

Procedimentos de Controle da Qualidade em Equipamentos de Ultrassonografia modo Doppler

Procedures for quality control in Doppler ultrasound equipment

Alexandre S. Capaverde¹, Juliana Pimentel¹, Ana Paula P. Froner¹,
Ana Maria Marques da Silva²

¹Hospital São Lucas, PUCRS, Porto Alegre, Brasil
²Faculdade de Física, PUCRS, Porto Alegre, Brasil

Resumo

Diferentes recomendações internacionais sugerem a aplicação de programas de controle da qualidade em equipamentos de ultrassom. Porém, procedimentos e valores de referência para testes em modo *Doppler* ainda não estão bem definidos. Este trabalho tem como objetivo apresentar os procedimentos quantitativos e qualitativos de controle da qualidade para equipamentos de ultrassonografia em modo *Doppler*. Foram realizados os seguintes testes: Sensibilidade do sinal *Doppler*; Sensibilidade do Fluxo Colorido; Sensibilidade da Profundidade do Fluxo; Coerência entre a imagem no modo B e a de Fluxo Colorido; Discriminação direcional; Acurácia da velocidade de fluxo e Acurácia do Posicionamento do volume amostral. Os valores encontrados servirão como uma linha de base para comparações de desempenho ao longo do tempo.

Palavras-chave: ultrassonografia; ultrassom; ecografia; controle da qualidade; CQ; Doppler.

Abstract

Different international recommendations suggest an application of quality control programs in ultrasound equipments. However, procedures and reference values for Doppler test are not yet well defined. This work aims to present quantitative and qualitative tests for evaluation of quality control at Doppler ultrasound equipments. The following tests were performed: Doppler Signal Sensitivity; Color Flow Sensitivity; Flow Sensitivity at Depth; Color Flow B-Mode Image Congruency; Directional Discrimination; Accuracy of Flow Velocity Readout and Accuracy of Sample Gate Positioning. The values found will be used as baseline for comparisons over time.

Keywords: *ultrasonography; ultrasound; quality control; QC; Doppler.*

1. Introdução

Procedimentos de controle da qualidade (CQ) em equipamentos de ultrassonografia vêm sendo propostos por organismos internacionais, como a AAPM e ACR^{1,2}. Estas publicações sugerem avaliações em modo brilho (B)¹ e em modo *Doppler*². Porém, as avaliações em modo *Doppler* não estão bem definidas e são recomendados somente testes qualitativos.

Thijssen e colaboradores^{3,4} sugerem a realização de testes qualitativos e quantitativos de CQ em modo B e em modo *Doppler*. Particularmente no caso da avaliação do modo *Doppler*, são utilizados diferentes simuladores com dispositivos de testes específicos^{4,5} ou dispositivos de teste que simulem o fluxo sanguíneo⁶, para avaliação quantitativa.

Este trabalho tem como objetivo apresentar os procedimentos quantitativos e qualitativos de controle da qualidade para equipamentos de ultrassonografia em modo *Doppler* utilizando um simulador comercial, assim como a avaliação de desempenho realizada em um equipamento.

2. Materiais e Métodos

As imagens foram adquiridas em um equipamento *Logiq E9*, fabricado pela *General*

Electric (GE), utilizando um transdutor convexo com uma frequência de 5,0 MHz. O simulador utilizado foi o 1430 *LE Mini-Doppler Flow System* (Figura 1), fabricado pela empresa *Gammex*⁷.



Figura 1. Simulador 1430 LE Mini-Doppler Flow System⁷.

O simulador consiste em um mimetizador de tecido e um sistema de fluxo com um controlador eletrônico, desenvolvido para medir a qualidade de transdutores de alta frequência, sistemas de aquisição de pequenas partes e intracavitárias, contraste, resolução temporal e linearidade do sistema⁷.

Para isto, possui dispositivos de teste para medidas tanto no modo B, quanto no modo *Doppler*. Neste trabalho, são apresentados os procedimentos e avaliações somente dos dispositivos relacionados ao modo *Doppler*.

