

Avaliação do contraste-detalhe em sistemas digitais de equipamentos de hemodinâmica.

Contrast-detail evaluation in digital systems of hemodynamics equipments.

Michel F. F. Francisco¹, Renata B. Ferraz de Camargo², Tomie Hirayama², Itamar G. Rocha², Silvio R. Pires¹⁻³.

¹Programa de Pós-Graduação em Gestão e Informática em Saúde - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

²Ion Consultoria em Radioproteção e Radiações Ionizantes Ltda, São Paulo, Brasil

³Departamento de Oncologia Clínica e Experimental - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

Resumo

Há uma preocupação constante dos profissionais da área sobre a qualidade da imagem (QI) gerada por equipamentos de hemodinâmica. Para garantir essa qualidade é necessário que os equipamentos passem por testes de qualidade de imagem, sendo um desses o teste de contraste-detalhe. Com isso, esse trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um protocolo para contribuir na tomada de decisões do físico médico para a análise do contraste-detalhe em equipamentos de hemodinâmica utilizando o dispositivo de teste da Leeds Test Objects, o TO20. Os procedimentos de aquisição e análise das imagens desenvolvidos por esse trabalho foram aplicados em um equipamento de hemodinâmica (Philips – Azurion Clarity IQ) no momento de aceite e após seis meses de sua instalação. Por meio dessas análises, obtivemos o valor do índice de qualidade Q igual a 1,028 e o valor do índice de qualidade normalizado Qn igual a 1,063. Em relação aos valores obtidos, o detector de imagem em análise encontra-se em conformidade com o esperado de acordo com os níveis de desempenho adotado. O teste de contraste-detalhe apresentado demonstra ser uma ferramenta útil no auxílio de tomadas de decisões nos laudos técnicos de desempenho dos equipamentos intervencionistas.

Palavras-chave: Hemodinâmica; radiologia intervencionista; contraste-detalhe; limiar de contraste; índice de qualidade; hemodinâmica.

Abstract

There is a constant concern of the professionals of the area about the image quality (IQ) generated by hemodynamic equipment. In order to guarantee this quality it is necessary that the equipment undergo tests of image quality, one of these being the contrast-detail test. The aim of this study was to develop a protocol to contribute to the medical physicist decision making for contrast-detail analysis in hemodynamic devices using the Leeds Test Objects, the TO20 test device. The procedures for image acquisition and analysis developed by this work were applied to a hemodynamic device (Philips - Azurion Clarity IQ), at the time of acceptance and after six months. By means of these analyzes, we obtain the value of Q equal to 1.028 and the value Qn equal to 1.063. In relation to the values obtained, the image detector under analysis is in accordance with the expected according to the performance levels adopted. The contrast-detail test presented is a useful tool to aid decision making in the performance reports of interventional equipment.

Keywords: Hemodynamics; interventional radiology; contrast-detail; contrast threshold; quality index; hemodynamics.

1. Introdução

A radiologia intervencionista vem ganhando cada vez mais destaques à medida que tratamentos menos invasivos são desenvolvidos e a tecnologia torna-se cada vez mais sofisticada (1).

A modalidade de hemodinâmica, também conhecida por radiologia intervencionista, é fundamentalmente composta por equipamentos de fluoroscopia. Esses aparelhos operam com técnicas que obtêm imagens de raios X dinâmicas, através de um feixe contínuo ou pulsado com informações captadas por um dispositivo de detecção de imagens (2).

Os detectores atualmente utilizados são Intensificadores de Imagem (II) e *Flat Panel* (FP), porém os II estão sendo substituídos paulatinamente por detectores FP (3). Há uma preocupação constante dos profissionais da área sobre a qualidade da imagem (QI) gerada por esses detectores. A qualidade interfere diretamente na eficiência dos

procedimentos realizados na hemodinâmica (angiografias e angioplastias) (4).

