

Fundamentos de la ecografía tridimensional

JL. Alcázar

Departamento de Obstetricia y Ginecología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra

Correspondencia:

Juan Luis Alcázar

Departamento de Obstetricia y Ginecología. Clínica Universitaria

Avda. Pío XII, 36. 31008 Pamplona

(jalcazar@unav.es)

Resumen

La ecografía tridimensional se ha ido introduciendo en los últimos años en la práctica clínica en Ginecología y Obstetricia. Para poder entender las posibilidades que ofrece esta nueva tecnología es fundamental conocer sus bases físicas y metodología. En este artículo revisaremos los fundamentos técnicos y metodológicos de la ecografía tridimensional.

Palabras clave: Ultrasonidos. Tridimensión. Bidimensión. Tecnología.

Summary

Three-dimensional ultrasound has been introduced into clinical practice in the last five years in Obstetrics and Gynecology. In order to understand its actual possibilities is essential to know its fundamentals, physics and methods. In this article, these topics will be review.

Key words: Ultrasound. Three-dimension. Fundamentals.

Introducción

La ecografía bidimensional (eco 2-D) es una técnica de imagen en tiempo real ampliamente usada en Ginecología y Obstetricia. Su valor diagnóstico está bien establecido. Un examinador experto puede reconstruir una imagen tridimensional en su mente a partir de una secuencia de múltiples imágenes bidimensionales. Sin embargo, la posibilidad de obtener imágenes de ciertos planos del espacio mediante eco 2-D es muy limitada, siendo imposible en algunos casos. Además, el hecho de la "creación" de una imagen en la mente del examinador confiere a esta técnica un alto grado de subjetividad, lo que en algunos aspectos hace que la técnica tenga limitaciones importantes en cuanto a su reproducibilidad.

En los últimos 10 años la ecografía tridimensional (eco 3-D) se ha introducido, poco a poco, en la práctica clínica. Con esta tecnología podemos obtener una imagen en cualquier plano del espacio de un órgano o región de interés (RDI). Con la eco 3-D podemos obtener y almacenar un volumen de imágenes. Este volumen puede ser evaluado posteriormente cuantas veces se quiera, permitiendo realizar "navegaciones" virtuales sobre la RDI, reconstrucciones de superficies y cálculos de volúmenes. Con el power-Doppler además se estima la vascularización de órganos tejidos o lesiones.

En este artículo vamos a repasar los aspectos técnicos de la obtención de imágenes mediante eco 3-D, su validación y su reproducibilidad.

Adquisición de la imagen

Las imágenes de eco 3-D pueden obtenerse mediante dos métodos: automático o manual¹. Con el método manual se emplean unos sensores que se acoplan al transductor ultrasónico y a la paciente de modo que las imágenes bidimensionales obtenidas por el transductor ultrasónico se orientan en el espacio (Figura 1). El examinador desplaza la sonda mediante movimientos de traslación o rotación obteniendo una secuencia de imágenes 2-D que son almacenadas en un ordenador acoplado al ecógrafo donde son posteriormente procesados mediante un programa informático.

El método automático emplea transductores ultrasónicos "dedicados", es decir, especialmente diseñados para obtener imágenes tridimensionales. En este caso es el transductor el que realiza el barrido sobre la RDI seleccionada por el examinador sin que este tenga que realizar ningún tipo de desplazamiento (Figura 2). La velocidad y ángulo de barrido pueden ser ajustados por el examinador. A menor velocidad y menor ángulo de barrido mayor será la resolución obtenida. El tiempo promedio de barrido, entre 3-10 segundos, depende de la velocidad y ángulo establecidos. El conjunto de imágenes obtenidas es lo que se denomina "volumen 3-D" y se compone de "voxels". Cada "voxel" tiene un valor en escala de gris.

En general la calidad de las imágenes obtenidas mediante el método automático es mejor que las del método manual¹.

Figura 1. Sensores acoplados a transductores ecográficos para ecografía 3D manual



Figura 2. Esquema del barrido con una sonda 3D

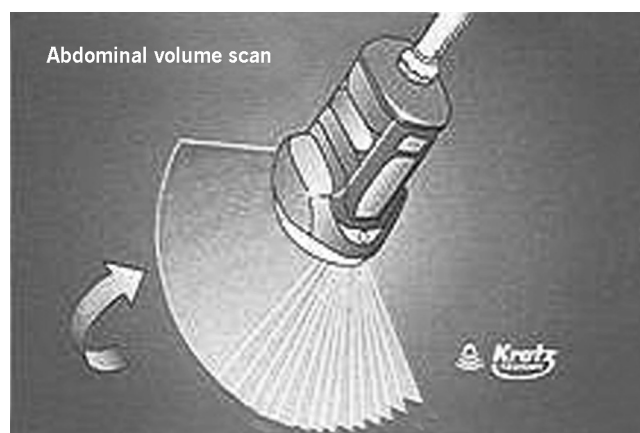


Figura 3. Reconstrucción en modo superficie de un rostro fetal



Visualización de las imágenes tridimensionales

El volumen obtenido puede ser almacenado y analizado posteriormente sin necesidad de que la paciente esté presente. Las imágenes 3-D pueden presentarse en la pantalla en varios formatos², superficie, modo multiplanar o modo "nicho"

