

# Implementación y puesta en marcha de un programa de control de calidad en ecografía. Un trabajo multidisciplinar

## Implementation and start-up of a quality control program in ultrasonography. A multidisciplinary work

Teresa Monserrat Fuertes<sup>1\*</sup>, Belén Fernández González<sup>1</sup>, Bonel Argüelles García<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Física Médica y Protección Radiológica. Hospital Universitario Central de Asturias. Oviedo.

<sup>2</sup> Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Central de Asturias. Oviedo.

Fecha de Recepción: 08/08/2012 - Fecha de Aceptación: 11/03/2013

El Servicio de Física Médica y Protección Radiológica, en colaboración con el Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Universitario Central de Asturias, ha desarrollado y puesto en marcha un programa de control de calidad en ecografía modo B y Doppler.

Se presenta en este trabajo el protocolo de control de calidad desarrollado y se describen los maniqués utilizados y las pruebas realizadas. Además, se exponen los resultados obtenidos tras el primer año de implantación del programa, así como las conclusiones a las que hemos llegado tras la experiencia: las ventajas que, a nuestro entender, conlleva la puesta en marcha del programa y los inconvenientes con que nos hemos encontrado.

La colaboración entre el radiólogo y el radiofísico es esencial, pues permite optimizar las condiciones en que se lleva a cabo el control, adecuándolas a las establecidas en la práctica clínica.

**Palabras clave:** ecografía modo B, ecografía Doppler, control de calidad.

The Department of Medical Physics and Radiation Protection, in collaboration with the Department of Radiodiagnostics of the Central University Hospital of Asturias, has developed and implemented a quality control program in B-mode and Doppler ultrasound. This paper presents the quality control protocol that has been developed and describes the phantoms used and the tests that have been carried out. We also present the results obtained after the program's first year of implementation and the conclusions drawn from the experience: the improvements that, in our view, the program has brought and the problems we have encountered. Close collaboration between radiologists and physicists is essential to optimize control conditions, which must match conditions found in clinical practice as accurately as possible.

**Key words:** B-mode ultrasound, Doppler ultrasound, quality control.

## Introducción

La ecografía es una técnica básica en diagnóstico por imagen, muy habitual en los servicios de radiodiagnóstico. Es, por tanto, de gran importancia asegurar que la calidad de imagen permanece estable en el tiempo y no se aleja de las condiciones óptimas establecidas en el momento de la adquisición del equipo.

Cuando se produce una degradación brusca de la imagen, esta suele ser rápidamente detectada por el radiólogo; sin embargo, la pérdida de calidad de la imagen no siempre se produce de manera repentina. En muchas ocasiones, este deterioro es gradual y no

perceptible para el profesional que trabaja con el equipo día tras día. Llevar a cabo controles periódicos de la calidad de imagen nos permite detectar posibles degradaciones paulatinas de la misma, antes incluso de que lleguen a afectar a los estudios clínicos.

En lo que respecta a los modos Doppler color y onda pulsada, es importante comprobar la precisión en las medidas de ángulos y de velocidades, así como la fidelidad de la representación de los espectros de velocidades y de la señal de audio asociada, para evitar diagnósticos erróneos. Un mal funcionamiento del ecógrafo en alguno de estos aspectos no siempre es fácil de detectar en la práctica clínica.

\* Correspondencia  
Email: temonsfmpr@gmail.com



propuestas por la Asociación Americana de Física Médica (AAPM)<sup>1</sup>.

En lo que respecta al modo Doppler, nos hemos guiado por los procedimientos propuestos por el fabricante del maniquí<sup>†</sup>.

Los resultados obtenidos en el primer control que realizamos de cada ecógrafo se toman como medidas de referencia. Los parámetros de visualización (frecuencia de la sonda, foco, rango dinámico, etc.) que se escogen para realizar las pruebas de este control de referencia son cuidadosamente seleccionados para optimizar la imagen. Además, se anotan para reproducirlos en exámenes posteriores y poder así llevar a cabo un control de constancia del funcionamiento del equipo y de la calidad de imagen. Tras una reparación del equipo o siempre que, por cualquier circunstancia, las condiciones de funcionamiento del ecógrafo hayan sido modificadas, habrá que tomar una nueva referencia.

El tipo de estudio escogido (abdomen, músculo esquelético, etc.) es el más utilizado en la práctica clínica para cada sonda en particular. Repetir todas las pruebas para cada uno de los programas clínicos que tiene el equipo no resultaría viable debido a la gran cantidad de tiempo que requeriría la realización del control. Además, para asegurar que las condiciones en las que está trabajando el equipo no han cambiado, consideramos que es suficiente realizar el control para un único programa clínico.