Para garantir essa eficiência, é necessário que os equipamentos passem por testes de controle de qualidade periodicamente. Dentre os testes previstos temos os testes de alto e baixo contraste responsáveis na determinação do limiar de detecção de parâmetros nos detectores.

O teste de contraste-detalhe se destaca pois determina o limiar de baixo contraste em relação ao tamanho do detalhe visualizado. Um aspecto fundamental na detecção de pequenas estruturas de diferentes contrastes (como os vasos sanguíneos em procedimentos de angiografia).

O teste relaciona o desempenho da imagem à exposição aos raios X usada para adquirir a imagem. A estatística quântica dos raios X define a relação sinal-ruído da imagem e, portanto, a detectabilidade dos detalhes que podem ser medidos através da determinação do limiar de contraste C_t , i.e., o

contraste mínimo necessário para que atinja o limiar de visibilidade (5,6).

Define-se a variável índice de detecção Ht como o produto inverso do limiar de contraste Ct com a raiz quadrada da área do detalhe A , como segue (7):

$$Ht(A) = [Ct(A) \cdot A^{1/2}]^{-1} \quad (1)$$

Através da análise da curva de Ht em função de $A^{1/2}$ podemos ter uma descrição do desempenho da imagem. A teoria prevê que, para um sistema perfeito de imagens, o índice de detecção Ht deverá ser constante independentemente do tamanho do detalhe sendo definido apenas pela estatística quântica dos raios X.

Na prática, uma redução no Ht ocorre para detalhes grandes devido a mecanismos de processamento visual e para detalhes pequenos devido à falta de nitidez inerente do sistema de imagem (5-8).

As fontes de ruído inerentes e outras limitações nos processos de aquisição e exibição de imagens também contribuem para a redução em Ht do nível definido teoricamente pelo número de quantum de raios X incidentes. O teste envolve, portanto, muitos dos fatores que definem o desempenho geral efetivo da imagem incluindo a resposta visual do observador e a eficiência da transferência de informação da imagem para o observador (5,6).

Este artigo tem como objetivo o desenvolvimento de um protocolo para contribuir na tomada de decisões do físico médico na análise do contraste-detalhe em equipamentos de hemodinâmica, utilizando o dispositivo de teste da *Leeds Test Objects*, o TO20 (7). O manual do fabricante do dispositivo e protocolos internacionais (9-11) não deixam claras as condutas que devem ser tomadas após as aquisições das medidas. Com isso, tornou-se necessário o desenvolvimento de um protocolo.

2. Materiais e Métodos

Para a realização dos testes foi utilizado o dispositivo da *Leeds Test Objects* - TO 20, que consiste de uma placa circular de 250 mm de diâmetro e 10 mm de espessura, composto de 144 detalhes circulares, dispostos em fileiras de 12 contrastes, conforme observado na figura 1.

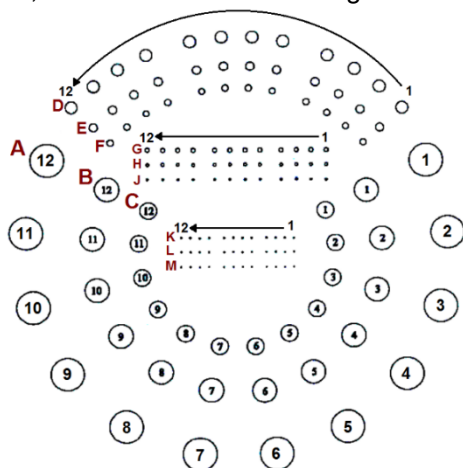


Figura 1. Dispositivo de contraste-detalhe - TO 20 - Leeds Test Objects.

A tabela 1 descreve os 12 detalhes e seus respectivos diâmetros (mm). Os detalhes são apresentados por 12 níveis de contrastes.

Tabela 1. Descrição dos detalhes do objeto de estudo.

