

REVISIÓN DE LITERATURA

Ultrasonido de tercera dimensión en obstetricia y ginecología

*Juan Carlos Sabogal**

Recibido: Mayo 18/2001 - Revisado: Julio 19/2001 - Aceptado: Agosto 24/2001

RESUMEN

El reciente desarrollo de la tecnología del ultrasonido ha permitido disponer del ultrasonido de tercera dimensión (U3D). Este recurso ofrece la posibilidad de realizar volumetría de órganos y estructuras. Permite el análisis multiplanar y obtener imágenes derivadas de diversas superficies. Se revisan las aplicaciones del U3D en obstetricia: el cálculo del peso fetal estimado, obtención del pliegue nucal, diagnóstico de malformaciones congénitas, análisis volumétrico, y las aplicaciones en ginecología: patología anexial y endometrial y malformaciones mullerianas.

PALABRAS CLAVE: Ultrasonido de tercera dimensión, Obstetricia, Ginecología.

SUMMARY

Recent advances in ultrasound have made three-dimensional ultrasound available. Its main features are volumetric measurements, multiplanar analysis within the tissue and imaging-rendering capability, allowing to examine the surface of different structures. Applications of this technology in obstetrics are reviewed such as fetal weight estimation, nuchal fold measurements, congenital malformations analysis and volumetric measurements. Gynecological applications are also reviewed as in the diagnosis of ovarian tumors, endometrial pathology and mullerian malformations.

KEY WORDS: Three-dimensional ultrasound, Obstetrics, Gynecology.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el desarrollo de la tecnología en el ultrasonido ha permitido mejorar la calidad de las imágenes no sólo en cuanto a resolución, sino en sus aplicaciones como el Doppler continuo y pulsado. Desde hace ya algunos años, se dispone del ultrasonido de tercera dimensión (U3D), el cual posee facultades que le son propias y que no se obtienen con el ultrasonido convencional en dos dimensiones (U2D): observar la composición y disposición espacial de vasos sanguíneos, realizar el análisis volumétrico de varias estructuras y órganos, realizar análisis multiplanar y la posibilidad de observar la superficie de ciertas áreas corporales. Estas dos últimas características lo hacen particularmente útil en el campo de la obstetricia y la ginecología, cuyas

aplicaciones específicas se revisan a continuación.

II. INSTRUMENTACIÓN

Desde el punto de vista técnico, existen dos grandes diferencias entre los aparatos de ultrasonido convencionales, que permiten registros en U2D y los capacitados para realizar U3D. Estos últimos, poseen transductores más voluminosos que a diferencia de los de ultrasonido convencional, permiten realizar un registro en dos direcciones diferentes, con un ángulo de 90 grados entre sí, obteniéndose dos planos distintos y mediante un proceso computarizado de digitalización e integración de las imágenes obtenidas en esos dos planos, se obtiene un tercer plano con su respectiva imagen. Estos tres planos, son entonces, per-

* MD. Profesor Asistente, Departamento de Ginecología y Obstetricia, Universidad Nacional de Colombia. Unidad de Ultrasonido, Instituto Materno Infantil, Bogota. Fellow Maternal Fetal Medicine, Thomas Jefferson Medical College, Philadelphia, EE UU. E-Mail: jcsabogal@hotmail.com