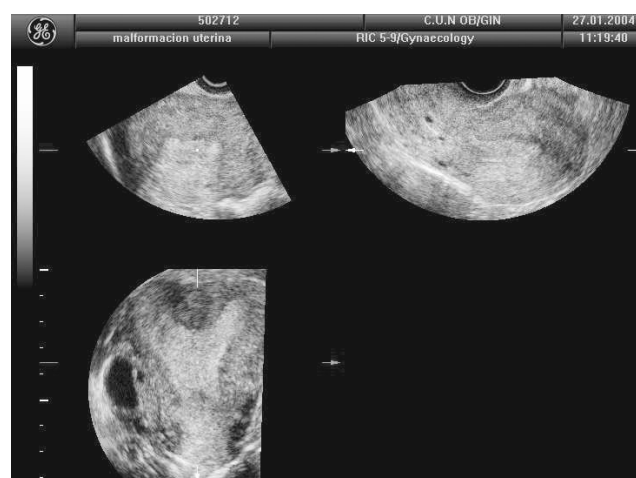
El modo superficie permite obtener una reconstrucción de una superficie concreta como puede ser una cara fetal (Figura 3) o la pared interna de un quiste ovárico (Figura 4). El modo multiplanar visualiza simultáneamente en los 3 planos del espacio la RDI y "navega" virtualmente a través de ellos (Figura 5), mientras que el modo "nicho" presenta una reconstrucción de una RDI determinada y su interrelación en los 3 planos del espacio (Figura 6).

Asimismo, la eco 3-D permite realizar cálculos volumétricos en la RDI. Estos pueden realizarse de diversos modos midiendo 3 distancias, midiendo 1 distancia y 1 elipse, midiendo áreas

Figura 4. Reconstrucción 3D en modo superficie de la cara interna de un quiste de ovario



Figura 5. Representación 3D en modo multiplanar de un útero



consecutivas e integrándolas o mediante el uso de un método rotacional denominado VOCAL (Virtual Organ Computer-Aided anaLysis)³. Este último método se basa en el uso de trazados de la RDI sobre un plano mediante sucesivas rotaciones. Este método permite obtener una reconstrucción 3D de la RDI (Figura 7) y estimar la vascularización de la RDI mediante el uso de power-Doppler y su función denominada "histograma"⁴. Usando este método pueden calcularse tres índices vasculares dentro de la RDI. El índice de vascularización (VI), se expresa en porcentaje, mide la relación entre voxels en color, que representan vasos, y voxels en escala de grises, que representan tejido, indicando el nº de vasos dentro de la RDI. El índice de flujo (FI), es el valor promedio de la intensidad de la señal color en los "voxels" color, en una escala de 0 a 100. A más intensidad color, más FI y representa el flujo sanguíneo dentro de los vasos. Finalmente, el índice de vascularización-flujo (VFI), es una mezcla de los dos anteriores, que se expresa también en una escala numérica de 0 a 100 y muestra la perfusión tisular (Figura 8).

Con la eco 3-D pueden presentarse artefactos, algunos son inherentes a la eco 2-D como son las sombras acústicas, los fenómenos de reverberación o los artefactos por movimiento y otros propios de la eco 3-D derivados de la adquisición de volumen, de su presentación o del procesado⁵.

Validación de la técnica

El cálculo de volúmenes y de la vascularización mediante eco 3-D ha sido validado en diferentes estudios. Farrel *et al.*⁶ demostraron en estudios in-vitro, usando un modelo de balón, e in vivo, usando úteros de mujeres histerectomizadas, basándose en el principio de la ley de Arquímedes, que la estimación del volumen de un órgano mediante eco 3-D era muy precisa. La precisión depende de unos factores como son la distancia del transductor al objeto estudio y la profundidad de foco⁷. Por su parte, Yaman *et al.*⁸ demostraron que las estimaciones volumétricas mediante eco 3-D era más fiables y exactas que las realizadas mediante eco 2-D, con un error de 7% para la primera y del 22% para la segunda.

Además se ha demostrado que la fiabilidad de la estimación del volumen es alta no solo para objetos en órganos bien delimitados sino también para estructuras de morfología irregular o asimétrica⁹.