Para simulação do fluxo sanguíneo, o simulador possui um tubo com 4,0 mm de diâmetro, e um controlador de fluxo baseado em microprocessador que produz vazões de 1,0 ml/s a 10,0 ml/s com precisão de 1,5% ao longo de toda a escala⁷. Através deste sistema é possível produzir dois modos de fluxo: Contínuo ou Pulsado. A Figura 2 apresenta um esquema da distribuição dos dispositivos de teste no interior do simulador⁷. O simulador possui tubos que simulam vasos sanguíneos dispostos em a 90° e a 35°.

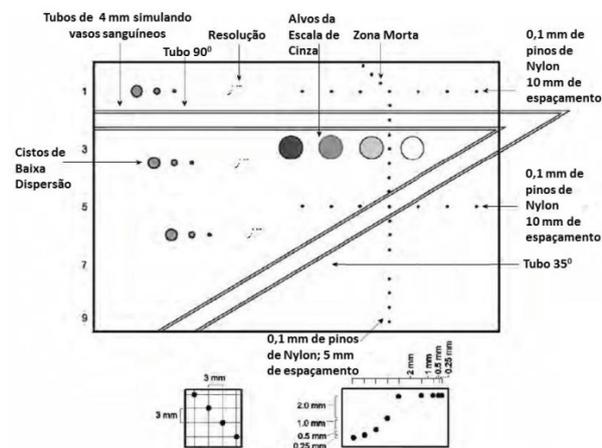


Figura 2. Esquema representativo da distribuição dos dispositivos de teste no interior do simulador⁷.

Os testes recomendados pelo fabricante do simulador para avaliação do modo *Doppler* são: (1) Sensibilidade do sinal *Doppler*; (2) Sensibilidade do fluxo colorido; (3) Sensibilidade da profundidade do fluxo; (4) Congruência da imagem no modo B e na cor de fluxo; (5) Discriminação direcional; (6) Acurácia da velocidade de fluxo; (7) Acurácia do posicionamento do volume amostral.

Foram realizadas 10 aquisições de imagens para cada teste recomendado conforme orientação do manual do simulador⁷. As análises foram realizadas no próprio *software* do equipamento de ultrassom.

2.1. Sensibilidade do sinal *Doppler*

Determina a profundidade na qual o sinal *Doppler* útil é detectado⁷. Para tanto, mede-se o alcance máximo no qual o sinal *Doppler* é detectado no vaso inclinado, a partir da região mais próxima do transdutor, através do sinal *Doppler* audível e do espectro do sinal *Doppler* visualizado na tela⁷. Estes dois parâmetros, para diferentes valores de fluxo, indicam a sensibilidade do sinal *Doppler*. Pode ser avaliado com fluxo contínuo ou pulsado.

2.2. Sensibilidade do fluxo colorido

Avalia a partir de qual profundidade a informação de fluxo colorido pode ser recebida, para diferentes

valores de fluxo, no vaso inclinado⁷. Este teste é similar ao teste de profundidade máxima de penetração realizada para o modo B. Pode ser avaliado com fluxo contínuo ou pulsado.

2.3. Sensibilidade da profundidade do fluxo

Determina a menor taxa de fluxo que pode ser detectada a uma dada profundidade, no vaso inclinado. Pode ser avaliado com fluxo contínuo ou pulsado.

2.4. Coerência entre a imagem no modo B e a imagem de fluxo colorido

Verifica se a imagem do vaso no modo B está localizada na mesma posição do sinal *Doppler*. O fluxo deve preencher as paredes do vaso e não devem sobrepor-se às paredes⁷. Recomendada uma avaliação com fluxo contínuo.

2.5. Discriminação direcional

O fluxo pode se mover para uma posição mais próxima ou mais distante do transdutor. Este teste avalia a capacidade do equipamento em exibir com precisão a direção e o sentido do fluxo. Com o transdutor perpendicular ao fluxo no vaso horizontal, deve-se regular o transdutor até que as paredes superior e inferior do vaso sejam visíveis. Neste ponto, o artefato de alargamento espectral deve ser igualmente positivo e negativo e a magnitude do sinal deve ser a mesma⁷. Recomendada uma avaliação com fluxo contínuo e com uma baixa velocidade.