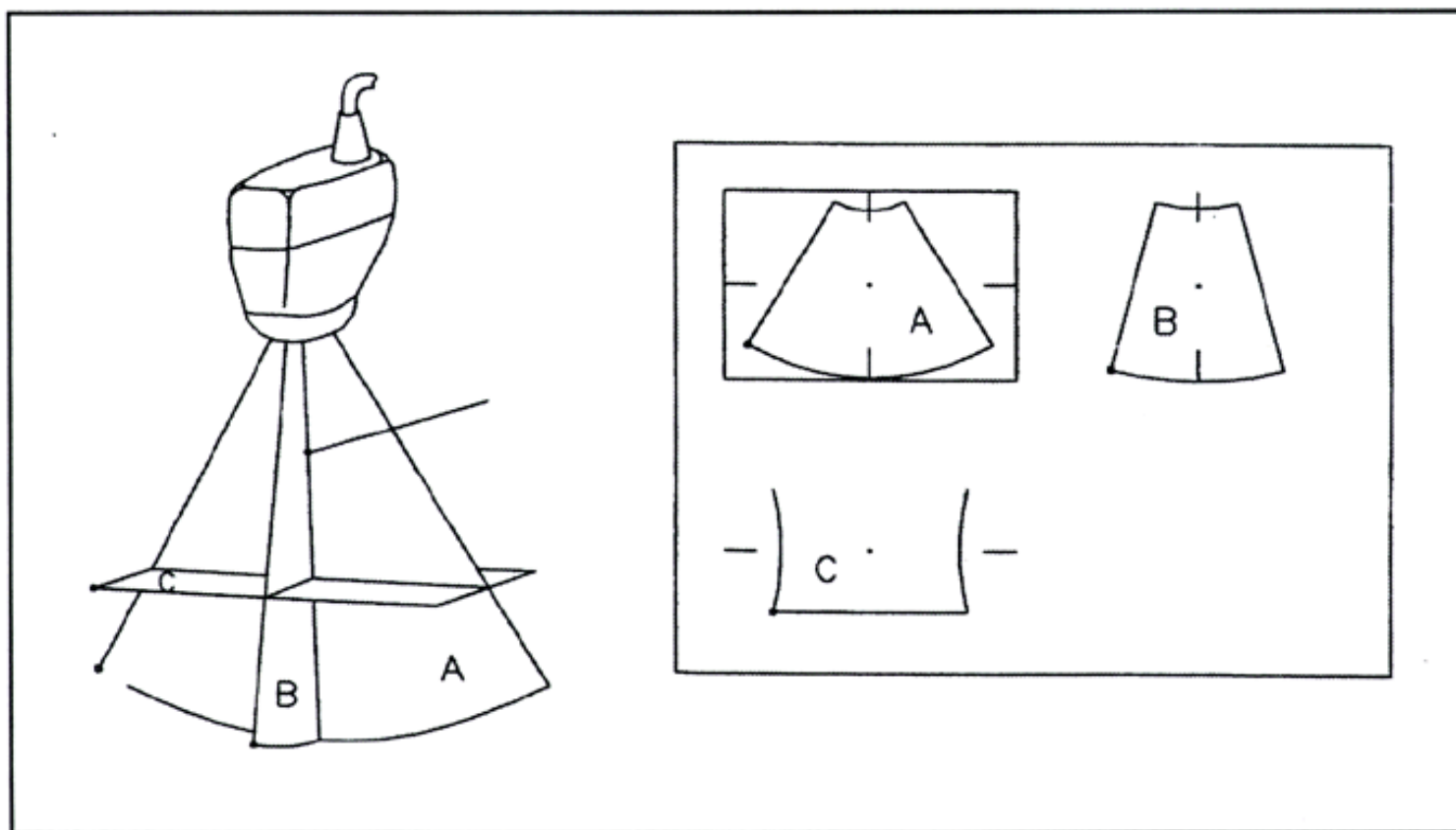


Figura 1

Se observa un transductor de ultrasonido para estudios en tercera dimensión, con los planos que genera: A: plano en el eje mayor del transductor, B: plano en el eje menor del transductor y C: plano derivado de los dos anteriores. Nótese que los tres planos son ortogonales entre sí. También se ilustra la manera como los planos son mostrados en la pantalla.

pendiculares entre sí, es decir, son ortogonales. El ultrasonido de 3D, identifica tales planos, los que se identifican con letras de la siguiente forma (figura 1):

- A: plano obtenido en el eje mayor del transductor.
- B: plano obtenido en el eje menor el transductor (perpendicular al anterior).
- C: plano obtenido por integración de los dos anteriores (perpendicular a los dos previos).

En segundo lugar, el aparato de U3D posee un computador de mayor capacidad que le permite realizar un proceso de digitalización de las imágenes obtenidas en los diferentes planos. Este proceso, codifica cada imagen en unidades de información bidimensional (pixels) y posteriormente ordena las imágenes en cortes secuenciales, conociendo la distancia entre los cortes, formando unidades de representación gráfica de volumen (voxels). Posteriormente, se realiza un proceso de adquisición de la imagen, reproyección, análisis,

derivación y exposición gráfica del volumen obtenido.

Cada uno de estos volúmenes es entonces presentado en la pantalla de manera tal que es posible observar los tres planos ortogonales simultáneamente, en el mismo volumen y ubicar en ellos un punto de interés. El volumen de tejido obtenido puede entonces ser manipulado por el examinador a su conveniencia rotándolo y observándolo desde la perspectiva de su interés. Una de las características importantes del U3D es ofrecer el análisis del volumen obtenido mediante planos oblicuos que no son posibles con equipos de U2D "navegando" a través del volumen de tejido obtenido, independientemente del plano en el cual se adquirió. Así, es posible que se obtenga una imagen coronal de la cara de un feto con labio leporino y a la vez observar simultáneamente el plano transversal correspondiente (figura 2).

Finalmente, resulta posible medir el volumen del tejido analizado con mayor precisión al ser

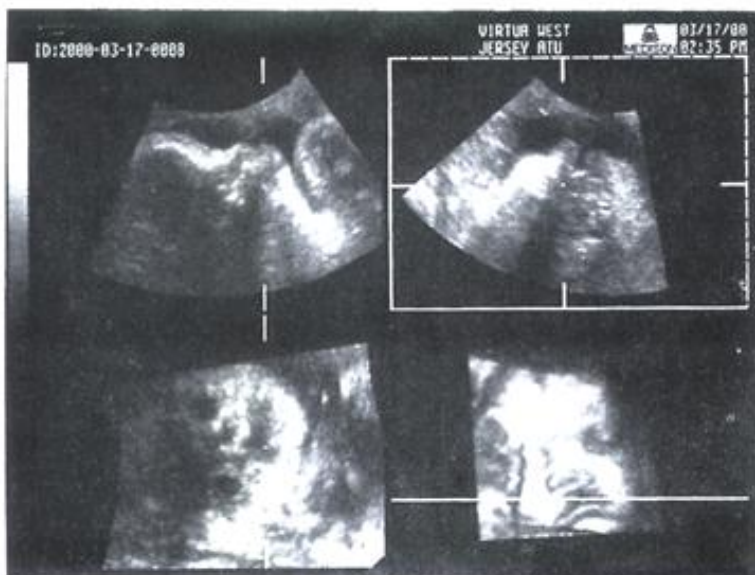


Figura 2
 Ultrasonido de tercera dimensión en un feto con labio leporino: obsérvese en el plano A, el perfil facial (sagital). En el plano B (transversal), a nivel del labio superior, el defecto central, sin compromiso palatino. En el plano C, se observa el plano derivado de los dos anteriores y en el extremo inferior derecho, se observa la imagen derivada (plano C) superficial de la cara fetal. También puede observarse el inicio de la fontanela anterior y a la izquierda, la placenta en contacto con el rostro fetal.