Respecto al estudio de la vascularización se ha demostrado la validez del método VOCAL para estimar la vascularización y el flujo en la RDI^{10,11}.

Reproducibilidad de la técnica

En los últimos 3 años diversos estudios han demostrado que esta técnica es altamente producible, tanto inter- como intraobservador, en la interpretación de la imagen¹², cálculo de volúmenes¹³⁻¹⁷ y en la estimación de la vascularización¹⁸⁻²¹. El mejor método, es decir el más reproducible, es el método rotacional VOCAL¹⁷, pues no está influida por el hecho de que el volumen sea obtenido por diferentes examinadores²² y no solo en condiciones "ideales" sino también patológicas^{23,24}.

Figura 6. Representación en modo 3D nicho de un quiste de ovario

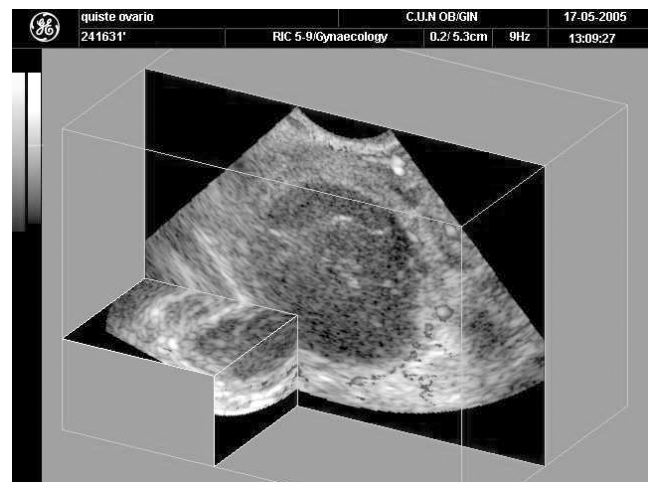


Figura 7. Representación 3D del endometrio mediante método VOCAL

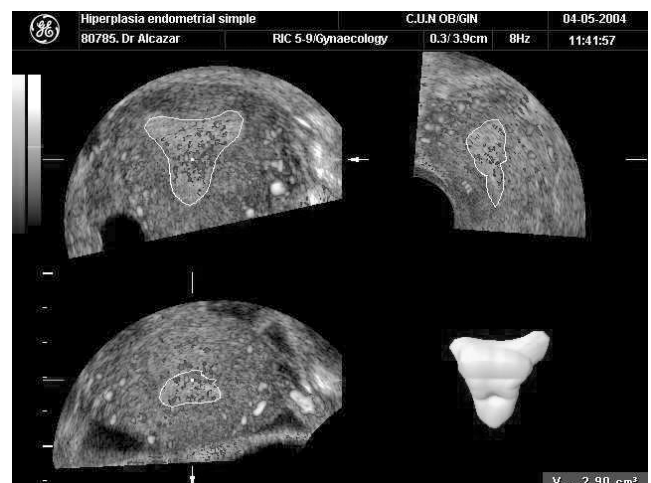
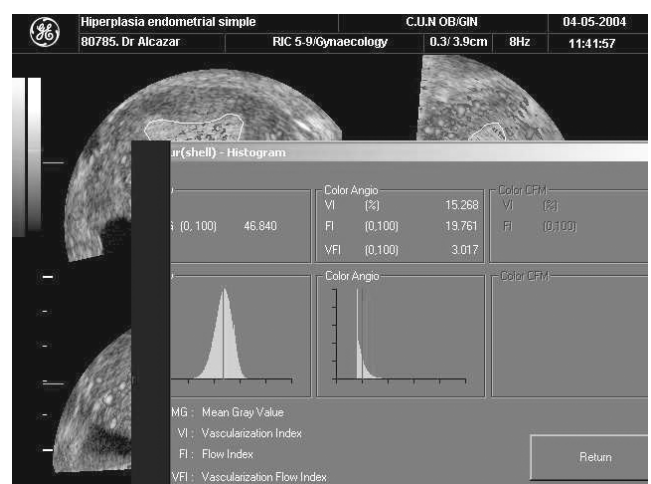


