamente configurada na placa de vídeo.

Este teste é feito utilizando-se a imagem padrão de teste TG18-QC (Figura 1) medindo regiões conhecidas anteriormente quadradas com uma régua flexível. A variação entre as medidas horizontal e vertical não pode exceder 2%.

Uniformidade da luminância

O teste de uniformidade da luminância verifica se há regiões da tela onde a intensidade luminosa varia para um mesmo tom de cinza.

Para tanto, foram utilizadas as imagens padrões de teste TG18-UNL80 (80% da luminância máxima) e TG18-UNL10 (10% da luminância máxima). Com um fotômetro, medem-se as regiões das quatro bordas e do centro, sendo que essas medidas não podem variar em mais de 30%.

Resposta de luminância e contraste

O teste de resposta de luminância e contraste indica se a luminância máxima ($L_{m\acute{a}x}$) do monitor é suficiente para visualização de imagens médicas ($L_{m\acute{a}x}$ deve ser maior que 170 cd/m^2) e se o nível de contraste está de acordo com o padrão DICOM GSDF (Nema PS 3.14-2007³), além de verificar, no caso de estações de trabalho com duas telas, a variação da luminância máxima entre elas, que não pode ser maior que 10%. À relação entre as luminâncias máxima e mínima atribui-se o parâmetro resposta de contraste (RC), o qual não pode ser < 250 .

Essa verificação é feita medindo-se com um fotômetro a luminância dos 18 níveis de cinza dos padrões de teste TG18-LN (Figura 2). A avaliação é feita em gráficos que relacionam a luminância e a variação da luminância (nível de contraste) com o índice JND (just noticeable difference - Nema PS 3.14-2007). Ambas as curvas não podem exceder o limite de 10% de diferença em relação ao padrão DICOM GSDF.

Reflexão

Existem dois tipos de reflexão que podem ser verificadas na tela de um monitor: a reflexão difusa e a especular. Ambas diminuem o contraste da imagem e são avaliadas com o monitor desligado.

Para a reflexão difusa, mede-se a luminância da tela do monitor desligado com um fotômetro encostado à tela. Convencionou-se chamar essa medida de luminância ambiente (L_{amb}), a qual não pode ser maior que $2/3$ do valor de luminância mínima do monitor.

No teste de reflexão especular, verifica-se se há algum objeto iluminado refletindo na tela desligada e, havendo, verifica-se visualmente se este objeto afeta o contraste do padrão de teste TG18-AD.

Resolução

O teste de resolução verifica a capacidade de o monitor mostrar a menor estrutura possível de uma imagem. Para tanto, verifica-se o aspecto da imagem padrão de teste TG18-CX (Figura 3), que apresenta elementos do tamanho do pixel do monitor.

Garantindo que a imagem esteja sendo visualizada em 100% de seu tamanho, usa-se uma lupa para analisar as pequenas estruturas comparando seu aspecto com os padrões numerados que estão relacionados com a tabela de RAR (resolution-addressability ratio), que não pode ser maior que 1, 15.

Ruído

O teste de ruído analisa se existem artefatos ou pixels defeituosos que possam comprometer a visualização de estruturas pequenas e com baixo nível de contraste na imagem.

Através da imagem padrão de teste TG18-AFC visualizada em seu tamanho natural, deve-se analisar se as estruturas em cada quadrante são visíveis. O padrão de teste apresenta pontos que variam em tamanho (2, 3, 4 e 6 pixels) e nível de contraste de quadrante para quadrante da imagem. A publicação AAPM Report 03 pede que pelo menos três dos quadrantes tenham todos os pontos visíveis.

Reflexão interna

Monitores apresentam um suporte de vidro ou acrílico sobre a camada fosforescente ou o cristal líquido. Esse suporte pode apresentar reflexões internas que podem prejudicar a visualização de estruturas escuras próximas de grandes áreas claras da imagem.

Para o teste de reflexão interna são utilizadas duas imagens padrões de teste: o padrão TG18-GV consiste de um disco branco sobre um fundo negro; este disco, por sua vez, apresenta um pequeno disco negro onde temos cinco estruturas de baixo contraste; o padrão TG18-GVN tem as mesmas estruturas de baixo contraste, porém não apresenta o disco branco. Primeiro verifica-se se as estruturas são visíveis no padrão TG18-GVN e depois quantas das estruturas ainda são visíveis no padrão TG18-GV, sendo que essa visualização deve ser feita com o uso de uma máscara que cubra completamente a região clara da imagem para evitar a adaptação natural do olho, o que pode comprometer o teste. No padrão TG18-GV devem ser visualizadas no mínimo três estruturas de baixo contraste.