completamente incluido dentro de la información grabada en la imagen. Clásicamente, las medidas volumétricas en ultrasonido estaban basadas en la suposición de una morfología tisular determinada (esférica, elipsoidal, etc.), lo cual no es un fenómeno biológico frecuente. Esta metodología en consecuencia es inexacta. El U3D, puede realizar análisis volumétricos más exactos; el examinador

realiza medidas de áreas en cortes sucesivos de la estructura de interés a intervalos definidos por una escala que sirve de base para su reconstrucción y obtiene un volumen que obvia el sesgo de asumir una morfología determinada. Con esta técnica, se han estudiado volumétricamente diferentes estructuras de interés obstétrico y ginecológico como se verá mas adelante (figura 3).

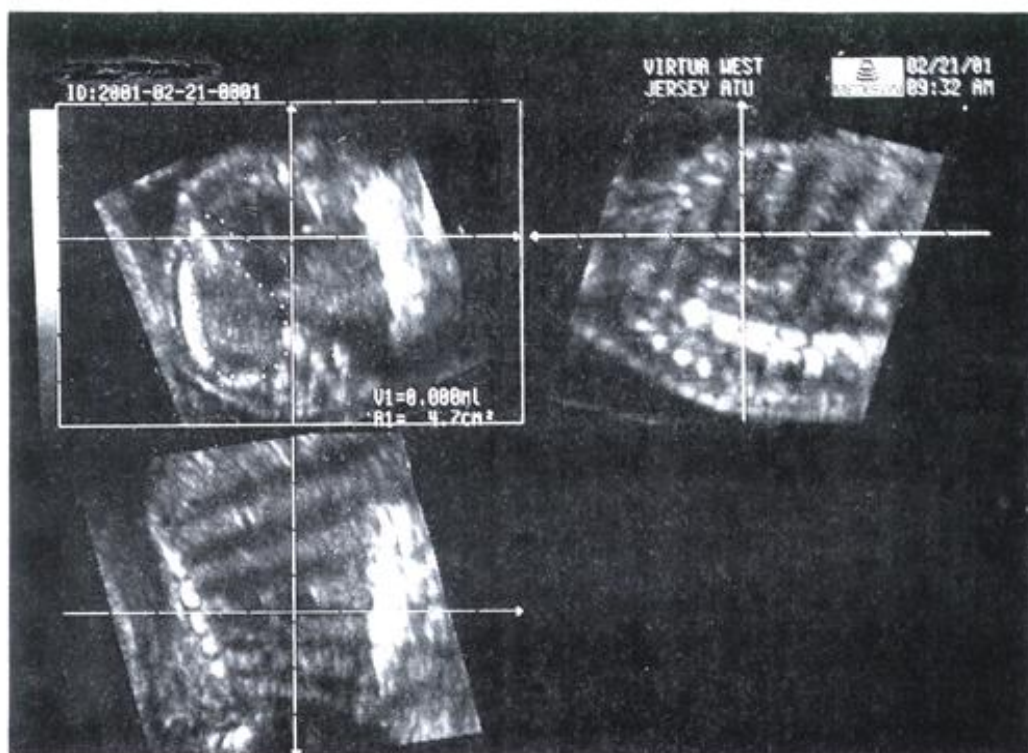


Figura 3
 Volumetría: plano A: un corte transversal del tórax fetal con las cámaras cardíacas y el trazado del contorno pulmonar izquierdo. B: se identifica un corte longitudinal del tórax fetal, el raquis en el extremo inferior y la escala superpuesta. La operación se repite en cortes sucesivos y el computador integra las áreas para obtener el volumen pulmonar total. C: plano coronal.



Figura 4

Rostro fetal: se observa una imagen derivada superficial de un feto de 32 semanas. Nótese la nitidez de los rasgos incluidos, los párpados, la perfecta visualización de nariz y boca y en el extremo inferior izquierdo del mentón, un asa de cordón.

La digitalización e integración de los planos obtenidos permite la visualización de la superficie de diferentes estructuras, que al ser derivadas de una reconstrucción multiplanar, sólo es posible con equipos de 3D. De este modo, puede observarse la superficie de diversas áreas como el rostro fetal con todo detalle (figura 4), extremidades o lesiones endometriales facilitando la identificación de alteraciones no muy evidentes con el U2D, como pólipos endometriales (figura 5). Existen dos limitantes importantes para este recurso en particular y para el U3D en general: tanto el movimiento durante la adquisición del volumen, como la ausencia de interfase (presencia de tejido y líquido amniótico simultáneamente), dificultan de manera frecuente la obtención de imágenes derivadas.