Figura 8. Cálculo de índices vasculares mediante método VOCAL



Bibliografía

1. Bega G, Lev-Toaff A, Kuhlman K, Kurtz A, Goldberg B, Wapner R. Three-dimensional ultrasonographic imaging in obstetrics: present and future applications. *J Ultrasound Med* 2001;20:391-408.
2. Baba K. Development of 3D ultrasound. En: Kurjak A, Chervenak FA (eds). *Textbook of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. London: Parthenon Publishing. 2003;27-42.
3. Bega G, Lev-Toaff AS, O'Kane P, Becker E, Kurtz AB. Three-dimensional ultrasonography in gynecology: technical aspects and clinical applications. *J Ultrasound Med* 2003;22:1249-69.
4. Pairleitner H, Steiner H, Hasenoehrl G, Staudach A. Three-dimensional power Doppler sonography: imaging and quantifying blood flow and vascularization. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1999;14:139-43.
5. Nelson TR, Pretorius DH, Hull A, Riccabona M, Sklansky MS, James G. Sources and impact of artifacts on clinical three-dimensional ultrasound imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000;16:374-83.
6. Farrell T, Leslie JR, Chien PF, Agustsson P. The reliability and validity of three dimensional ultrasound volumetric measurements using an in vitro balloon and in vivo uterine model. *BJOG* 2001;108:573-82.
7. Park SH, Choi BI, Han JK, Yoon CJ, Lee JW, Kim SS et al. Volumetric tumor measurement using three-dimensional ultrasound: in vitro phantom study on measurement accuracy under various scanning conditions. *Ultrasound Med Biol* 2004;30:27-34.
8. Yaman C, Jesacher K, Polz W. Accuracy of three-dimensional transvaginal ultrasound in uterus volume measurements; comparison with two-dimensional ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 2003;29:1681-4.
9. Parkash R. Determination of asymmetric cavity volumes using real-time three-dimensional echocardiography: An in vitro balloon model study. *Echocardiography* 2004;21:257-63.
10. Raine-Fenning NJ, Ramnarine KV, Nordin NM, Campbell BK. Quantification of blood perfusion using 3D power Doppler: an in-vitro flow phantom study. *J Phys Conf Ser* 2004;1:181-6.
11. Yang WT, Tse GMK, Lam PKW, Metreweli C, Chang J. Correlation Between Color Power Doppler Sonographic Measurement of Breast Tumor Vasculature and Immunohistochemical Analysis of Microvessel Density for the Quantitation of Angiogenesis. *J Ultrasound Med* 2002;21:1227-35.
12. Salim R, Woelfer B, Backos M, Regan L, Jurkovic D. Reproducibility of three-dimensional ultrasound diagnosis of congenital uterine anomalies. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; 21:578-82.
13. Yaman C, Sommergruber M, Ebner T, Polz W, Moser M, Tews G. Reproducibility of transvaginal three-dimensional endometrial volume measurements during ovarian stimulation. *Hum Reprod* 1999;14:2604-8.
14. Bordes A, Bory AM, Benchaib M, Rudigoz RC, Salle B. Reproducibility of transvaginal three-dimensional endometrial volume measurements with virtual organ computer-aided analysis (VOCAL) during ovarian stimulation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;19:76-80.
15. Raine-Fenning N, Campbell B, Collier J, Brincat M, Johnson I. The reproducibility of endometrial volume acquisition and measurement with the VOCAL-imaging program. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;19:69-75.
16. 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.
17. Raine-Fenning NJ, Campbell BK, Clewes JS, Johnson IR. The interobserver reliability of ovarian volume measurement is improved with three-dimensional ultrasound, but dependent upon technique. *Ultrasound Med Biol* 2003;29:1685-90.
18. Jarvela IY, Sladkevicius P, Tekay AH, Campbell S, Nargund G. Intraobserver and interobserver variability of ovarian volume, gray-scale and color flow indices obtained using transvaginal three-dimensional power Doppler ultrasonography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003;21:277-82.
19. 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.
20. Merce LT, Barco MJ, Bau S. Reproducibility of the study of placental vascularization by three-dimensional power Doppler. *J Perinat Med* 2004;32:228-33.
21. Mercé LT, Alcázar JL, Engels V, Bau S, Bajo JM. Endometrial volume and vascularity measurements by transvaginal three-dimensional ultrasonography and power doppler angiography in stimulated and tumoral endometria: intraobserver reproducibility. *Gynecol Oncol* 2005 (en prensa)
22. Raine-Fenning NJ, Campbell BK, Clewes JS, Kendall NR, Johnson IR. The interobserver reliability of three-dimensional power Doppler data acquisition within de female pelvis. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004;23:501-8.
23. Alcázar JL, Mercé LT, García-Manero M, Bau S, López-García G. Endometrial volume and vascularity measurements by transvaginal three-dimensional ultrasonography and power Doppler angiography in stimulated and tumoral endometria: an inter-observer reproducibility study. *J Ultrasound Med* 2005;24: 1091-8.
24. Alcázar JL, Mercé LT, Garcia Manero M. Three-dimensional power Doppler vascular sampling: a new method for predicting ovarian cancer in vascularized complex adnexal masses. *J Ultrasound Med* 2005;24:689-96.