En la bibliografía<sup>1,2,‡</sup> se recomienda para estas pruebas una periodicidad mínima anual.

Siempre que sea posible, es deseable contar durante la realización del control con la presencia y colaboración del facultativo usuario del ecógrafo.

Las pruebas de que consta el control se describen a continuación.

### **Modo B (Maniquí *ATS Model 549 General&Small Parts*)**

En cada una de las pruebas en modo B se anotarán los valores que optimicen la imagen para los siguientes parámetros:

- Tipo de estudio (abdomen, mama, músculo esquelético, etc.)
- Frecuencia (MHz)
- Ganancia (dB)
- Rango dinámico (dB)
- Foco (cm)
- Profundidad de campo (cm)

<sup>†</sup> Technical paper. CIRS Doppler String Phantom. Model 043. Agosto 2006.

<sup>‡</sup> ACR Technical Standard for Diagnostic Medical Physics Performance Monitoring of Real Time Ultrasound Equipment, 2011.

### **Examen preliminar del sistema**

Consiste en una inspección cuidadosa del conjunto del sistema (enchufes, monitor, frenos...). Se buscan posibles daños externos en el panel de control, el monitor y las sondas, que podrían traducirse en un mal funcionamiento del equipo.

Se toma nota de cualquier anomalía que se detecte.

### **Búsqueda de cristales piezoeléctricos defectuosos**

Se analiza la imagen que dan las sondas sin maniquí, recorriendo su superficie con un clip o algún otro objeto metálico en busca de posibles artefactos debidos a la presencia de cristales piezoeléctricos defectuosos.

Si alguno de los elementos piezoeléctricos de la sonda está defectuoso, producirá en la imagen un artefacto en forma de línea oscura perpendicular a la superficie de la sonda.

Se toma nota de cualquier artefacto de este tipo que se observe y de su posición en la imagen.

### **Medida de la zona muerta**

La zona muerta es la distancia desde la superficie del transductor hasta el primer eco identificable en el maniquí/paciente.

La existencia de la zona muerta se debe a que el sistema de imagen no puede enviar y recibir datos al mismo tiempo. Las sondas ecográficas actúan tanto de antenas emisoras como de antenas receptoras de los pulsos de US. Por tanto, mientras la sonda está enviando un pulso no puede recibir ecos; este tiempo muerto hace que no se puedan obtener datos de la región más cercana a la superficie del transductor.

A medida que aumentamos la frecuencia, la longitud del pulso de ultrasonidos (US) disminuye y, por tanto, la profundidad de la zona muerta se reduce (si el resto de factores permanece sin cambios).

### **Procedimiento**

Se coloca la sonda sobre la superficie superior del maniquí (según la fig. 1) y se obtiene una imagen del grupo de blancos que sirven para evaluar la zona muerta. Este grupo se compone de 9 blancos lineales, que se visualizan como puntos en la imagen. El primero de ellos está situado 2 mm bajo la superficie del maniquí. Los siguientes están espaciados cada mm, hasta una profundidad de 10 mm.

Se escoge una zona focal lo más superficial posible.

Se ajusta la ganancia para que los ecos del fondo sean apenas visibles.

Hay que evitar que la ganancia de compensación de tiempos (TGC) en esa zona sea demasiado alta, dado que esto reduciría el contraste de las estructuras respecto al fondo.

Usando los cursores electrónicos, se mide la distancia entre el primer blanco observado y el eco producido por la superficie del maniquí. El valor resultante será la profundidad de la zona muerta.

Se registra este dato.

### Tolerancias

El espesor de la zona muerta debería cumplir con los requisitos mínimos detallados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Tolerancias para el espesor de la zona muerta en función de la frecuencia del transductor

Frecuencia central del transductor (MHz)	Zona muerta (mm)
$\leq 3$	$< 7$
$3 < f < 7$	$< 5$
$\geq 7$	$< 3$

La zona muerta de cada sonda debe permanecer constante de un control al siguiente, siempre que se utilicen los mismos ajustes del ecógrafo.

### Medida de la zona focal

La zona focal es la región en torno al punto focal en la cual la intensidad de imagen y la resolución lateral son máximas. Dependiendo del ecógrafo y de la sonda con que estemos trabajando, podremos escoger foco simple o foco múltiple. Siempre que sea posible, se seleccionará foco simple para esta prueba.