Los volúmenes e imágenes una vez obtenidos son susceptibles de ser procesados de diferentes maneras de acuerdo a las necesidades del examinador: es posible manipular el contraste, el brillo y el tamaño de las imágenes elegidas y aún más: resulta posible modificar la imagen a partir del volumen adquirido, aumentando la penetración del ultrasonido al tejido hasta obtener imágenes que sólo muestren las estructuras más ecogénicas (como hueso, dando el aspecto de Rx, útil en el estudio de displasias esqueléticas), o disminuyendo la penetración para observar superficies. Es también posi-

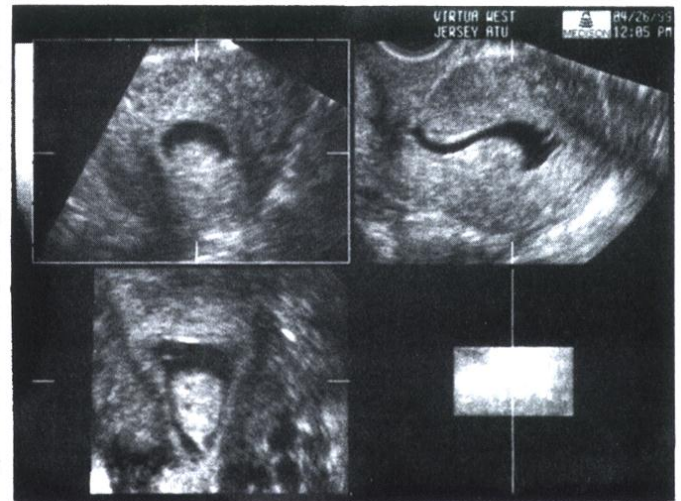


Figura 5

Acceso transvaginal con U3D. en el plano A, un corte transversal del útero mostrando un pólipo endometrial. Plano B: en un corte longitudinal de la misma lesión y en el plano C: el corte coronal respectivo, solo posible con U3D.

ble eliminar de la imagen zonas de tejido que no son de interés en un momento dado o que obstruyen la visualización de la estructura investigada. Esto se logra por medio de la operación de un "bisturí electrónico", que le permite al operador seleccionar del volumen grabado solo aquellos voxels que son objeto de su análisis, eliminando los demás. Con el uso del Power Doppler es posible obtener imágenes tridimensionales de territorios vasculares específicos como en la circulación útero-placentaria (figura 6).

Finalmente, el ultrasonido 3D permite que los volúmenes obtenidos sean grabados en la memoria del aparato o en disketes óptico-magnéticas que almacenan el volumen tisular obtenido para su posterior análisis en diferentes formas, después de que el paciente fue examinado. Esta propiedad es particularmente valiosa con fines académicos y de investigación¹.

En resumen, las ventajas del U3D son:

1. Análisis multiplanar.
2. Volumetría directa.
3. Visualización de superficies (imágenes derivadas).
4. Grabación de volúmenes para análisis posterior, investigación y docencia.
5. Mapeo del trayecto de vasos sanguíneos.

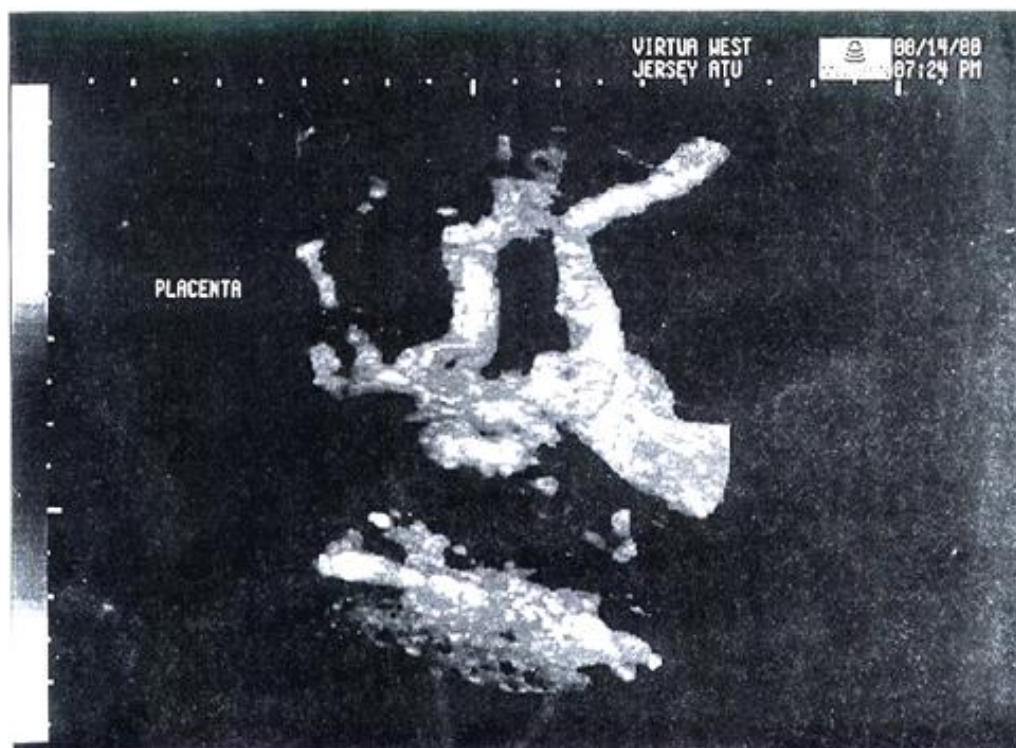


Figura 6
Power Angio U3D: irrigación
placentaria en un embarazo de 25
semanas. Se observa la imagen
tridimensional de los vasos san-
guíneos irrigando el espacio
interveloso.