2.6. Acurácia da velocidade do fluxo

Este teste compara diferentes valores de velocidade obtidos no equipamento com os valores disponíveis no manual, a partir da conversão da taxa de fluxo em velocidade do fluxo⁷. Pode ser avaliado com fluxo contínuo ou pulsado.

2.7. Acurácia do posicionamento do volume amostral

O *volume amostral* indica a região no espaço a partir da qual as informações *Doppler* são coletadas para análise⁷. Para tanto, posiciona-se o cursor em diferentes locais ao longo do vaso do simulador e mede-se a velocidade, sendo que o maior valor deve ocorrer quando o cursor estiver posicionado no centro. Recomendada a avaliação com fluxo contínuo.

3. Resultados

Para cada teste foi obtida uma imagem para avaliar os parâmetros descritos anteriormente (Figura 3). A Figura 3(A) mostra a imagem utilizada para avaliação da Sensibilidade do sinal *Doppler*; (B) Sensibilidade do fluxo colorido; (C) Sensibilidade da profundidade do fluxo; (D) e (E) Coerência entre a imagem no modo B e fluxo colorido; (F) Discriminação direcional; (G) Acurácia da velocidade de fluxo e (H) Acurácia do posicionamento do volume amostral.

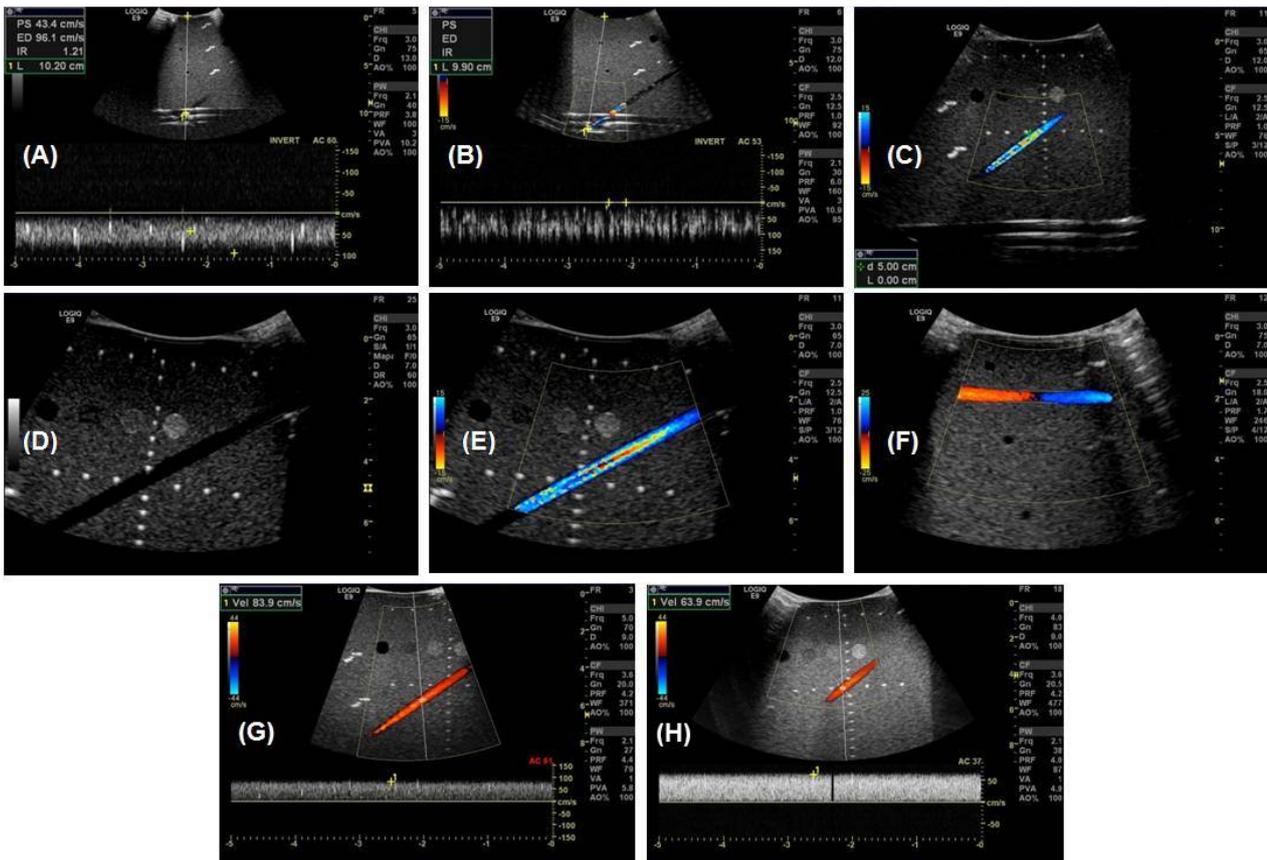


Figura 3. Imagens obtidas para os testes de CQ no equipamento de ultrassom modo *Doppler*. (A) Sensibilidade do sinal *Doppler*; (B) Sensibilidade do fluxo colorido; (C) Sensibilidade da profundidade do fluxo; (D) e (E) Coerência entre a imagem no modo B e fluxo colorido; (F) Discriminação direcional; (G) Acurácia da velocidade de fluxo e (H) Acurácia do posicionamento do volume amostral.

No teste de sensibilidade do sinal *Doppler* foram testados três valores de fluxo: 2,5 ml/s; 5,0 ml/s e 10,0 ml/s.

Para o teste de sensibilidade do fluxo colorido foram mantidos os mesmos parâmetros do teste anterior, sendo adquiridos os mesmos três valores de fluxo.

O teste de sensibilidade da profundidade do fluxo foi avaliado a uma profundidade de 5,0 cm no interior do simulador, conforme recomendado⁷. Foram testadas outras duas profundidades de 6,5 cm e de 8,5 cm.

