

ULTRASONIDO TRIDIMENSIONAL EN OBSTETRICIA

DR. WALDO SEPÚLVEDA L.
CENTRO DE MEDICINA FETAL.
DEPARTAMENTO DE OBSTETRICIA Y GINECOLOGÍA.
CLÍNICA LAS CONDES.
waldosep@hotmail.com

DR. DANIEL CAFICI.
SERVICIO DE ECOGRAFÍA Y DIAGNÓSTICO PRENATAL.
ECODIAGNÓSTICO ALEM.
BUENOS AIRES, ARGENTINA.
dcafici@fibertel.com.ar

RESUMEN

En los últimos años, la incorporación del ultrasonido tridimensional (3D) ha tenido un gran impacto en la práctica obstétrica. La visualización de estructuras anatómicas fetales, en especial la cara fetal, ha demostrado tener gran importancia en el apego prenatal. Así mismo, la notable mejoría en la resolución de imágenes de la superficie fetal y el uso de nuevas técnicas 3D de multicorte ha ayudado a una mejor caracterización de la anatomía normal y malformaciones congénitas durante la etapa prenatal. En este capítulo se revisan las principales características del ultrasonido 3D y sus aplicaciones en el cuidado del embarazo normal.

SUMMARY

The advent of three-dimensional (3D) ultrasound in recent years has made a great impact in obstetric practice. Visualization of fetal anatomy, especially the fetal face, has demonstrated important in prenatal bonding. From the medical point of view, the better resolution of fetal imaging and the use of new 3D techniques such as multisided views, has certainly helped in a much better characterization of the normal fetal anatomy and the assessment of congenital structural anomalies in uterus. In this chapter we review the main features of 3D ultrasound and its application in antenatal care.

Key words: 3D ultrasound, fetal sonography, multiplanar views.

INTRODUCCIÓN

Existen pocas áreas, tal vez ninguna otra, que haya experimentado tantos avances técnicos en los últimos tiempos como el ultrasonido diagnóstico. El advenimiento del ultrasonido tridimensional (3D) en los últimos 15 años representa una nueva evolución tecnológica que requiere de nuestra rápida adaptación para conocer el método, utilizarlo y evaluarlo. La incorporación de la técnica 3D permite ver aquello que siempre se había representado mentalmente -el tercer plano ortogonal- y obtener excelentes imágenes superficiales.

El ultrasonido 3D brinda una nueva herramienta para evaluar al feto, cuya estructura es compleja, y cuya situación y entorno son variables, factores que pueden dificultar su estudio detallado. Diferentes autores han encontrado en el ultrasonido 3D la posibilidad de obtener más y mejores diagnósticos (1, 2). Sin embargo, otros investigadores postulan que los diagnósticos realizados con ultrasonido 3D pueden efectuarse con ultrasonido bidimensional (2D), estimando que esta situación no cambiará en el futuro cercano (3, 4). En este trabajo revisamos las características, aplicaciones y utilidades del ultrasonido 3D en el embarazo normal.

TÉCNICA

Existen diferentes formas para obtener imágenes por ultrasonido 3D. Una de ellas consiste en utilizar una lente desenfocante anexada a un transductor convencional. De esta forma se logra que el haz de ultrasonido tome una dirección divergente y genere una imagen volumétrica (5). Actualmente, el método utilizado es más complejo y de mejor rendimiento, e involucra el procesamiento de imágenes mediante programas de computación. Este último método comprende tres etapas: 1) adquisición de la imagen; 2) construcción del bloque o volumen 3D y 3) proyección de la información 3D en un plano 2D (6).

Adquisición de la imagen 3D: La imagen 3D se adquiere mediante la obtención de un gran número de cortes paralelos o “tomogramas” a través del movimiento (barrido) de un transductor de ultrasonido. A su vez, existen dos mecanismos diferentes para este barrido, que puede ser manual, en que el operador mueve el transductor a través del volumen de imagen que se desea procesar, o bien automático, donde los planos paralelos son obtenidos en forma automática debido al movimiento mecánico del transductor. En la adquisición automática algunos equipos permiten diferentes ajustes, se puede variar la caja de volumen a obtener, modificando la extensión de cada uno de los planos, y también modificar el tiempo de barrido. Cuando el feto presenta muchos movimientos es necesario un barrido rápido, pero se obtiene menor resolución. Se puede también optar por un barrido intermedio o normal, o uno lento donde se logrará la mayor resolución.