### Procedimiento

- Se coloca el transductor sobre el grupo de blancos verticales (véase la fig. 1) hasta que se obtenga una imagen nítida. Se congela la imagen. Se observa que los blancos no se visualizan como puntos, sino como líneas horizontales. La longitud de la línea indica la anchura del haz de US a esa profundidad.
- Se mide la profundidad a la que se encuentra el punto más estrecho y se compara la medida obtenida con el foco escogido.
- Se repite el procedimiento para varias distancias focales.
- Se registran los datos obtenidos.

### Tolerancias

La profundidad de la zona focal medida debería coincidir con la profundidad del foco seleccionado.

Dado que no se han encontrado tolerancias para esta prueba en la bibliografía, se considera el resulta-

do aceptable si la diferencia entre la profundidad del foco medido y la profundidad del foco seleccionado no supera la distancia entre focos contiguos que el equipo permite seleccionar. Por ejemplo, si el equipo permite ir variando el foco cada centímetro, tomamos 1 cm como tolerancia para la distancia focal. Esta tolerancia depende, por tanto, de la sonda y de la profundidad a la que estemos trabajando.

### Sensibilidad

La sensibilidad o máxima profundidad de penetración de un equipo de US determina la profundidad de la señal de eco más débil que puede ser detectada y visualizada con claridad.

### Procedimiento

- Se coloca el transductor sobre el grupo de blancos anecoicos de 8 mm hasta obtener una imagen nítida.
- Se selecciona la profundidad de campo máxima.
- Se escoge una zona focal lo más profunda posible.
- Se deben buscar los valores de ganancia y de TGC que optimicen la visualización de la zona más profunda del maniquí.
- Se congela la imagen. Se mide con los cursores electrónicos la profundidad del último blanco observado.
- Se registra este dato.

### Tolerancias

El último blanco observado debe verse con los bordes bien diferenciados del entorno, con forma circular y sin ecos internos.

La sensibilidad de cada sonda debe permanecer constante de un control al siguiente, siempre que se utilicen los mismos ajustes del ecógrafo.

Se recomienda contactar con el servicio técnico del equipo si la profundidad de penetración varía en 0.6 cm o más respecto al valor de referencia. En nuestro caso, dado que los blancos con los que evaluamos la sensibilidad están espaciados 2 cm, contactaremos con el servicio técnico si observamos un blanco menos que en el control anterior.

### Resolución funcional y uniformidad de la imagen

La resolución funcional es la capacidad del sistema para detectar y mostrar en la misma imagen estructuras no ecogénicas de distintos tamaños y formas y a distintas profundidades.

### Procedimiento

- Se coloca el transductor sobre las estructuras anecoicas hasta obtener una imagen nítida.

- Si es posible, se analizan las imágenes utilizando foco simple y múltiple, hasta encontrar el que optimice la imagen.
- Se ajustan la ganancia global y la TGC para obtener un brillo del fondo moderado y constante con la profundidad.
- Se congela la imagen y se determina el primer y el último blanco de cada tamaño que se observa con claridad. Debido a la configuración del haz de US, las estructuras más pequeñas podrían no verse en campo cercano.
- Se examina toda esta zona para determinar si existen áreas de no-uniformidad, artefactos o distorsión geométrica en la imagen de las estructuras.
- Se registran los datos.

### Tolerancias

Las estructuras deberían verse circulares y con los bordes bien definidos, indicando una transición brusca entre la región ecogénica y la no ecogénica.

Las estructuras anecoicas no deberían mostrar ecos internos. Pueden aparecer artefactos brillantes en sus bordes superior e inferior, que son reflexiones especulares normales.

La resolución funcional del ecógrafo y la uniformidad de la imagen deben permanecer constantes de un control al siguiente, si se utilizan los mismos ajustes.

### Calibración de medidas de distancias

Los errores en la medida de las distancias no siempre son evidentes y pueden pasar desapercibidos. La precisión en la medida de distancias se lleva a cabo comparando la distancia medida entre dos blancos del maniquí con la distancia real, conocida.

La calibración de la distancia vertical determina la precisión con la que se miden distancias a lo largo del eje del haz de US, y las medidas de distancia horizontal son las perpendiculares al haz de US. Las distancias en el eje horizontal se miden, además, a varias profundidades.

### Procedimiento

- Se coloca la sonda sobre el grupo de blancos verticales u horizontales, según corresponda.
- Se optimiza la imagen y se congela.
- Se mide la distancia con los cursores electrónicos y se compara con la distancia real, conocida.
- Se registran los datos.