Resultados

A maioria dos testes realizados tem caráter relativo, não gerando valores absolutos; portanto, os resultados de interesse neste trabalho são quanto à conformidade ou não com a publicação AAPM Report 03 em cada parâmetro testado.

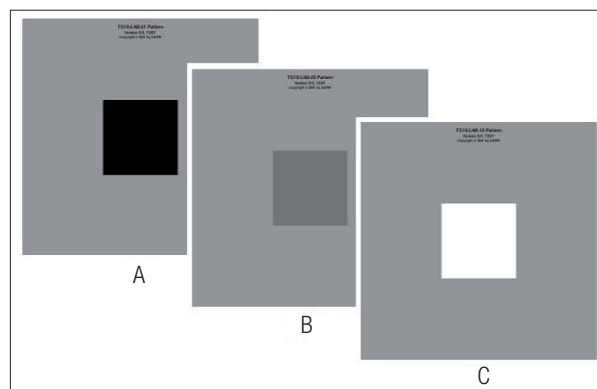


Figura 2. Padrões de teste de luminância TG18-LN8-01; (a) TG18-LN8-09; (b) e TG18-LN8-18; (c) que apresentam incrementos iguais de valores de luminância dos pixels cobrindo toda faixa de escala de cinzas.

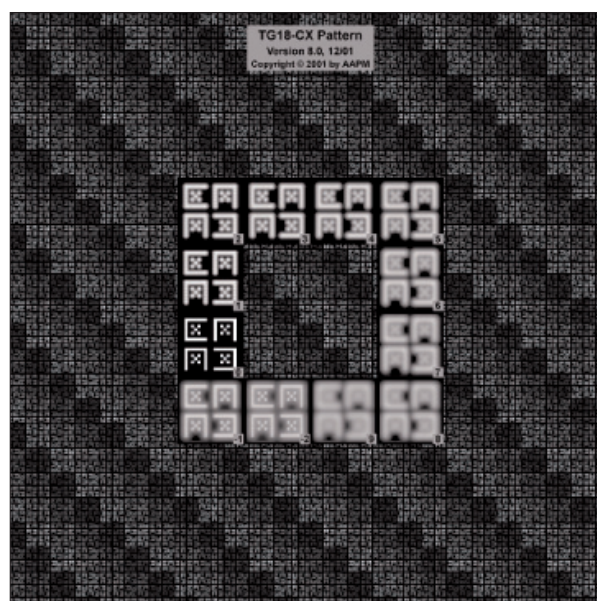


Figura 3. Padrão de teste para resolução TG18-CX.

Os valores medidos nesse teste de aceitação serão usados como linha de base no programa de controle de qualidade a ser executado posteriormente. A seguir, na Tabela 1, são apresentados os resultados para cada teste.

Discussão

Monitores de classe primária são utilizados para a interpretação de imagens médicas e são normalmente utilizados em determinadas especialidades médicas. Monitores de classe secundária são utilizados para a visualização de imagens médicas que não tenham como fim a interpretação médica. Nessa classe de monitores estão também as estações de trabalho de sistemas digitais onde as imagens são ajustadas antes de serem enviadas para o PACS ou impressora.

Como o uso dos monitores de classe secundária não exige tanta fidelidade na apresentação das imagens,

Tabela 1. Resultados de cada parâmetro testado divididos entre os cinco modelos de monitores avaliados, sendo que os limites se referem a monitores de classe primária e os limites entre parênteses se referem a monitores de classe secundária (quando diferentes do primeiro).