Detalhe:	A	B	C	D	E	F
Diâmetro (mm):	11,1	8,0	5,6	4,0	2,8	2,0

Detalhe:	G	H	J	K	L	M
Diâmetro (mm):	1,4	1,0	0,7	0,5	0,35	0,25

Na tabela 2 conseguimos identificar esses valores de contrastes, para imagens geradas com tensão de 75 kVp e pré-filtração de 1,5 mm de cobre (7).

Tabela 2. Valores de contrastes referente a 75 kVp com uma pré-filtração de 1,5mm de cobre.

Detalhe/ posição	A, B, C	D, E, F	G, H, J	K, L, M
1	0,0532	0,0693	0,1920	0,9240
2	0,0354	0,0532	0,1340	0,6550
3	0,0201	0,0301	0,0782	0,3300
4	0,0188	0,0282	0,0693	0,2980
5	0,0136	0,0188	0,0532	0,1920
6	0,0095	0,0136	0,0354	0,1340
7	0,0076	0,0095	0,0282	0,1020
8	0,0058	0,0076	0,0188	0,0693
9	0,0038	0,0058	0,0136	0,0532
10	0,0026	0,0038	0,0095	0,0354
11	0,0019	0,0026	0,0076	0,0282
12	0,0014	0,0019	0,0058	0,0188

Neste trabalho, utilizou-se o equipamento da *Philips – Azurion Clarity IQ* sediado em um hospital de referência em radiologia intervencionista da cidade de São Paulo para a realização do teste proposto e para exemplificar a metodologia.

Foram realizados os testes de controle de qualidade previstos em protocolos nacionais para avaliar as condições do equipamento antes da coleta de imagens e dados. A tabela 3 apresenta os testes de aceite realizados e suas avaliações de acordo com a Portaria 453 (14).

Tabela 3. Os testes de aceite e suas avaliações

Teste	Avaliação
Exatidão da tensão	Conforme
Reprodutibilidade da tensão	Conforme
Camada semirredutora	Conforme
Taxa de Kerma no ar típica e máxima	Conforme
Tempo acumulado de fluoroscopia	Conforme
Resolução de alto contraste	Conforme*
Resolução de baixo contraste	Conforme*

*não consta teste específico para FP na portaria 453, porém a avaliação foi feita de acordo com o manual do fabricante do dispositivo de teste.

A tomada dos dados deu-se em dois momentos: junto à realização dos testes anuais, logo após a instalação (testes de aceite) e na realização dos testes semestrais (seis meses após os testes de aceite). Foram avaliadas as imagens de dois monitores - um localizado no comando e outro na sala de procedimentos.

Os procedimentos de aquisição e análise das imagens foram desenvolvidos de acordo com o manual do fabricante⁷, manuais de dispositivos semelhantes (12,13), trabalhos relacionados ao tema (5-8) e com a prática adquirida com o dispositivo.

2.1 Procedimentos para aquisição da imagem de teste

- Adquirir imagens com dispositivo posicionado a um metro do foco do equipamento, próximo ao detector e com filtração de 1,5 mm de cobre na saída do colimador do tubo.
- O FOV selecionado deve permitir a visualização de todas as estruturas (~25 cm).
- Utilizar protocolos de aquisição mais utilizados na rotina: modo automático de exposição, nível de dose (alto, normal, baixo); protocolo clínico (cardíaco, cerebral, arterial); tipo de exposição (número de pulsos/s).
- Repetir sempre as mesmas técnicas (protocolos e processamentos digitais), como condição de aquisição das imagens em medidas futuras.

2.2 Procedimentos para a análise

- Durante a escopia, registrar o número de detalhes detectáveis para cada tamanho de detalhe.
- Observar os limiares de contraste em até 2 metros de distância do monitor para detectar os detalhes de maiores dimensões e utilizar distâncias próximas ao monitor para visualizar os detalhes de menores tamanhos.
- Manter o monitor na posição vertical, com o centro no nível dos olhos (ou abaixo dele).
- Padronizar o ajuste do nível de contraste, brilho e ampliação, para a melhor visualização possível.
- Repetir o mesmo teste em todos os monitores.