A avaliação da coerência entre a imagem do modo B e a de fluxo colorido foi realizada de forma visual, em diferentes posições do vaso no interior do simulador. Este teste foi avaliado nos dois pontos de angulação do vaso dentro do simulador (90° e a 35°).

O teste de discriminação direcional foi avaliado de forma similar ao teste anterior de forma visual. Este teste também foi avaliado a 90° e a 35°.

O teste de acurácia da velocidade do fluxo foi realizado com os seguintes valores no simulador, em ml/s: 1,5; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0. Os valores de velocidade medidos no equipamento foram comparados com os dados fornecidos pelo manual do simulador, que utiliza uma tabela de conversão de fluxo (ml/s) para velocidade estimada (cm/s)⁷.

Para o teste de acurácia do posicionamento do volume amostral foram avaliados diferentes valores de fluxo e registrados os valores de

velocidade fornecidos pelo equipamento quando o cursor era posicionado em diferentes regiões do vaso. Estas regiões foram: centro; superior e inferior. Os valores de fluxo testados, em ml/s, foram: 2,5; 5,0 e 10,0.

Os resultados de cada um dos testes encontram-se na Tabela 1, que apresenta a média obtida das 10 medidas realizadas e o desvio padrão.

4. Discussão

Foram realizados os testes de CQ em um equipamento de ultrassom em modo *Doppler*, utilizando um simulador comercial. Para aquisição das imagens foi utilizado um transdutor convexo com 5,0 MHz. Apesar das recomendações internacionais não apresentarem uma proposta de padronização, os testes realizados por este trabalho são equivalentes aos encontrados em outras publicações^{4,5,6}.

Os resultados obtidos serão utilizados como valores de referência ou linha de base para futuras avaliações do mesmo equipamento. Devido à falta de valores de referência nas recomendações internacionais^{1,2}, é importante que parâmetros de qualidade, como aqueles encontrados neste trabalho, sejam obtidos regularmente pelos serviços de diagnóstico por imagens.

Tabela 1. Resultados dos testes de CQ em ultrassom modo *Doppler*.