Las desventajas son el resultado de la técnica usada para adquirir el volumen. Este proceso implica el uso de un transductor especial, con barrido del material piezoeléctrico en dos direcciones simultáneas. Como resultado, el tiempo en que el volumen se graba puede llegar a ser de hasta 8 segundos, según la necesidad del examinador. Debido a este tiempo relativamente prolongado y a la constante presencia de movimiento en el tejido examinado (feto, corazón), el proceso de adquisición del volumen se altera, con la consecuente distorsión de la imagen obtenida. Ello afecta la resolución, limitando el análisis. De lo anterior también se desprende que el U3D, hasta el momento presente no aborda satisfactoriamente estructuras en movimiento permanente como el corazón fetal. Sin embargo esta modalidad ha permitido el análisis de la función cardíaca siendo por lo menos comparable al análisis con U2D, como se analiza mas adelante ². Por lo mismo, no es posible observar tejidos en movimiento en tiempo real con U3D. Si bien es posible observar imágenes derivadas con movimientos de rotación predefinidos, estas corresponden al mismo volumen ya adquirido y procesado por el computador y no a una imagen en tiempo real. Se anticipa que

en el futuro, a medida que los tiempos de adquisición del volumen sean más cortos y el proceso de análisis de la imagen más expedito, se logren superar los inconvenientes citados y disponer de imágenes derivadas en tiempo real. Al igual que ocurre con el ultrasonido convencional, la diferencia en la ecogenicidad de dos estructuras adyacentes es la base para que puedan ser visualizadas como diferentes. Por ello, aún no es posible para el U3D diferenciar estructuras de ecogenicidad similar. Así por ejemplo, resulta difícil derivar imágenes de la cara fetal si esta se encuentra adosada a la pared uterina o existen oligoamnios.

En resumen, las desventajas son:

1. No tiene imágenes tridimensionales en tiempo real (hasta el momento).
2. El movimiento altera frecuentemente la adquisición del volumen.
3. Como en el U2D, imagen limitada por ausencia de interfase.
4. Visualización subóptima del corazón fetal o del feto en movimiento.

Al momento presente, varias compañías de tecnología en ultrasonido médico tienen disponibles modelos con U3D. Sin embargo, la mayoría de estas

máquinas, si bien permiten derivar imágenes de la superficie de diferentes estructuras, carecen de uno de los recursos más valiosos: el análisis multiplanar, que se logra cuando se tiene la posibilidad de grabar, presentar y manipular un volumen de tejido y no sólo la imagen derivada superficial. La mayoría de estos equipos tienen en el momento un valor superior a los US \$ 100.000 aunque es posible que la competencia y la simplificación de los procesos de computación bajen los costos.

III. APLICACIONES EN OBSTETRICIA

Uno de los problemas frecuentemente encontrado en la práctica obstétrica es el de calcular el peso fetal tanto en embarazos normales, como en población de alto riesgo (retardo de crecimiento intrauterino y macrosomía fetal). Desde el punto del ultrasonido 3D, se han realizado trabajos que incluyen el cálculo del peso fetal a partir de la medición del volumen del muslo y/o brazo. Chang et al, midieron el volumen del muslo en 100 fetos y obtuvieron un porcentaje absoluto de error de 5.8%, con respecto al peso obtenido al nacimiento³. También se ha utilizado el U3D en la medición combinada de la circunferencia del brazo y muslo fetales mostrando una desviación estandar de 8.8% con respecto al peso real⁴. Estos trabajos demuestran cálculos más precisos de peso al nacer, con márgenes de error inferiores a los propuestos por las fórmulas clásicas basadas en medidas ecográficas bidimensionales. También como aplicación de la capacidad volumétrica se han realizado medidas a lo largo de la gestación en estructuras y órganos fetales como pulmón⁵, riñones⁶ e hígado. Este último se postula como posible marcador de retardo de crecimiento intrauterino⁷.

El U3D, también se ha utilizado en obstetricia para definir la presencia de marcadores de aneuploidía. Uno de los principales problemas que ofrece la sonolucencia nucal como marcador ecográfico de cromosomopatía radica en la necesidad de obtener un plano nucal lo suficientemente nítido como para realizar la medida del segmento sonoluciente de manera precisa, lo cual no siempre es posible. La implementación del U3D durante el primer trimestre de embarazo permite la manipulación del volumen embrionario, obteniendo un plano de medida satisfactorio en el 100% de los casos lo cual resulta más eficiente que el obtenido con solo U2D(85%), ya que es posible "rotar" el embrión hasta obtener el plano ideal⁸.

Si bien es cierto que la inmensa mayoría de los casos de malformaciones congénitas son abordables razonablemente bien con U2D, en determinados casos ciertas propiedades del U3D como el análisis multiplanar pueden definir mejor la extensión o la naturaleza de las lesiones⁹. Lee reporta una serie de 2766 pacientes estudiadas prenatalmente con U2D y U3D encontrando que la combinación de ambas técnicas puede mejorar la tasa de detección de malformaciones mayores y aún menores¹⁰. En casos de dismorfología facial, el U3D ha mostrado importancia al permitir planear adecuadamente la aproximación quirúrgica correspondiente¹¹⁻¹². En labio y paladar hendidos, el análisis multiplanar y de superficie simplifica el diagnóstico del compromiso palatino y disminuye el número de falsos positivos que se obtiene con el solo uso de U2D durante el segundo trimestre del embarazo¹³. El análisis de las malformaciones cardíacas encuentra apoyo en el U3D que permite observar la dinámica de las diferentes cámaras durante el ciclo cardíaco¹⁴, siendo posible analizar la disposición y entrecruzamiento de los grandes vasos originado en los ventrículos¹⁵. Ciertas lesiones del sistema nervioso central, pueden ser identificadas ahora con el U3D; la ausencia del cuerpo calloso, de difícil diagnóstico prenatal con el U2D, resulta técnicamente más abordable por el U3D. Series de pacientes reportadas en la literatura muestran que el U3D, complementa el U2D permitiendo precisar entidades como casos de defectos de cierre del tubo neural¹⁶.