### Tolerancias

Se recomienda contactar con el servicio técnico del equipo si:

- La desviación en la medida de distancias verticales es mayor de 1.5 mm o del 1.5% de la distancia real.

- La desviación en la medida de distancias horizontales es mayor de 2 mm o del 2% de la distancia real. La medida de distancias del sistema debe permanecer constante de un control al siguiente, si se utilizan los mismos ajustes del ecógrafo.

### Resolución axial y lateral

La resolución axial del equipo es la separación mínima que debe haber entre dos objetos cercanos situados a lo largo del eje del haz de US para que el sistema los resuelva separadamente, mientras que la resolución lateral define la habilidad del equipo para resolver objetos cercanos en un eje perpendicular al haz de US.

En el maniquí, los puntos blanco están espaciados 4.0, 3.0, 2.0, 1.0 y 0.5 mm, tanto en el eje axial como en el lateral. El último punto del grupo de blancos axiales coincide con el último punto del grupo de blancos laterales.

### Procedimiento

- Se coloca el transductor sobre el grupo de blancos de resolución axial-lateral hasta que se obtenga una imagen nítida, y se congela la imagen.
- Se apunta el número de blancos que se ven separados del resto, tanto en el eje axial como en el lateral.
- Se repiten las medidas para todas las profundidades disponibles.
- Se registran los datos.

### Tolerancias

En general, la resolución axial debería ser:

- $\leq 1$  mm para transductores con frecuencias centrales mayores de 4 MHz.
- $\leq 2$  mm para transductores con frecuencias centrales menores de 4 MHz.

En general, la resolución lateral debería cumplir los requisitos mínimos detallados en la tabla 2.

**Tabla 2.** Tolerancias para la resolución lateral en función de la profundidad y de la frecuencia del transductor

Profundidad (cm)	Frecuencia del transductor (MHz)	Espaciado entre blancos más próximos diferenciables (mm)
>10	<3.5	$\leq 4$
<10	$3.5 \leq f < 5$	<3
<10	$\geq 5$	<1.5

La habilidad del sistema para resolver blancos muy cercanos a profundidades fijas debe mantenerse constante de un control al siguiente, si se utilizan los mismos ajustes del ecógrafo.

## Rango dinámico

Un ecógrafo recibe información en forma de ecos de las señales de US enviadas al interior del maniquí/paciente, y procesa esta información para convertirla en una imagen 2D.

En particular, el sistema de procesamiento de la escala de grises utiliza la amplitud de los ecos recibidos para ajustar el brillo de la imagen. El ajuste de la señal de eco requerido para pasar del nivel más bajo de gris al más alto es el rango dinámico. En la práctica clínica, el sistema de procesamiento de la escala de grises y el rango dinámico permiten visualizar en la misma imagen ecos de distintas amplitudes.

Para realizar esta prueba el maniquí ATS consta de 6 estructuras cilíndricas (circulares en la imagen ecográfica) con ecogenicidades de -15 dB, -6 dB, -3 dB, +3 dB, +6 dB y +15 dB respecto al fondo, respectivamente.

## Procedimiento

- Se coloca el transductor sobre el grupo de blancos de la escala de grises (sobre la superficie lateral derecha del maniquí, según la fig. 1) hasta obtener una imagen nítida, y se congela.
- Se analiza la imagen para determinar si las estructuras se ven circulares, con los bordes nítidos y con el brillo variando gradualmente entre cada estructura y la siguiente. Se anota la presencia o ausencia de cualquier sombra tras las estructuras.
- Se registran los resultados.

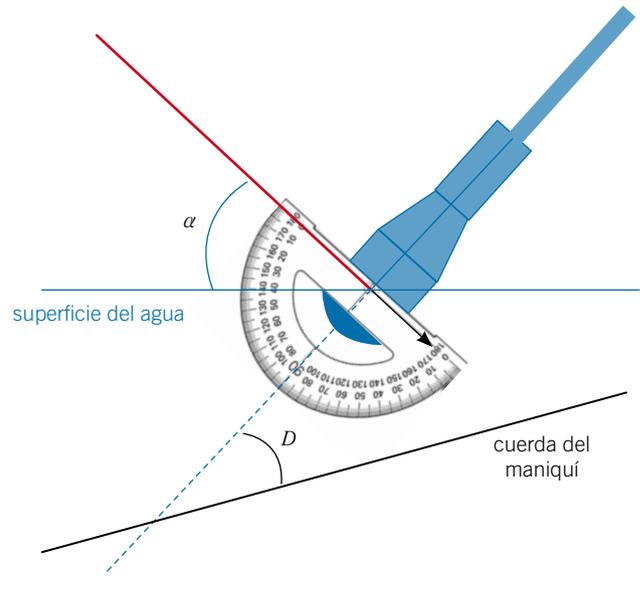
## Tolerancias

Las estructuras deben verse circulares y el brillo debe variar gradualmente entre cada estructura y la siguiente.

