

M. Ángela Pascual
Lourdes Hereter
Betlem Graupera
María Fernández Cid
Santiago Dexeus

Ecografía 3D/4D en ginecología: técnica y metodología

263

Unidad de Diagnóstico Ginecológico por Imagen. Departamento de Obstetricia y Ginecología. Institut Universitari Dexeus. Barcelona. España.

Correspondencia:

Diagnóstico Ginecológico por Imagen.
Dra. M.A. Pascual.
Departamento de Obstetricia y Ginecología.
Instituto Universitario Dexeus.
Paseo Bonanova 67, sótano 2.
08017 Barcelona. España.
Correo electrónico: marpas@dexeus.com

Fecha de recepción: 28/4/05

Aceptado para su publicación: 10/1/06

Three- and four-dimensional ultrasonography in gynecology: technique and methodology

RESUMEN

La gran aportación de la ecografía tridimensional respecto a la ecografía convencional (bidimensional) es el plano coronal. Hasta ahora mediante la ecografía convencional se disponía del corte longitudinal y del corte transversal.

La aportación de este tercer plano coronal es lo que permite hacer una reconstrucción volumétrica de los órganos estudiados.

La ecografía 3D/4D permite establecer una metodología de adquisición de la región que se quiere estudiar. Estos datos adquiridos se pueden almacenar y/o enviar y transferir mediante sistema DICOM (*digital imaging and communication in medicine*) lo que permite reconstruir y analizar los volúmenes adquiridos tantas veces como sea necesario, por cuantos observadores se quiera y en cualquier lugar geográfico.

En consecuencia, la ecografía en esta modalidad deja de ser una técnica dependiente del operador, siempre y cuando el proceso de adquisición se haya realizado con los parámetros debidamente protocolizados.

El objetivo de este artículo es explicar una visión de conjunto de la metodología en 3D y 4D, empezando

con la adquisición de imágenes en 3D, con el análisis de planos escaneados, técnicas especiales tales como el VOCAL™ y consejos para optimizar el sistema.

PALABRAS CLAVE

Ecografía tridimensional y 4D. Ginecología. Metodología. Técnica. Cálculo de volumen.

ABSTRACT

The main advantage of three- and four -dimensional ultrasonography (3D/4D US) over conventional, 2-dimensional US is the addition of the coronal plane. Until now, longitudinal and sagittal views were available with conventional ultrasonography. The third coronal plane allows 3D reconstructions of the target organ.

3D/4D US allows us to introduce a methodology for data acquisition, storage and/or transmission to other stations through the Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) system. Digitally saved volumes of patient data can be

264 readily transferred as often as necessary and can be interpreted by any number of observers in any geographical location. With these capabilities, US ceases to be an operator-dependent technology (requiring only uniformity of acquisition parameters). In the present article, we aim to provide an overview of the methodology of 3D/4D US, ranging from the acquisition of 3D images, analysis of the various scanning options and special tools such as VOCAL™ to suggestions on how to optimize the system.

KEY WORDS

Three- and four-dimensional ultrasonography. Gynecology. Methodology. Technique. Volume calculations.

INTRODUCCIÓN

Con la ecografía convencional (2D) se dispone de 2 planos: el longitudinal y el transversal; la aportación adicional del plano coronal que proporciona la ecografía tridimensional, es lo que permite la reconstrucción volumétrica de los órganos estudiados (fig. 1).

La ecografía 3D permite establecer una metodología de adquisición de información del órgano o región que se quiere estudiar. Estos datos adquiridos se pueden almacenar y/o enviar y transferir mediante sistema DICOM (*digital imaging and communication in medicine*), lo que permite reconstruir y analizar los volúmenes adquiridos tantas veces como sea necesario, por cuantos observadores sea preciso y en cualquier lugar geográfico.

En consecuencia, la ecografía en esta modalidad deja de ser una técnica dependiente del operador (siempre y cuando la adquisición se haya realizado con los parámetros debidamente protocolizados).