La posibilidad de observar la superficie corporal fetal, característica del U3D, permite también observar más claramente, malformaciones significativas¹⁷ que pueden pasar desapercibidas como la polidactilia¹⁸ o alteraciones en la proporción de los segmentos corporales como en el caso de las displasias esqueléticas¹⁹, o en la proporción de los segmentos de las extremidades²⁰⁻²¹.

Bega et al, han reportado el uso de U3D para el estudio y seguimiento de pacientes con amenaza de parto pretérmino, demostrando ser mejor que el U2D en la detección de los cambios cervicales y en la visualización del cerclaje correspondiente²².

La precisión del diagnóstico prenatal puede alterar el tratamiento y pronóstico de las diferentes lesiones y por ende la información que los padres reciben sobre el embarazo. Por ello, la implementación del U3D se justifica en los servicios de alto riesgo, redundando en beneficio tanto de los pacientes que reciben información más

precisa, como del médico tratante que basa sus conductas en diagnósticos y pronósticos adecuados cuando ello es posible. Adicionalmente, existen estudios que muestran el impacto de las imágenes del U3D en la madre y la familia, permitiendo una mejor comprensión del desarrollo fetal²³. Este impacto también es usado para fortalecer el vínculo materno-fetal en circunstancias específicas como en la patología siquiátrica²⁴ y en el manejo del tabaquismo en el embarazo²⁵.

IV. APLICACIONES EN GINECOLOGÍA

En el campo de la ginecología, el U3D ha permitido la volumetría de diferentes lesiones ginecológicas. La medición de los volúmenes ováricos de importancia en lesiones malignas como benignas, ha sido optimizada con U3D. Wu et al, estudiaron el volumen ovárico en relación al Síndrome de Ovarios Poliquísticos (SOP) en 66 pacientes: 22 normales y 44 con SOP, encontrando que el U3D, facilita la obtención de los volúmenes ováricos y agiliza el estudio ecográfico²⁶.

El estudio ecográfico de las malformaciones de los conductos de Muller que puede llegar a ser de difícil definición solamente basado en U2D, es ahora complementado por este método diagnóstico, ya que sólo el U3D permite la visualiza-

ción del plano coronal uterino (figura 7). En 61 pacientes con historia de infertilidad, los hallazgos por U3D concordaron con los de la histerosalpingografía, en casos de malformaciones congénitas mayores²⁷. En otra serie de 250 pacientes con malformaciones uterinas, Kurjak et al encontraron que el uso de U3D y Doppler mostró una alta precisión diagnóstica en este tipo de patología²⁸. Raga et al estudiaron 42 pacientes con infertilidad comparando los hallazgos por U3D y por laparoscopia-histerosalpingografía. En todos los casos de malformaciones Mullerianas, los métodos diagnósticos concordaron²⁹. Sin embargo, no se incluyó el U2D como parte de estos estudios (figura 7).

En una pequeña serie de pacientes, Bonilla-Musoles et al encontraron al U3D equivalente al U2D para la medición del calibre endometrial y superior a éste en la visualización y evaluación del endometrio y el miometrio³⁰.

La presencia de lesiones endometriales como hiperplasia, pólipos y adeno carcinoma es también susceptible de ser abordada con U3D. Una serie de 103 pacientes con sangrado postmenopáusico fue estudiada con U2D y U3D y se estableció una curva de operador-receptor que mostró que un volumen endometrial de 23 ml era superior al

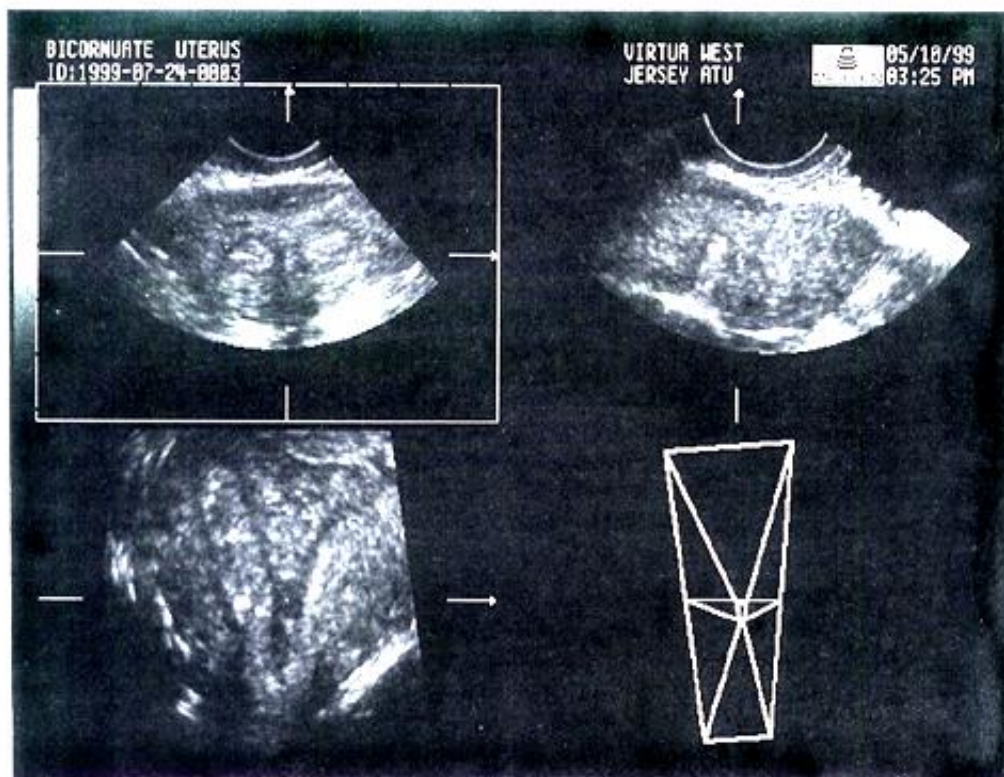


Figura 7

Acceso transvaginal con U3D: se observa un útero bicorne en los tres planos: transversal, longitudinal y coronal (solo posible con U3D). Se distinguen las dos líneas endometriales y el fondo uterino deprimido en la línea media.

calibre endometrial de 15 mm en el diagnóstico de adenocarcinoma³¹.