El procesamiento de la escala de grises debe mantenerse constante de un control al siguiente, si se utilizan los mismos ajustes del ecógrafo.

## Modo Doppler (Maniquí *CIRS Doppler String Phantom*)

Un ecógrafo nos permite obtener información sobre la velocidad y el sentido de desplazamiento de objetos ecogénicos en movimiento (por ejemplo los glóbulos rojos de la sangre) basándose en el efecto Doppler, es decir, en el cambio aparente de frecuencia de una señal cuando existe un movimiento relativo



**Fig. 3.** Sistema de medida del ángulo Doppler. Se mide el ángulo  $\alpha$  que forma la superficie de la sonda con la superficie del agua. El ángulo Doppler entre el haz de ultrasonidos y la cuerda del maniquí es, por construcción:  $D=75^\circ - \alpha$ .

entre fuente (flujo sanguíneo) y observador (transductor del ecógrafo).

El ángulo Doppler es el ángulo que forma el eje de la sonda con la cuerda del maniquí (ángulo D en la fig. 3). Cuanto mayor es el ángulo Doppler, mayor es el error que se comete en la estimación de la velocidad de la fuente. Por este motivo no se recomienda hacer medidas de velocidades Doppler a ángulos superiores a los 60°.

Para las pruebas del modo Doppler el único parámetro de calidad de imagen que anotamos es el tipo de estudio (abdomen, mama, etc.), ya que las medidas de color de flujo, dirección y velocidades no deberían verse afectadas por los parámetros de la imagen en modo B. Esto no significa que no haya que optimizar dichos parámetros para obtener una buena calidad de imagen en modo B, a la que se superpone la imagen de color o de medida del ángulo para onda pulsada.

## Registro del color y discriminación de dirección

Por convenio la escala de colores Doppler va del rojo, cuando la fuente se acerca al observador, al azul, cuando se aleja.

## Procedimiento

- Se escoge una forma de onda continua.

- Sujetando la sonda con la mano y sumergiendo su superficie en el agua, se comprueba que el color Doppler es el correcto. Es decir, situando la sonda sobre la parte de la cuerda que sube, la cuerda debe verse roja, y situándola sobre la parte de la cuerda que baja, la cuerda debe verse azul. Se comprueba además que el color Doppler se visualiza sobre la imagen de la cuerda en modo B.
- Se aumenta la velocidad de la cuerda hasta salirnos de escala, y se comprueba que la señal de color se satura (aparecen colores amarillos y verdes). Ajustando la escala a la nueva velocidad, el color de flujo sobre la cuerda debería volver al rojo/azul.
- Posteriormente, se instala la pinza del maniquí y se sujeta la sonda con ella, haciendo que quede sumergida toda la superficie transductora y asegurándonos de ver claramente la cuerda en la imagen en modo B. Se selecciona una forma de onda conocida (por ejemplo, sinusoidal) y se observa, además del color Doppler, el espectro y la señal de audio. Se comprueba que las tres representaciones son fieles al movimiento de la cuerda.
- Se registran los resultados.
- Se mide de forma manual el ángulo Doppler (véase la fig. 3) y se compara con la medida realizada con el ecógrafo.
- Se repite el procedimiento para varios ángulos Doppler, entre los 30° y los 60° (que es la franja de ángulos que se recomienda utilizar en la práctica clínica).
- Se registran los resultados.

## Medida de la velocidad Doppler

### Procedimiento

- Para varias velocidades constantes, se mide la velocidad Doppler que proporciona el ecógrafo y se compara con la velocidad real de movimiento de la cuerda.
- Se repite esta prueba para distintos ángulos Doppler.
- Se registran los resultados.

### Tolerancias de las pruebas Doppler

En las pruebas Doppler cualitativas (registro del color y discriminación de dirección), debe observarse una respuesta constante del equipo entre un control y el siguiente.

En lo que respecta a las pruebas Doppler cuantitativas (sensibilidad Doppler y medidas de ángulo y velocidades) no se han encontrado valores de tolerancia en la bibliografía. Esperamos, tras haber podido realizar varios controles al mismo equipo, deducir unos niveles de acción razonables para estos parámetros.