El objetivo de este artículo es explicar una visión de conjunto de la metodología en 3D y 4D, se empieza con la adquisición de imágenes en 3D, con el análisis de planos escaneados, técnicas especiales tales como el VOCAL™ (*volum calculation*) (aplicativo informático no exclusivo de una marca determinada de ecógrafos) o el FOURSIGHT Viewer™, y consejos para optimizar el sistema.

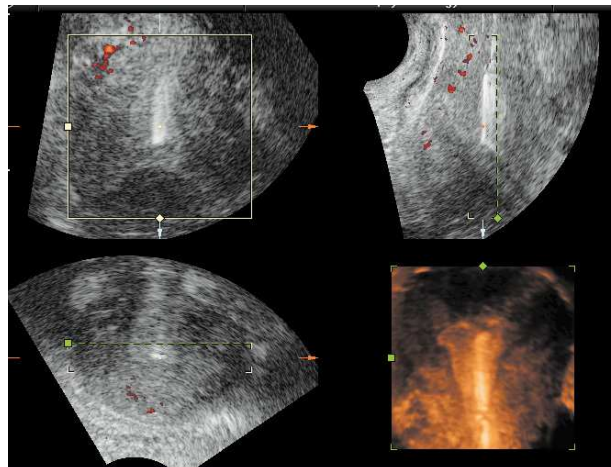


Figura 1. Imagen multiplanar, en la que se observan los cortes longitudinal (imagen superior derecha) y transversal (imagen inferior izquierda) de la ecografía convencional, y el plano coronal adicional (imagen superior izquierda) que permite la reconstrucción tridimensional de las estructuras estudiadas (imagen inferior derecha).

Los recientes avances tecnológicos de los equipos de ecografía tridimensional han perfeccionado la efectividad, al aumentar la velocidad de tratamiento de la imagen, y se ha pasado de escanear 16 volúmenes por segundo a 25-30 volúmenes por segundo.

ADQUISICIÓN DE LOS DATOS

Barrido automático de volumen

Los datos de un volumen se obtienen mediante cortes en 2D con transductores especialmente diseñados para cortes 2D, cortes de 3D estático y de barrido e imágenes 4D en tiempo real.

La obtención del volumen se basa en una imagen en 2D a la que se le aplica una caja de volumen o sector del área o región que interesa estudiar. El volumen se adquiere con un barrido desde un extremo a otro, según el ángulo aplicado.

La caja de volumen enmarca la zona de interés (ROI) que se almacenará durante el barrido del volumen. Mientras se produce el barrido de la imagen escogida, la pantalla muestra, como un corte detrás de otro muy rápido, la imagen que se está adquiriendo en 2D.

El tiempo de barrido varía, dependiendo del tamaño de la caja de volumen (rango de profundidad y ángulo) y de la calidad de la captura, aunque no excede en ningún caso los 40-50 s. Para obtener una imagen estática en 3D, la sonda debe mantenerse firme en su sitio durante el barrido de adquisición del volumen. La visualización en tiempo real del barrido permite una observación constante de la calidad de la imagen.

Para la obtención de un volumen 4D en tiempo real no es necesario mantener la sonda firme.

Es importante realizar un control y análisis de las imágenes en 3D y 4D en las siguientes etapas:

A) Obtención de datos.

- Es esencial la orientación en tiempo real en ecografía 2D.

- Barrido automático de volumen.

- Determinación de la región de interés (caja del volumen o sector) con respecto a la posición y tamaño de la estructura que se está estudiando.

- Determinación del ángulo del volumen.

- Definición de la calidad de captura.

B) Almacenaje de datos.

- Guardar y enviar volúmenes.

C) Análisis de datos.

- Análisis multiplanar del volumen adquirido.

- Tres planos con libre movilidad perpendicular dentro del bloque del volumen.

- Selección del volumen en 3D.