El análisis de los tumores ováricos también ha sido complementado por el U3D. El acceso transvaginal en 85 mujeres previamente a laparotomía, mostró que los volúmenes ováricos eran notablemente mas grandes en pacientes con patología maligna. Nuevamente, no hubo comparación con U2D³². Kurjak y Kupesic estudiaron 180 masas anexiales y 110 lesiones uterinas con U3D y doppler. Concluyeron que esta combinación permite la identificación de patrones vasculares propios de la naturaleza benigna o maligna de las lesiones, facilitando así su evaluación morfológica y funcional³³. También estudiaron la misma técnica combinada (U3D+Doppler) en 250 pacientes con anomalías uterinas encontrando una clara visualización y evaluación de la cavidad uterina y la porción miometrial, permitiendo un diagnóstico preciso del tipo de anomalía uterina³⁴.

V. INDICACIONES ACTUALES

La literatura actual referente al uso del U3D es limitada ya que la mayoría de estudios publicados corresponden a series de casos en ocasiones muy pequeñas y no se utiliza grupo control con U2D. En el momento actual, con la mejor evidencia disponible se sugiere que esta nueva tecnología podría ser útil en:

1. Análisis de malformaciones congénitas.
2. Sonolucencia nucal técnicamente inadecuada.
3. Determinación precisa del peso fetal estimado.
4. Necesidad de efectuar medidas volumétricas.
5. Definición de la naturaleza tumoral anexial.
6. Patología endometrial.
7. Malformaciones mullerianas.
8. Estudio del cérvix subóptimamente visualizado en la amenaza de parto pretérmino.

VI. CONCLUSIÓN

El advenimiento del ultrasonido de tercera dimension ofrece en la actualidad, diversas aplicaciones en el campo de la especialidad. Hasta el momento no existe evidencia clara de su superioridad al compararse con el U2D. Por ello, más que remplazo, el U3D complementa y amplía la información ya adquirida. El diagnóstico de diversas entidades de orden obstétrico como el retardo de crecimiento intrauterino y malformaciones congenitas y la posibilidad del estudio volumétrico fetal son recursos ahora disponibles que simplifican en casos seleccionados la identificación de lesiones y la toma de conductas. En el campo de la ginecología, el estudio de las malformaciones mullerianas y de la patología maligna y benigna del tracto genital recibe un apoyo importante del U3D.

Es claro que el U3D no debe ser practicado en pacientes que por la naturaleza de sus lesiones puede ser abordado satisfactoriamente con U2D. Sin embargo, en aquellos centros de referencia con poblaciones de pacientes de alto riesgo obstétrico o ginecológico, contar con el U3D puede aportar información que permita optimizar el proceso diagnóstico y terapéutico de manera importante.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Nelson TR, Downey DB, Pretorius DH, Fensten A. Three-dimensional ultrasound. Lippincott Williams & Wilkins, 1999.
2. Bega G, Kuhlman K, Lev-Toaff A, Kurtz A, Wapner R. The application of three-dimensional ultrasound in the evaluation of fetal heart. *J Ultrasound Med* (en prensa).
3. Chang FM, Liang RI, Ko HC, Yao BL, et al. Three-dimensional ultrasound-assessed fetal thigh volumetry in predicting birth weight. *Obstet Gynecol* 1997; 90(3): 331-9.
4. Favre R, Bader AM, Nisand G. Prospective study on fetal weight estimation using limb circumferences obtained by three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1995; 6(2): 140-4.
5. Lee A, Kratochwil A, Stumpflen I, Deutinger J, et al. Fetal lung volume determination by three-dimensional ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol* 175 (3 part 1): 588-92.
6. Hsien YY, Chang CC, Lee CC, Tsai H-D. Fetal renal volume assessment by three dimensional ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol* 2000; 182: 377-9.
7. Laudy JA, Janssen MM, Struyk PC, Stijnen T, et al. Fetal liver volume measurement by three-dimensional ultrasonography: a preliminary study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1998; 12(2): 93-6.
8. Kurjak A, Kupesic S, Ivansic-Kosuta M. Three-dimensional transvaginal ultrasound improves measurement of nuchal translucency. *J Perinatal Med* 1999; 27(2): 97-102.
9. Meyberg GC, Sohn C. Comparison between 2D and 3D sonography in the evaluation of fetal malformations. 1st World 3D Congress in Obstetrics and Gynecology 5-6 September 1997 Mainz/Germany.
10. Lee YM. The role of 3 dimensional ultrasonography in detecting the fetal anomalies. The first Korea-Japan Symposium on 3D ultrasound in Obstetrics and Gynecology. 17-19 September 1999.
11. Levailant JM, Ducou-Le-Pointe R, Gonzales M, Kohler E, et al. 3D ultrasound imaging of fetal face defects and dysmorphies (FFD). A comparison with postnatal computed tomography (CT).
12. Merz E, Weber G, Bahlman F, Miric-Tesanic D. Application of transvaginal and abdominal three-dimensional ultrasound for the detection or exclusion of malformations of the fetal face. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; 9(4): 237-43.
13. Pretorius DH, House M, Nelson TR, Hollenbach KA. Evaluation of normal and abnormal lips in fetuses: Comparison between