## Sensibilidad Doppler

La sensibilidad Doppler del ecógrafo es la profundidad máxima a la que es capaz de registrar el color.

### Procedimiento

- Se escoge una forma de onda continua.
- Se sujeta la sonda a mano alzada y se sumerge, situándola en la vertical de la cuerda. Se observa el color Doppler superpuesto a la imagen de la cuerda en modo B. Posteriormente se va desplazando la sonda manualmente hacia la zona de mayor profundidad de la cuerda, hasta que se pierda la señal Doppler.
- Se congela la imagen y se mide con los cursores electrónicos la profundidad de la cuerda en ese punto.
- Se registra este dato.

NOTA: En estas dos primeras pruebas el ángulo Doppler no es relevante. Sin embargo, como se explicó anteriormente, nunca se recomienda trabajar con ángulos superiores a los 60°.

## Medida del ángulo Doppler

### Procedimiento

- Se sumerge la sonda en el agua situándola en la vertical de la cuerda y sujetándola con la pinza del maniquí.

## Resultados y discusión

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en los controles tras el primer año de implantación de este protocolo.

Hasta el momento se han realizado controles en 19 ecógrafos con un total de 40 sondas (20 sondas lineales y 20 sondas convex), pertenecientes a los servicios de radiodiagnóstico del Sistema de Salud del Principado de Asturias, y distribuidos en las siguientes casas comerciales:

- Toshiba: 16.
- General Electric: 2.
- Siemens: 1.

De los 19 ecógrafos controlados, 7 se encontraban en perfecto estado de funcionamiento, y en el resto las anomalías más frecuentes que se detectaron fueron:

- Cristales piezoeléctricos defectuosos (6 sondas).
- Falta de capacidad de focalización de la sonda a profundidades altas (mayores de 7 cm) (6 sondas convex).

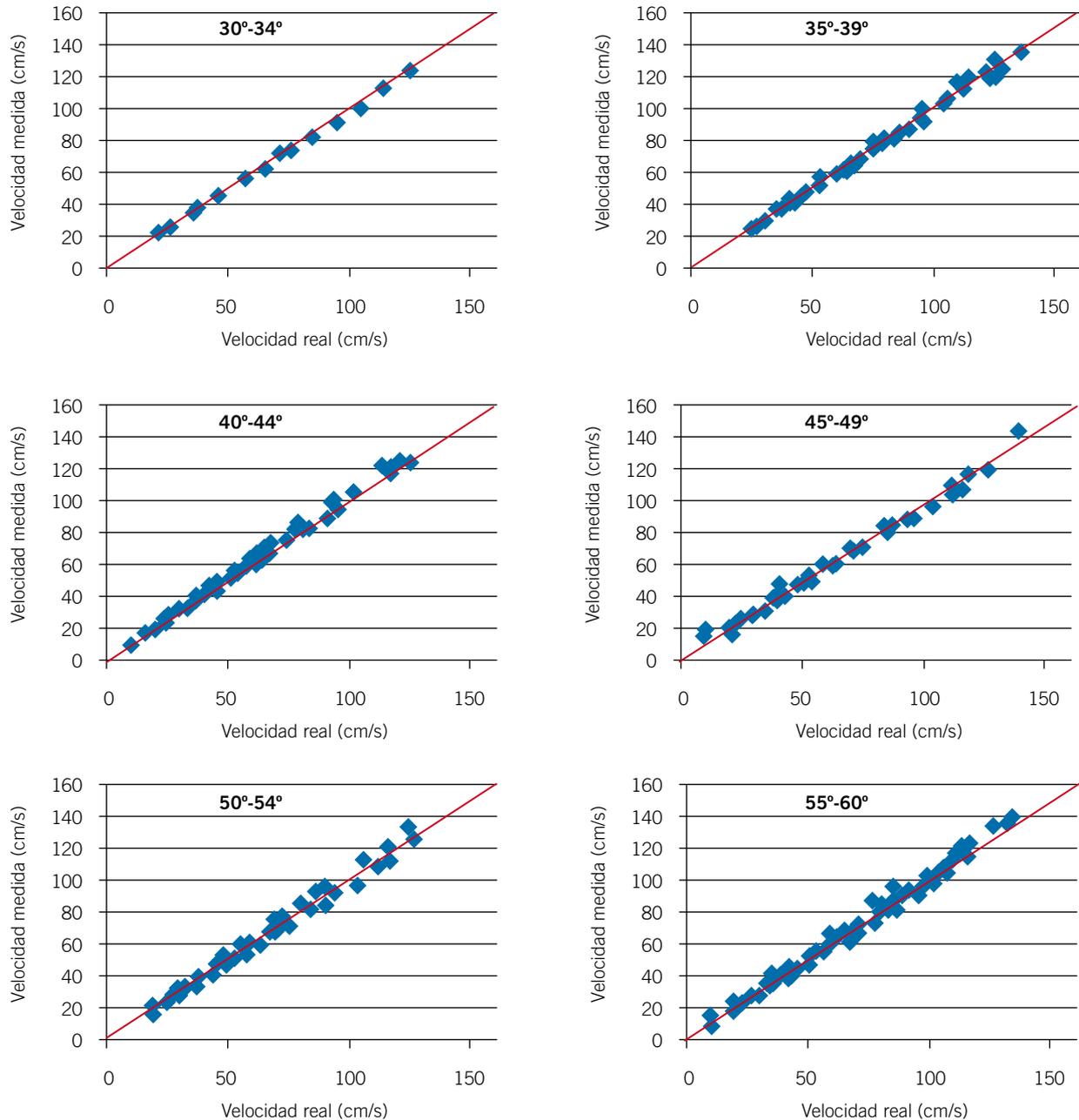
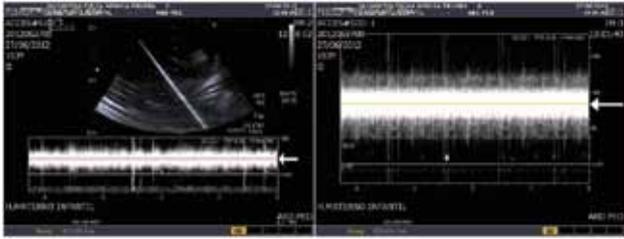