Procedimiento para 4D en tiempo real

A diferencia de la imagen estática en 3D, la modalidad 4D tiempo real se consigue a través de continuas obtenciones de volumen y cálculos paralelos de imágenes seleccionadas en 3D. En la modalidad 4D en tiempo real, la caja de volumen es a la vez la caja de selección. Toda la información de la caja de volumen se utiliza para el proceso de selección. Sin embargo, es importante el tamaño y la posición de la caja de volumen para obtener una buena imagen. El tamaño de una imagen calculada en 4D se establece automáticamente porque el contenido de los

valores de la caja de selección coincide con el tamaño de la región o área de interés escogida. Este algoritmo asegura que, independientemente del tamaño de la caja de volumen, la imagen entera en 4D se visualizará siempre correctamente.

METODOLOGÍA

- Seleccionar la sonda 3D/4D (abdominal, transvaginal).

- Seleccionar el programa del usuario (ginecología, obstetricia, mama).

- Ajustar el tamaño del volumen.

- Seleccionar la resolución.

- Ajustar la ventana 3D (asegurarse de que están incluidas las estructuras relevantes).

Selección del transductor o sonda

Los ecógrafos, en general, disponen de múltiples sondas convencionales para exploraciones en ecografía 2D y sondas abdominales, vaginales y de partes blandas para realizar exploraciones 3D/4D, con las cuales, además de la adquisición de los datos para ecografía 3D/4D, también se puede realizar con muy buena resolución la ecografía convencional.

En la ecografía ginecológica interesa especialmente la sonda vaginal volumétrica, ocasionalmente la abdominal y la de partes blandas para mama.

Selección del programa de usuario

Una vez escogido el transductor se debe proceder a escoger el programa adecuado para la sonda que se ha escogido y las estructuras que se van a estudiar.

Al seleccionar un programa de usuario, la sonda se inicializará inmediatamente mediante las imágenes estándares establecidas (de fábrica) o los valores específicos establecidos por el usuario, guardados en el programa seleccionado.

Ajustes en el tamaño del volumen

Para hacer coincidir la caja de volumen con el área de interés, el usuario deberá ajustar el ángulo

266 del sector, la penetración de profundidad y el ángulo de barrido.

Ventana 3D

Se selecciona el volumen que se quiere adquirir mediante una caja o ventana que es susceptible de ser ajustada a las necesidades de tamaño del órgano, estructura o tumor que se pretende estudiar. El bloque de volumen se puede ajustar también después de la adquisición, permitiendo además eliminar artefactos. La información externa a la caja de volumen se irá eliminando durante el proceso de selección. Con la eliminación de artefactos, el sistema puede seleccionar el tejido deseado.

Procedimiento de adquisición

1. Escoger en la modalidad de ecografía en tiempo real 2D (convencional) el órgano o estructura que se quiere estudiar.
2. Seleccionar la región de interés. Cualquier estructura que quede fuera de la caja o ventana quedará excluida del bloque de volumen.
3. Iniciar el escáner del volumen. La poca calidad de las imágenes en 2D conlleva a una pobre calidad de las imágenes en 3D y del volumen. Para una buena calidad de imagen en 3D, deben ajustarse correctamente los parámetros del ecógrafo en 2D, antes de iniciar el barrido de adquisición del volumen.

El correcto emplazamiento de la caja o sector de selección es esencial para un buen resultado.

Sólo se calcularán y visualizarán en la reconstrucción 3D los datos de la ROI.

Después del proceso, los datos del volumen se muestran en la pantalla en una visualización multiplanar. Los 3 planos son perpendiculares entre sí (transverso, sagital y coronal).

Almacenaje de datos

Los datos adquiridos del volumen se pueden almacenar y guardar para próximos estudios, comparaciones, iconografía, etc.

Mediante el DICOM que llevan integrado, hoy día todos los ecógrafos pueden transferir datos, incluidos los de 3D.