2.3 Análise

Após o registro dos detalhes detectáveis e determinação do limiar de contraste pelos valores fornecido pelo fabricante, calculamos o Ht através da equação 1. Assim, podemos plotar os valores de Ht em relação a $A^{1/2}$, que descrevem o desempenho geral da imagem de um sistema. Com os valores de Ht definidos, pode-se determinar o índice de qualidade da imagem por meio da expressão:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Ht}{H_{Tref}} \quad (2)$$

O índice de qualidade Q é composto pelo Ht medido; Ht referência, medida obtida no aceite do equipamento, quando o detector está em sua alta performance; e n , número de detalhes do objeto (neste caso 12 detalhes).

A QI de um sistema depende diretamente da taxa de kerma de entrada no detector. À medida que a taxa de dose é aumentada, o ruído quântico será reduzido, permitindo uma visualização mais fácil dos detalhes de baixo contraste. O índice de qualidade Q precisa ser modificado por um fator de normalização de dose para comparar diferentes sistemas, e, até mesmo um único sistema devido a diferentes taxas

de kerma na entrada do detector. A normalização da dose é baseada no ruído quântico que é inversamente proporcional à raiz quadrada do número de fótons detectados, ou sua taxa de dose de entrada. Para normalização dessa dependência com a taxa de kerma na entrada do detector, o índice de qualidade normalizado Qn será calculado com a equação 3:

$$Qn = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Ht}{H_{Tref}} \sqrt{\frac{D_{ref}}{D}} \quad (3)$$

Onde D é a dose obtida na entrada do detector; e D_{ref} é a dose referência obtida no aceite. A tabela 4 apresenta a classificação dos níveis de desempenho para o teste de contraste-detalhe e foi desenvolvido para esse trabalho seguindo critérios avaliados pelo trabalho do D. J. GALLACHER⁵. Deve-se notar que o índice Qn não deve ser testado isoladamente de outros parâmetros do sistema.

Tabela 4. Classificação dos níveis de desempenho para o índice de qualidade.

Classificação	Índice de qualidade (Q)
Conforme	≥0,8
Não conforme	<0,8

3. Resultados

Antes de realizar o teste de contraste-detalhe, foram realizados testes de performance do equipamento de hemodinâmica. A tabela 5 apresenta os testes de aceite realizados e suas avaliações de acordo com a Portaria 453¹⁴.

Tabela 5. Os testes de aceite e suas avaliações

Teste	Avaliação
Exatidão da tensão	Conforme
Reprodutibilidade da tensão	Conforme
Camada semirredutora	Conforme
Taxa de Kerma no ar típica e máxima	Conforme
Tempo acumulado de fluoroscopia	Conforme
Resolução de alto contraste	Conforme*
Resolução de baixo contraste	Conforme*

*não consta teste específico para FP na portaria 453, porém a avaliação foi feita de acordo com o manual do fabricante do dispositivo de teste.

Realizamos o teste de contraste-detalhe abordado pelo trabalho, nos testes de aceite e seis meses após a instalação. Na tabela 6 temos os dados de aquisição das imagens.

Tabela 6. Parâmetros de aquisição das imagens do teste.

Protocolo	Aceite	Após 6 meses
	Cardio HDR	Cardio HDR
DFD (cm)	100	100
Atenuador (Cu - mm)	1,5	1,5
Nível de dose	Médio	Médio
Tipo de exposição (frames/segundo)	15	15
Campo (cm)	27	27
Tensão (kVp)	65	64
Corrente (mA)	6,5	5,6
Taxa de dose de entrada (mGy/min)	1,355	1,268

Na tabela 7 temos os valores de H_t (obtidos através da equação 1) para cada detalhe no teste de aceite e após seis meses. Os monitores do equipamento (sala e comando) apresentaram a mesma contagem de detalhes.