Fig. 4. Velocidades medidas respecto a velocidades reales para distintos ángulos Doppler.

- Excesivo ruido en la imagen (11 sondas). El ruido en la imagen se considera excesivo cuando el nivel de grano dificulta la detección de objetos pequeños (2 mm) o poco contrastados ( $\pm 3$  dB respecto al fondo).
- Falta de precisión en la medida de distancias laterales a profundidades altas (14 cm, 20 cm) (5 sondas). En lo referente a las pruebas del modo Doppler, todas las sondas representaban correctamente el color, la forma del espectro y el audio.

La exactitud en la medida de ángulos es correcta en todos los casos, dentro de un margen de  $\pm 1^\circ$ , que es la incertidumbre asociada a la medida manual del ángulo con el transportador (véase la fig. 3).

Los datos obtenidos de medidas de velocidades se representan en la fig. 4 para los respectivos rangos de ángulos sonda-cuerda:  $30^\circ$ - $34^\circ$ ,  $35^\circ$ - $39^\circ$ ,  $40^\circ$ - $44^\circ$ ,  $45^\circ$ - $49^\circ$ ,  $50^\circ$ - $54^\circ$  y  $55^\circ$ - $60^\circ$ . La línea diagonal de cada gráfica representa la línea ideal, en la cual la velocidad medida es igual a la velocidad real.



**Fig. 5.** Espectro de velocidad que se obtiene con el maniquí CIRS Doppler String Phantom para una velocidad constante. Se toma como medida de la velocidad la línea media del espectro.

No se observan diferencias significativas entre distintos rangos de ángulos, ni entre diferentes sondas, ni entre diversos ecógrafos.

Tampoco se observa, en promedio, una tendencia clara de los equipos controlados a sobreestimar ni a subestimar las velocidades reales.

Los errores en las medidas de velocidades no llegan, en ningún caso, a superar el 20%.

La puesta en marcha de este protocolo de control de calidad ha conllevado una serie de dificultades prácticas, que detallamos a continuación:

- No siempre es fácil conseguir tiempo de ecógrafo para realizar el control. En promedio, el tiempo que requiere hacer todas las pruebas está entre una hora y hora y media por cada sonda. Es decir, el control de un ecógrafo que disponga de tres sondas puede requerir hasta cuatro horas y media. La coordinación con los servicios de radiodiagnóstico es muy importante y debe hacerse exactamente igual que para los equipos emisores de rayos X. En nuestro caso, esto se lleva a cabo con una planificación y previa aceptación por parte de dichos servicios de las fechas y horarios de los controles. Pero el hecho de que los ecógrafos no emitan radiaciones ionizantes y, por tanto, que no exista una obligación legal de controlarlos, hace que muchos usuarios se muestren reticentes a la hora de ceder tiempo de ecógrafo para los controles de calidad. Por tanto, la mayor dificultad con que nos hemos encontrado ha sido conseguir que el usuario fuera consciente de la necesidad de una revisión periódica de las condiciones en que está trabajando, para evitar así los diagnósticos erróneos debidos a un mal funcionamiento del equipo.
- Utilizando el maniquí de ecografía Doppler de CIRS nos hemos encontrado con las siguientes dificultades:
  - La cuerda puede romperse (se ha roto dos veces en dos años). Las cuerdas de repuesto que utilizamos son elaboradas en el Servicio de FMPR con hilo de sutura. Tanto la preparación de la cuerda de repuesto como su colocación en el maniquí se llevan a cabo de manera relativamente rápida y sencilla.

- Sensibilidad Doppler: dada la alta sensibilidad Doppler que tienen los ecógrafos modernos, este maniquí no es adecuado para hacer esta prueba, puesto que la máxima profundidad de la cuerda es de tan solo 5 cm.
- La posición de la cuerda en el maniquí es fija, por lo que para variar el ángulo Doppler hay que inclinar la sonda. Esto exige modificar varios puntos de ajuste de la pinza que sujeta la sonda. Este hecho hace que su colocación no siempre sea sencilla.
- El maniquí no cuenta con un sistema de medida del ángulo Doppler, de modo que la medida debe hacerse de forma manual, con el error que ello introduce (véase la fig. 3).
- El espectro de velocidades Doppler que se obtiene con el maniquí de cuerda es, en ocasiones, excesivamente ruidoso, lo que hace difícil medir velocidades inferiores a 20 cm/s. Para velocidades superiores se selecciona una velocidad constante y se toma como valor de la velocidad medida el que corresponde a la línea media del espectro (véase la fig. 5).
- Los puntos hasta aquí expuestos nos llevan a concluir que el maniquí de cuerda CIRS Doppler String Phantom no es adecuado para hacer pruebas en las que se requiera mucha precisión en las medidas, pero sí para hacer pruebas de constancia.

Las ventajas obtenidas con la implantación de este protocolo son claras: llevando a cabo controles periódicos de los equipos ecográficos se asegura que estos estén trabajando en condiciones óptimas, y se evita la emisión de diagnósticos erróneos debidos a un mal ajuste del equipo.

Prueba de la utilidad de la realización de estos controles es que el informe desfavorable de varios de los ecógrafos revisados motivó que el servicio de radiodiagnóstico se pusiera en contacto con la casa suministradora para que evaluara la degradación de la imagen, o bien cursara la petición formal de sustitución del equipo por uno nuevo.

En uno de los casos el servicio técnico solucionó los problemas detectados, y en otro el ecógrafo fue sustituido por uno de nueva adquisición.

## Conclusiones

En los ecógrafos, que son sistemas de diagnóstico por imagen, los errores en las medidas o la degradación en la calidad de imagen pueden producirse de manera paulatina y pasar desapercibidos al usuario, conduciendo a un diagnóstico erróneo. Por ello, asegurar con un programa objetivo que el funcionamiento del equipo es correcto y que la calidad de imagen no se degrada con el tiempo es de gran importancia.

El hecho de que la ecografía sea una técnica altamente dependiente del usuario hace importante y necesaria la colaboración del radiólogo en los controles de calidad, especialmente en el primer control, debido al cuidado que hay que poner en escoger los parámetros que optimicen la calidad de imagen para establecer la referencia. Además, las posibles deficiencias en la calidad de imagen que se aprecian en la práctica clínica deben ser “traducidas” previamente a la imagen que proporciona el maniquí. Aquí el radiólogo puede llamar la atención sobre ciertos aspectos que, de otro modo, podrían pasar desapercibidos al efectuar el control.

A la vista de los resultados obtenidos tras la puesta en marcha de este protocolo y la realización de

las pruebas de referencia, la previsión es que estos controles se sigan realizando en los ecógrafos de los servicios de radiodiagnóstico del Servicio de Salud del Principado de Asturias con una periodicidad mínima anual.

## Bibliografía

1. Goodsitt M, Carson P, Witt S, Hykes D, Kofler J Jr. Real-time B-mode ultrasound quality control test procedures. Report of AAPM Ultrasound Task Group No. 1. *Med Phys* 1998;25:1385-406.
2. Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico. Revisión 2011. SEFM, SEPR, SERAM. Senda Editorial; 2012.