Las dimensiones de un volumen dependen del ángulo de barrido (penetración volumen ángulo) y del parámetro "calidad" (resolución de los datos de volumen).

La función del programa de archivo del ecógrafo proporciona la capacidad de almacenar, revisar y salvaguardar en CD-ROM o MOD y enviar vía DICOM.

TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS ADQUIRIDOS

Análisis de datos del volumen

Los datos del volumen se pueden analizar directamente después de la exploración ecográfica en el propio ecógrafo, o en un PC normal equipado con programas diseñados para tal fin.

La visualización de los datos de un volumen se observan en 3 planos ortogonales. La presentación del barrido de un volumen depende de la sonda y de su posición. Inmediatamente después del barrido de

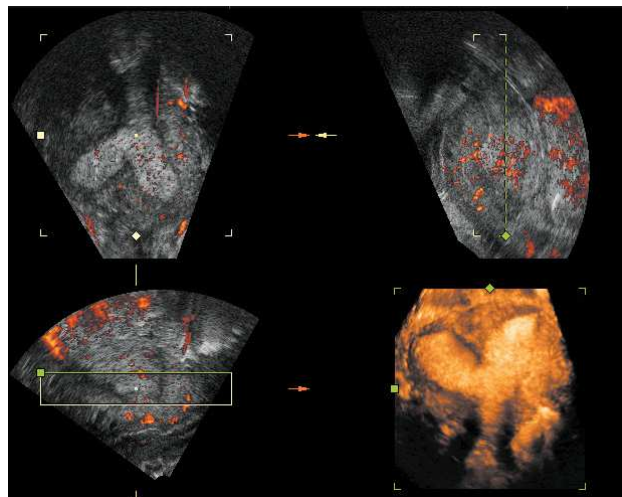


Figura 2. La imagen muestra un útero septo. En la imagen superior derecha se observa el corte longitudinal, la inferior izquierda muestra el corte transversal y la superior izquierda el plano coronal. La imagen frontal está reconstruida basándose en los datos del volumen. Es imposible conseguir una visión coronal de una ecografía convencional 2D.

adquisición, la información se muestra en una imagen multiplanar, más la reconstrucción 3D (fig. 2).

Rotación del volumen

Los cortes anatómicos correctos o deseados se pueden obtener con la rotación de los planos alrededor del centro de interés. Esta función permite la alineación del área de interés.

El centro de interés está marcado con un punto pequeño (punto de encuentro de los 3 planos perpendiculares). Mientras éstos giran en rotación controlada, el correspondiente eje se inserta en la imagen de referencia como una línea. Se pueden realizar rotaciones alrededor de cualquiera de los ejes X, Y y Z libremente.

Al observar el movimiento del cursor en cualquiera de los planos, el usuario notará que el plano ortogonal correspondiente se calcula en tiempo real y se actualiza instantáneamente. En cualquier punto del volumen, la intersección de planos es siempre ortogonal entre sí o, bajo otro enfoque, se ve simultáneamente la misma estructura, en los puntos de cruce de los 3 planos.

Translación o deslizamiento del volumen

La translación permite un desplazamiento del centro de rotación a lo largo de las líneas de intersección de los planos seccionales A, B y C, consiguiéndose movimiento de los cortes individuales de las imágenes en paralelo con el del total del volumen. Uno puede fácilmente moverse a través de los cortes adyacentes del volumen como si pasara las páginas de un libro. Haciendo esto, los planos ortogonales se actualizan simultánea e inmediatamente, por lo que la misma estructura se puede identificar en los 3 planos ortogonales.

Selección y análisis del volumen

Mediante una caja se selecciona el volumen que se quiere analizar. Esta caja de selección determina la ROI para los cálculos en 3D. Los resultados de la selección se visualizan en el cuadrante inferior derecho.

La ROI se puede mostrar por una sección de la caja o sector, y puede moverse, rotar y medir por el usuario. Esta ROI representa una parte escogida por el usuario del total de los valores del volumen sobre los que se aplican los algoritmos de interpretación.