Tabela 7. Os valores de H_t para cada detalhe, no teste de aceite e após de 6 meses.

Detalhe	Aceite		Após 6 meses	
	Número visualizado	H_t	Número visualizado	H_t
A	3	3,08	3	3,08
B	4	6,39	4	6,39
C	4	9,13	4	9,13
D	4	8,53	4	8,53
E	4	12,19	4	12,19
F	4	15,52	4	15,52
G	5	11,39	4	8,74
H	4	12,24	4	12,24
J	4	17,49	3	11,96
K	4	5,99	5	9,04
L	4	8,55	4	8,55
M	3	8,70	4	11,98

Segundo a análise, os valores de H_t realizados no aceite do equipamento tornam-se referência (H_{tref}) para futuras medidas. O gráfico (figura 2) a seguir descreve a curva dos valores de $\log_{10} H_t$ pelo $\log_{10} A^{1/2}$ nos dois períodos. Observamos variações dos índices de contraste nos detalhes maiores quando comparamos as aquisições do teste de aceite e após 6 meses da instalação. Sabemos que quanto maior o H_t , melhor a detecção da estrutura visualizada.

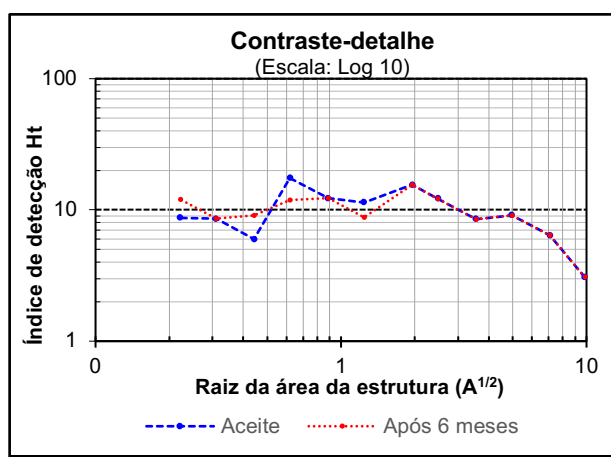


Figura 2. Parâmetros de aquisição das imagens do teste.

O resultado do índice de qualidade (Q) obtido foi de 1,028 e do índice de qualidade normalizado com a dose (Q_n) foi de 1,063 que representa um ajuste de 3% no valor do índice de qualidade. Esses resultados mostram que o sistema como um todo, desde a produção da imagem, passando pelo detector de imagem, até a visualização do sinal detectado apresenta resultado de conformidade de acordo com o nível de desempenho apresentado na tabela 4.

4. Discussão

Tanto os testes de aceite, quanto os de controle de qualidade, apresentaram avaliações em conformidade com as normativas vigentes. Além dos testes exigidos nacionalmente pela resolução normativa da Portaria 453 (14), foram realizados testes da QI, sendo um destes testes o abordado por este trabalho. Como a Portaria 453 (14) descreve que os testes de imagem em equipamentos de fluoroscopia devem ser realizados com uma periodicidade de seis meses, realizamos o teste de QI após seis meses com as mesmas condições e parâmetros do teste de aceite, como orientado neste trabalho.

Temos que estar conscientes que existem parâmetros que não nos permitem o total controle e garantia de mesmas condições na aquisição de imagens. Os equipamentos de Hemodinâmica possuem o modo de exposição automático (AEC) e, com isso, parâmetros como kVp e mA, são difíceis de serem reproduzidos nos demais testes ao longo do tempo.

O observador tem um papel fundamental na visualização e, por isso, é orientado que no início da implementação o teste de contraste-detalhe seja realizado com mais de um observador e que respeite todas as orientações dos procedimentos para análise descrita na metodologia deste trabalho para uma melhor acuidade.