Sensibilidade do sinal <i>Doppler</i>	Profundidade média (cm)	Fluxo 1 (2,5 ml/s)	Fluxo 2 (5,0 ml/s)	Fluxo 3 (10,0 ml/s)		
		10,8 (\pm 0,2)	11,3 (\pm 0,2)	11,9 (\pm 0,2)		
Sensibilidade do fluxo colorido	Profundidade média (cm)	Fluxo 1 (2,5 ml/s)	Fluxo 2 (5,0 ml/s)	Fluxo 3 (10,0 ml/s)		
		9,99 (\pm 0,2)	11,0 (\pm 0,1)	11,6 (\pm 0,2)		
Sensibilidade da profundidade do fluxo	Menor valor de fluxo detectado (ml/s)	Profundidade 1 (5,0 cm)	Profundidade 2 (6,5 cm)	Profundidade 3 (8,5 cm)		
		0,1	0,1	0,1		
Coerência entre a imagem no modo B e a imagem de fluxo colorido		Avaliação de forma visual entre as duas imagens obtidas				
Discriminação direcional		Avaliação de forma visual na imagem obtida				
Acurácia da velocidade de fluxo	Velocidade média medida (cm/s)	Fluxo 1 (1,5 ml/s)	Fluxo 2 (2,5 ml/s)	Fluxo 3 (5,0 ml/s)	Fluxo 4 (7,5 ml/s)	Fluxo 5 (10,0 ml/s)
		31,2 (\pm 0,5)	49 (\pm 2)	87 (\pm 2)	120 (\pm 4)	154 (\pm 4)
	Velocidade estimada (cm/s)	31	47	85	114	143
	Erro percentual	1%	3%	2%	5%	7%
Acurácia do posicionamento do volume amostral	Velocidade média no centro (cm/s)	Fluxo 1 (2,5 ml/s)	Fluxo 2 (5,0 ml/s)	Fluxo 3 (10,0 ml/s)		
		36 (\pm 2)	62 (\pm 3)	109 (\pm 5)		
	Velocidade média na parede superior (cm/s)	31,9 (\pm 0,8)	51 (\pm 5)	80 (\pm 5)		
	Velocidade média na parede inferior (cm/s)	35 (\pm 2)	56 (\pm 2)	100 (\pm 2)		

5. Conclusões

Neste trabalho foram apresentados os procedimentos quantitativos e qualitativos de controle da qualidade para equipamentos de ultrassonografia em modo *Doppler* utilizando um simulador comercial

Pretende-se, com a aplicação regular dos testes de CQ, acompanhar o desempenho de transdutores e equipamentos ao longo do tempo, viabilizando a detecção de problemas precocemente e o planejamento para reposição de equipamentos de ultrassom modo *Doppler*.

A mesma metodologia proposta está sendo aplicada para diferentes transdutores, como os lineares e setoriais, além de sua aplicação em diferentes equipamentos.

Agradecimentos

Ao Hospital São Lucas da PUCRS por disponibilizar os equipamentos para realização deste trabalho.

Referências

1. Goodsitt, M. M.; et al. Real-time B-mode ultrasound quality control test procedures. Report of AAPM Ultrasound Task Group No. 1. Med. Phys. 25 (8), August 1998.

2. American College of Radiology. ACR technical standard for diagnostic medical physics performance monitoring of real time ultrasound equipment. Technical Standard. 2011.
3. Thijssen, J. M., Weijers, G., Korte, C. L. Objective performance testing and quality assurance of medical ultrasound equipment. Ultrasound in Med. & Biol. Vol. 33 (3), pp. 460-471, 2007.
4. Thijssen, J. M., Wijk, M. C., Cuypers, M. H. M. Performance testing of medical echo/Doppler equipment. European Journal of Ultrasound. Vol. 15, pp. 151-164, 2002.
5. Walker, A. et al. Accuracy of spectral Doppler flow and tissue velocity measurements in ultrasound systems. Ultrasound in Med. & Biol. Vol. 30 (1), pp. 127-132, 2004.
6. Coiado, O. C., Costa, E. T. Simuladores para medição de fluxo de líquidos por efeito Doppler para controle de qualidade de equipamentos de ultra-sonografia. Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2008.
7. Gammex. 1430 LE Mini-Doppler Flow System. User's Guide. USA, 2013.

Contato:

Alexandre da Silva Capaverde
Hospital São Lucas da PUCRS. Av. Ipiranga, 6690,
Centro de Diagnóstico Por Imagem (CDI) – Térreo.
Jardim Botânico, Porto Alegre (RS), Brasil. CEP:
90610-000
alexandre.capaverde@acad.pucrs.br