La totalidad de la imagen en 2D puede moverse y modificarse a través de los planos A, B, y C y el volumen en 3D se actualiza instantáneamente.

Los controles de rotación (X, Y y Z) permiten rotar los contenidos de la caja seleccionados. Se puede escoger la dirección de la imagen 3D.

Una caja de mayor tamaño contendrá más información. Una caja pequeña permite un cálculo más rápido.

Una vez se ha obtenido la reconstrucción volumétrica, se pueden eliminar las estructuras que molesten o interfieran la visualización del objeto de interés.

La imagen tridimensional es el producto de la reconstrucción computarizada de los vóxeles obtenidos al realizar el barrido (un píxel es la mínima unidad de información de las imágenes bidimensionales; un vóxel es la mínima unidad de información en volúmenes tridimensionales).

La reconstrucción en 3D se puede realizar interactivamente de varias maneras: en representaciones transparentes en gris, color, *power*-Doppler. Interactivo significa que cada operación o ajuste del proceso de reproducción puede modificarse en tiempo real.

En general, en todos los ecógrafos que tienen disponible tecnología 3D/4D hay variedad de modos posibles de visualizar la imagen reconstruida: textura de superficie, textura lisa, máxima transparencia, mínima transparencia, RX transparente, luminoso, espectro de luz, etc.

La secuencia de imágenes se puede visualizar en modo cine, tanto automática como manualmente.

Reconstrucción del color y *power*-Doppler

Mediante la información del Doppler color o *power*-Doppler durante la obtención de 3D, es posible visualizar los vasos de un órgano y sus características de dirección o intensidad (fig. 3).

Para reducir el tiempo de obtención es importante utilizar la caja o sector de color o *power* pequeña, dado que esta caja se utiliza también como caja de volumen.

Los datos que nos proporciona el color o *power*-Doppler son mucho menos subjetivos que los del

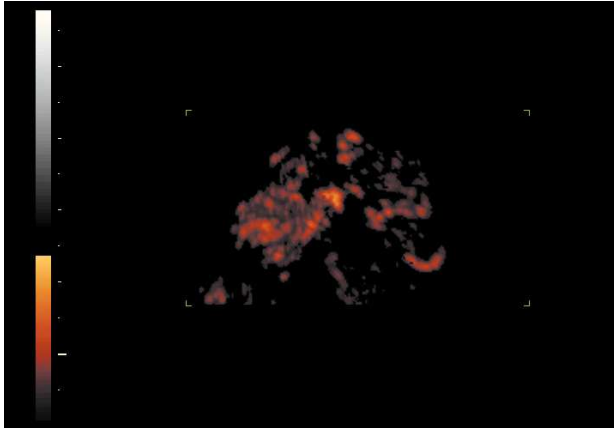


Figura 3. Imagen power-Doppler que muestra la neovascularización en un carcinoma de cérvix. Nótese la asimetría, a la izquierda de la imagen se observa un aumento de vasos de distribución compleja y abigarrada.

Doppler con ecografía convencional, puesto que deja de ser un solo punto el que se evalúa. Con 3D/4D se analiza “una porción” de tejido, y se proporciona una visión más global del estado vascular del órgano que se está estudiando.

MEDIDAS DEL VOLUMEN

Las medidas normales en 2D se pueden realizar en el modo 3D; sin embargo, se pueden llevar a cabo con mucha más precisión que en las exploraciones de ecografía convencional. Hay diversos métodos en los que se puede medir el volumen de estructuras de diferentes formas. El primero de ellos consiste en medir el volumen de una esfera usando una distancia (diámetro). La segunda consiste en medir el volumen de un ovoide usando 3 distancias (ejes). La tercera consiste en medir el volumen de un ovoide usando una elipse o una distancia más una elipse. La cuarta consiste en medir el volumen en el modo 3D con el método multiplanar 3D. El último es el VOCAL™, una técnica de medida del volumen automatizada que se describe en el apartado VOCAL™ y que, como se ha mencionado anteriormente, no es exclusivo de una marca determinada de ecógrafos.