Teste	Limites	Resultados				
		AOC 1,24 MP	Eizo 3 MP	Barco 3 MP	Eizo 5MP	Barco 5 MP
Distorção geométrica	$\leq 2\%$ ($\leq 5\%$)	Todos os monitores apresentaram 0% de distorção				
Uniformidade de luminância	Não-uniformidade $\leq 30\%$	Não-uniformidade maior que 30%.	Todos os monitores dedicados apresentaram não uniformidade inferior a 20%			
	$L_{\text{máx}} \geq 170 \text{ cd/m}^2$ ($\geq 100 \text{ cd/m}^2$)	283 cd/m^2	1130 cd/m^2	760 cd/m^2	780 cd/m^2	835 cd/m^2
Resposta de luminância e Contraste	Resposta de Contraste ≥ 250 (≥ 100)	570	500	660	400	630
	Varição entre monitores $\leq 10\%$	Não-aplicável	Nenhum dos conjuntos de monitores dedicados apresentou variação maior que 5%			
	Varição em relação ao padrão DICOM GSDF $\leq 10\%$ ($\leq 20\%$)	Nenhum dos monitores apresentou não-conformidade				
Reflexão	Luminância ambiente $\leq 2/3$ da luminância mínima	Nenhuma estação de trabalho apresentou não-conformidade				
Resolução	$0 \leq Cx \leq 4$ ($0 \leq Cx \leq 6$).	$Cx = 1$	$Cx = 0$	$Cx = 1$	$Cx = 0$	$Cx = 0$
Ruído	Alvos de 3, 4 e 6 pixels visíveis (alvos de 6 e 4 pixels visíveis)	Todos os alvos de 4 e 6 pixels visíveis e 86% dos alvos de 3 pixels visíveis.	Todos os monitores dedicados apresentaram alvos de 3, 4 e 6 pixels visíveis			
Reflexão interna	3 ou mais alvos visíveis (1 ou mais alvos visíveis)	1 alvo visível	Em todos os monitores dedicados eram visíveis 5 alvos			

Cx: Parâmetro do dispositivo de teste TG18-CX para avaliar resolução

como é o caso dos de classe primária, os limites exigidos para estes monitores são menos restritivos.

Os resultados mostram que os monitores de classe primária apresentam resultados bastante superiores aos de classe secundária. A luminância máxima de um monitor secundário chega a apenas 37% do pior resultado dos monitores primários além de apresentar maior nível de ruído e muito mais reflexão.

Quando se compara o desempenho entre os próprios monitores primários, percebe-se que o monitor Eizo 3 MP chega a ter luminância máxima de até 68 % a mais que os demais, porém isso não o leva a apresentar o melhor contraste. Com relação a ruído, não há uma distinção perceptível entre eles.

Uma vez que possuem matrizes diferentes, o resultado de resolução mostra que o monitor Eizo 3 MP apresenta o mesmo resultado que os de 5 MP, podendo assim ser utilizado em muitas especialidades que necessitam de maior resolução, apesar de que estes testes têm caráter subjetivo, necessitando de implementação de um teste que apresente um valor absoluto para que esta afirmação possa ser feita com maior rigor.

Conclusão

Os resultados indicam que há pouca diferença de desempenho entre os monitores primários. No entanto, o monitor Eizo 3 MP mostrou superioridade de resposta à

luminância máxima e, mostrou-se similar em resolução aos de 5 MP avaliados. O motivo desta similaridade pode ser a baixa sensibilidade do testes a diferenças pequenas entre características de monitores de mesma classe, sendo necessária, por tanto, a implementação de testes que apresentem valores absolutos das características dos equipamentos.

O monitor de classe secundária mostrou resposta inferior aos de classe primária, nos parâmetros: luminância máxima, resolução, ruído e reflexão. Essas medidas formam um passo necessário para caracterizar um monitor e decidir que monitor tem o melhor comportamento para cada aplicação médica. Os monitores que estão em uso clínico (classe primária) devem ser avaliados com frequência para garantir que mantenham um nível mínimo de desempenho.

Referências

1. Krupinski EA, Williams MB, Andriole K, Strauss KJ, Applegate K, Wyatt M, *et al.* Digital radiography image quality: image processing and display. *J Am Coll Radiol.* 2007;4(6):389-400.
2. Samei E, Badano A, Chakraborty D, Compton K, Cornelius C, Corrigan K, *et al.* Assessment of display performance for medical imaging systems: Executive summary of AAPM TG18 report. *Med Phys.* 2005;32(4):1205-25.
3. National Electrical Manufacturers Association. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 14: Grayscale Standard Display Function. PS 3.14-2000. Rosslyn, VA: National Electrical Manufacturers Association; 2001.