A análise deste dispositivo sofre influência de todo processo da formação da imagem, detector, monitores, AEC, rendimento, taxa de dose, entre outros. Com isso, esse teste tem que ser analisado junto com outros para um estudo completo do desempenho do equipamento.

O equipamento de estudo demonstrou estar em conformidade em todos os testes normalizados e no teste de contraste-detalhe proposto no trabalho. Vimos que quando normalizamos a dose, o índice de qualidade teve um ajuste de 3%. Considerando os possíveis erros de medida e a dificuldade de estipular esses erros, essas normalizações devem ser analisadas ao longo do tempo, pois podem ter uma influência considerável no valor de Q_n . Por não termos o total controle e garantia de obtenção da mesma técnica (kVp e mAs) e rendimento (mGy/mAs) do equipamento, esta normalização se torna necessária para a correção do valor do índice de qualidade. Consideramos que esta normalização seja feita ao menos nos testes anuais do equipamento.

5. Conclusões

O teste de contraste-detalhe apresentado demonstra ser uma ferramenta útil no auxílio de tomada de decisões nos laudos técnicos de performance dos equipamentos intervencionistas. A proposta de análise deste trabalho tem a finalidade de auxiliar o físico médico na avaliação da continuidade do desempenho do sistema de imagem.

É fundamental que a rede de equipamentos de hemodinâmica passe por monitoramento constante de avaliação da qualidade. O dispositivo TO 20 tem a habilidade de mensurar, de forma geral e quantitativa, a qualidade da imagem desde a produção dos raios X até o diagnóstico, por meio da identificação visual do contraste-detalle.

Referências

1. Dance DR, Christofides S, Maidment ADA, Mclean ID. Diagnostic radiology physics: a handbook for teachers and students. Vienna, International Atomic Energy Agency; 2014.
2. James AE, Perry S, Warner SE, Chapman JE, Zaner RM. The diffusion of medical technology: free enterprise and regulatory models in the USA. *Journal of Medical Ethics*. 1991; 17(3):150-155.
3. Pitorri RC. Avaliação da qualidade da imagem e taxa de exposição na cardiologia intervencionista [dissertação]. Universidade de São Paulo; 2013.
4. Gottschall CAM. 1929-2009: 80 anos de cateterismo cardíaco – uma história dentro da história. *Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva*. 2009; 17(2):246-268.
5. Gallacher DJ, Mackenzie A, Batchelor S, Lynch J, Saunders JE. Use of a quality index in threshold contrast detail detection measurements in television fluoroscopy. *The British Journal of Radiology*. 2003; 76(1):464–472.
6. Walsh C, Gorman D, Byrne P, Larkin A, Dowling A, Malone J F. Quality assurance of computed and digital radiography systems. *Radiation Protection Dosimetry*. 2008; 129(1–3): 271–275.
7. Leds test objects. "User manual TO20"; 2011.
8. Cowen AR, Clarke OF, Coleman NJ, et al. Leeds X-ray Test Objects Instruction Manual, Leeds: FAXIL, The General Infirmary; 1992.
9. International Atomic Energy Agency. "Quality Assurance Programme for Digital Mammography." Vienna; 2011.
10. Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica, Sociedad Española de Radiología Médica. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. Senda Editorial, S.A. Madrid; 2011.
11. American Association of Physicists in Medicine. "Acceptance Testing and Quality Control of Photostimulable Storage Phosphor Imaging Systems."; 2006.
12. Leds test objects. "User manual TOR 18 FG"; 2014.
13. Leds test objects. "User manual TO10"; 2014.
14. Ministério da Saúde. "Portaria SVS/MS nº453." Brasília; 1998.

Contato:

Michel Felipe Franco Francisco
Universidade Federal de São Paulo.
Rua Napoleão de Barros, 715 - Vila Clementino, São Paulo - SP, 04024-002.
E-mail: michel3f@outlook.com