El modo VOCAL™ interesa especialmente para el estudio de los órganos pélvicos (fig. 4).



Figura 4. Imagen en modo VOCAL™ de un endometrio.

La idea básica del VOCAL™ es la combinación de tejido ecográfico 3D (presentado como “vóxels”) y la información geométrica de superficies en un conjunto de datos 3D. El interés principal del VOCAL™ radica en:

- Caracterización (definición) de la superficie de tumores o lesiones.
- Medidas de volumen asimétricas y esféricas automatizadas y exactas.
- Histograma en color automático o *power-Doppler*.

El programa de diagnóstico por la imagen VOCAL™ se integra dentro del sistema del ecógrafo. Abre totalmente nuevas posibilidades en el diagnóstico del cáncer, planificación de la terapia y seguimiento de la terapia de control^{1,2}. VOCAL™ ofrece una amplia variedad de funciones:

- Método para medir el volumen total, con una lesión en cualquier posición, y cualquier plano de la exploración, eje largo o corto³.
- Detección manual del contorno de las estructuras (como una lesión de tumor, quiste, etc.) y cálculo del volumen exacto. La exactitud del proceso se puede controlar visualmente por el ecografista en la imagen multiplanar⁴⁻⁶ y reproducir los resultados (fig. 5).

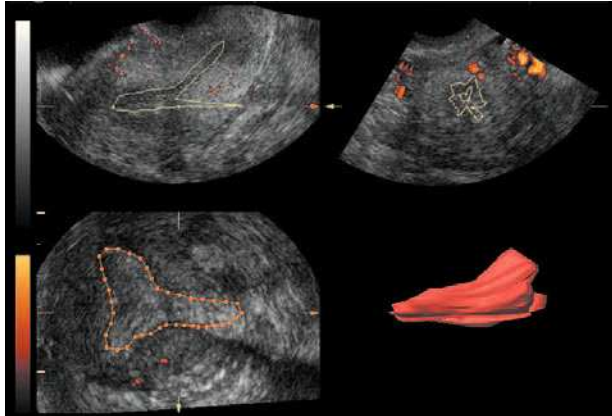


Figura 5. Imagen en modo VOCAL™ de un endometrio. Obsérvese que se obtiene a partir de la imagen multiplanar.

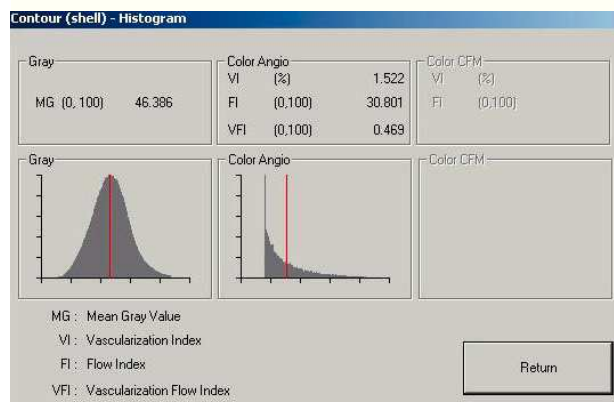


Figura 7. Parámetros calculados por el histograma.

— Permite delimitar un *shell* virtual alrededor del contorno de la lesión. Se puede definir el grosor de la pared del *shell*. Éste se puede imaginar como una capa (“cáscara”) de tejido alrededor de la lesión (fig. 6). Este grosor en milímetros se puede seleccionar⁷.

— Cálculo automático de la vascularización, tanto de un volumen seleccionado como dentro del *shell*. El histograma realiza una comparación del número de vóxeles de color con el número de vóxeles en escala de grises⁸ (fig. 7).