- three and two-dimensional sonography. *AJR* 1995; 165(5): 1233-7.
14. Nelson TR, Sklansky MS, Pretorius DH. Fetal heart assessment using three-dimensional ultrasound. 1st World 3D congress in Obstetrics and Gynecology 5-6 September 1997 Mainz/Germany.
 15. Meyer-Wittkopf M, Tercanli S, Hoesli IM, Zilken H, et al. Assessment of fetal great artery connections by three-dimensional echocardiographic imaging. 1st World 3D Congress in Obstetrics and Gynecology 5-6 September 1997 Mainz/Germany.
 16. Johnson DD, Pretorius DH, Riccabona M, Budorick NE, et al. Three-dimensional ultrasound of the fetal spine. *Obstet Gynecol* 1997; 89(3): 434-8.
 17. Merz E, Bahlmann F, Weber G, Miric-Tesanic D. Fetal malformations: three-dimensional assessment in the surface mode. 1st World 3D congress in obstetrics and gynecology 5-6 September 1997 Mainz/Germany.
 18. Ploeking U-B, Ulm MR, Lee A, Kratochwil A, et al. Antenatal depiction of fetal digits with three-dimensional ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol* 1996; 175(3 pt 1): 571-4.
 19. Pretorius DH, Garjian KV, Budorick NE, Cantrell C, et al. Assessment of fetal skeletal dysplasias using three-dimensional ultrasound. 8th World Congress ISUOG; 1-5 November 1998, Edinburgh, Scotland.
 20. Budorick NE, Pretorius DH, Johnson DD, Nelson TR, et al. Three-dimensional ultrasonography of the fetal distal lower extremity: Normal and abnormal. *J Ultrasound Med* 1998; 17(10): 649-660.
 21. Hata T, Aoki S, Akiyama M, Yanagihara T, et al. Three-dimensional ultrasonographic assessment of fetal hands and feet. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1998; 12(4): 235-9.
 22. Bega G, Lev-Toaff A, Kuhlman K, et al. Three-dimensional multiplanar transvaginal ultrasound of the cervix. *Ultrasound Obstet Gynecol* (en prensa).
 23. Maier B, Steiner H, Wienerroither H, Staudach A. The psychological impact of three-dimensional fetal imaging on the fetomaternal relationship. En: Baba K, Jurkovic D, eds. *Three-dimensional ultrasound in obstetrics and gynecology*. New York: Parthenon, 1997; 67-74.
 24. Maier B, Hasenohrl G, Steiner H, Staudach A. Psychological influences of 3-D-fetal imaging on women with high-risk pregnancies. 1st World 3D Congress in Obstetrics and Gynecology 5-6 September 1997 Mainz/Germany.
 25. Pretorius DH. Maternal smoking habit modification via fetal visualization. University of California Tobacco Related Disease Research Program. Annual report to the California State Legislature, 1996; 76.
 26. Wu MH, Tang HH, Hsu CC, Wang ST, et al. The role of three-dimensional ultrasonographic images in ovarian measurement. *Fertil Steril* 1998; 69(6): 1152-5.
 27. Jurkovic D, Geipel A, Gruboeck K, Jauniaux E, et al. Three dimensional ultrasound for the assessment of uterine anatomy and detection of congenital anomalies: a comparison with hysterosalpingography and two-dimensional sonography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1995, 5(4): 233-7.
 28. Kurjak A, Kupesic S. Combined use of three-dimensional(3D) ultrasound and color doppler in the assessment of uterine anomalies. 1st World 3D congress in Obstetrics and Gynecology 5-6 September 1997 Mainz/Germany.
 29. Raga F, Bonilla-Musoles F, Blanes J, Osborne NG. Congenital Mullerian anomalies: diagnostic accuracy of three-dimensional ultrasound. *Fertil Steril* 1996; 65(3): 523-8.
 30. Bonilla-Musoles F, Raga F, Blanes J, Osborne NG, et al. Three-dimensional hysterosonographic evaluation of the normal endometrium: comparison with transvaginal sonography and three-dimensional ultrasound. *J Gynecol Surg*. 1997; 13(3): 101-7.
 31. Gruboeck K, Jurkovic D, Lawton F, Savvas M, et al. The diagnostic value of endometrial thickness and volume measurements by three-dimensional ultrasound in patients with postmenopausal bleeding. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; 8(4):272-6.
 32. Zalel Y, Tepper R, Altaras M, Beith Y. Transvaginal sonographic measurements of postmenopausal ovarian volume as a possible detection of ovarian neoplasia. *Acta Obstet Gynecol Scandinavica*. 1996; 75(7): 668-71.
 33. Kurjak A, Kupesic S. Three dimensional ultrasound and power doppler in assessment of uterine and ovarian angiogenesis: a prospective study. *Croatian Med J*. 40(3):413-20. 1999.
 34. Kupesic S, Kurjak A, Zalud I. Combined use of three-dimensional and color Doppler ultrasound in the assessment of uterine anomalies. *J Ultrasound Med* 1999; 18(3) Suppl.