— Visualización de un tejido ecográfico dentro de un volumen reconstruido⁹⁻¹².

— Presentación en modo “*niche*” (cóncava o hueca) del contorno y de las secciones individuales de las imágenes (fig. 8).

— Cálculo de la rotación en cine.

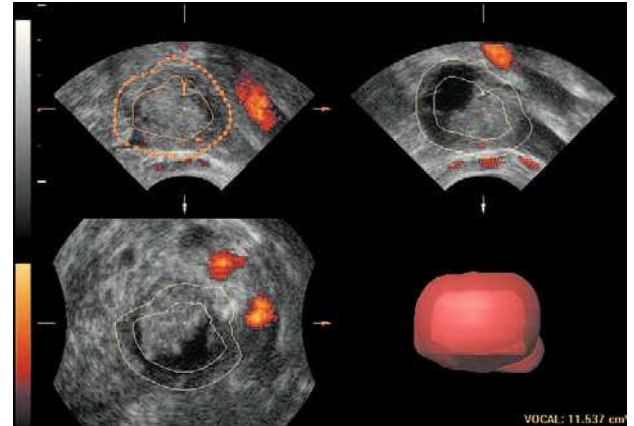


Figura 6. Imagen de un *shell* en modo VOCAL™ de un quiste de ovario. Obsérvese el perímetro en la imagen inferior derecha, la parte de color más oscuro es el *shell*.

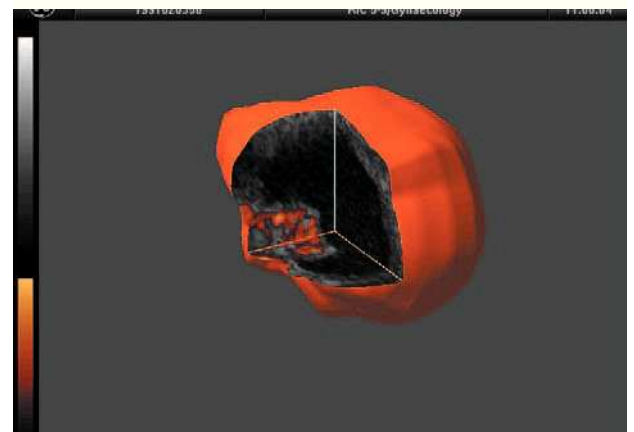


Figura 8. Imagen en modo “*niche*”, de un quiste maligno con papila muy vascularizada, cuyos vasos penetran desde la pared del quiste y adoptan una disposición compleja con muchas ramificaciones y derivaciones.

Análisis de vascularización usando VOCAL™. El histograma y su valor

Una vez hecho el cálculo del volumen en Doppler color o *power*-Doppler por el programa de diagnóstico por la imagen VOCAL™, se puede obtener un histograma del color o angiohistograma de la vascularización calculado automáticamente. También se puede determinar un área definida específicamente creando un *shell*.

270 Si se define un *shell*, el histograma se calcula sobre el contenido del *shell*.

Si se define un contorno sin *shell*, el histograma se calcula sobre el contenido del contorno.

Se puede crear un *shell* interno, externo o simétrico y ajustar el grosor con el control de grosor.

Es decir, el histograma proporciona unos parámetros que hacen referencia a la vascularización y a su relación con el tejido irrigado.

Aplicaciones del histograma de color

Evaluar la neovascularización, con una aproximación automática de la valoración del “caudal” de sangre de un tumor.

Permite obtener de un volumen seleccionado, reproducible, los parámetros del histograma de color (más que la valoración de un solo vaso).

Valoración de la intensidad del flujo vascular del tejido circundante. Evaluar la vascularización del tumor en diferentes fases de su crecimiento (hiperemia en periferia, central o necrótica).

COMENTARIOS

Si bien parece ser que la ecografía 3D/4D en general ofrece una potencial mejora en el diagnóstico de algunas patologías ginecológicas, debe dejarse claro que, hoy por hoy, es una técnica complementaria a la ecografía convencional, y que probablemente no será una sustitución de ésta, incluso, a pesar de las eventuales ventajas sobre la escasa dependencia del operador que tiene, y su baja variabilidad interobservador¹³.

En nuestra experiencia, la ecografía 3D parece ser una técnica de fácil realización, una vez pasada la curva de aprendizaje, reproducible y asequible, en particular para el diagnóstico de malformaciones uterinas (fig. 2).

Por otro lado, cuando el tamaño de un órgano o tumoración estudiado tiene dimensiones considerables, su utilidad se ve reducida dado que la adquisición de datos y su posterior análisis debe realizarse parcialmente, y se sacrifica lo que de entrada es una ventaja de la ecografía 3D, que es la visión anatómica que nos ofrece de los órganos que se estudian.

BIBLIOGRAFÍA

1. Suren A, Osmers R, Kuhn W. 3D Color Power Angio™ imaging: a new method to assess intracervical vascularization in benign and pathological conditions. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1998;11:133-7.
2. Alcázar JL, Jurado M. Transvaginal color Doppler for predicting pathological response to preoperative chemoradiation in locally advanced cervical carcinoma: a preliminary study. *Ultrasound Med Biol.* 1999;25:1041-5.
3. Maymon R, Herman A, Ariely S, Dreazen E, Buckovsky I, Weinraub Z. Three-dimensional vaginal sonography in obstetrics and gynaecology. *Human Reproduction Update.* 2000; 6:475-84.
4. Raine-Fenning NJ, Campbell BK, Kendall NR, Clewes JS, Johnson IR. Quantifying the changes in endometrial vascularity throughout the normal menstrual cycle with three-dimensional power Doppler angiography. *Human Reproduction.* 2004; 19:330-8.
5. Raine-Fenning NJ, Campbell BK, Collier J, Brincat MB, Johnson IR. The reproducibility of endometrial volume acquisition and measurement with the VOCAL-imaging program. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2002;19:69-75.
6. Raine-Fenning NJ, Clewes JS, Kendall NR, Bunkheila AK, Campbell BK, Johnson IR. The interobserver reliability and validity of volume calculation from three-dimensional ultrasound datasets in the *in vitro* setting. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2003; 21:283-91.
7. Raine-Fenning NJ, Campbell BK, Clewes JS, Kendall NR, Johnson IR. The reliability of virtual organ computer-aided analysis (VOCAL) for the semiquantification of ovarian, endometrial and subendometrial perfusion. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2003;22:633-9.
8. Alcázar JL, Merce LT, García Manero M. Three-dimensional power Doppler vascular sampling. *J Ultrasound Med.* 2005; 24:689-96.

9. Kurjak A, Kupesic S, Sparac V, Prka M, Bekavac I. The detection of stage I ovarian cancer by three-dimensional sonography and power Doppler. *Gynecologic Oncology*. 2003; 90:258-64.
10. Cohen LS, Escobar PF, Scharm C, Glimco B, Fishman DA. Three-dimensional power Doppler ultrasound improves the diagnostic accuracy for ovarian cancer prediction. *Gynecologic Oncology*. 2001;82:40-8.
11. Kurjak A, Kupesic S, Sparac V, Kosuta D. Three-dimensional ultrasonographic and power Doppler characterization of ovarian lesions. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2000;16:365-71.
12. Fleischer AC, Milam MR, Crispens MA, Shapell HW. Sonographic depiction of intratumoral vascularity with 2- and 3-dimensional color Doppler techniques. *J Ultrasound Med*. 2005;24:533-7.
13. Alcázar JL, Merce LT, Manero MG, Bau S, López García G. Endometrial volume and vascularity measurements by transvaginal 3-dimensional ultrasonography and power Doppler angiography in stimulated and tumoral endometria: an interobserver reproducibility study. *J Ultrasound Med*. 2005; 24:1091-8.