Construcción del bloque tridimensional: La serie de tomogramas obtenidos son ordenados en forma de un conjunto de elementos de volumen (voxels) y a cada uno de ellos se les asigna un valor diferente de gris o de brillo.

Proyección de la información 3D en un plano 2D: La computadora genera varias imágenes utilizando la información 3D, de manera tal que puedan visualizarse como una reconstrucción multiplanar por secciones, rendimiento superficial, rendimiento de volumen o representación 3D en tiempo real. En la reconstrucción multiplanar el equipo despliega 3 planos ortogonales bidimensionales en una misma altura de corte. O sea, en un determinado nivel de sección (que puede ser modificado) se puede ver el plano sagital, el axial y el coronal de manera simultánea en tres sectores diferentes de la pantalla.

El rendimiento de superficie permite, utilizando un adecuado umbral de filtro, extraer la imagen del feto, debido a sus altos niveles de grises y, entonces, proyectarla brindando una visión tridimensional. Para la proyección de manera tridimensional el valor de grises de cada voxel es asignado según la distancia relativa, de manera tal que los componentes más cercanos se muestran con más brillo y los más lejanos, más oscuros. Otros métodos de sombreado completan este proceso para poder apreciar las diferencias más sutiles que se presenten en la superficie. Esta modalidad permite obtener imágenes fetales de excelente calidad y realismo (7). En el rendimiento de volumen la información 3D es proyectada directamente en el plano 2D sin que medie ninguna ex-

tracción de datos. En esta variante se puede lograr imágenes diferentes, según el procedimiento que se utilice. Por ejemplo, mediante una intensidad máxima de proyección, donde sólo los máximos valores de grises son proyectados, se puede obtener la imagen del esqueleto fetal.

La representación 3D en tiempo real (4D) constituye el desarrollo más reciente de la tecnología 3D y permite obtener imágenes 3D en movimiento. La cantidad de imágenes que pueden ser obtenidas en el tiempo está mejorando paulatinamente en los equipos y cada vez se encuentra más cercana al tiempo real. Esta técnica permite demostrar a los padres sorprendentes actitudes del feto (apertura de la boca, bostezo, protrusión de la lengua, movimiento de las extremidades) (8) con calidad fotográfica y es de utilidad para el operador cuando el feto experimenta muchos movimientos que dificultan la adquisición convencional de la imagen. Una posibilidad importante en algunos equipos es la de contar con un “bisturí electrónico”, que permite eliminar las estructuras que interfieran con la imagen principal. También se puede efectuar cálculos de volumen más precisos.

VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL ULTRASONIDO 3D

Una de las grandes ventajas del ultrasonido 3D consiste en la posibilidad de analizar un determinado volumen adquirido mediante el rendimiento multiplanar. Esto significa que, si se captura determinado sector (volumen) de la anatomía fetal, se podrá efectuar cortes en cualquier sitio del mismo y analizarlo en los diferentes planos. Un punto marca la región que se está analizando en cada uno de los planos y que se puede desplazar libremente a través de todo el volumen para analizar diferentes partes de su anatomía. Otra ventaja consiste en la posibilidad de obtener imágenes claras que permitan la comprensión más sencilla de cualquier anomalía, sobre todo para aquellos que no se encuentren familiarizados con las imágenes ultrasonográficas convencionales (padres, otros integrantes del equipo médico, etc.). Las malformaciones superficiales del feto (cara, miembros) son evaluadas con más precisión mediante esta metodología. El impacto emocional que generan estas imágenes en los padres, principalmente cuando son demostradas en movimiento, es alto. Se ha descrito un mayor acercamiento entre los padres y el hijo por nacer cuando es observado con ultrasonografía tridimensional (9, 10, 11). Por último, la posibilidad de guardar un volumen permite estudiarlo posteriormente con mayor detalle, enviarlo a colegas para su interconsulta y utilizarlo con fines docentes.

Es necesario también tener en cuenta algunas limitaciones. Se requiere de equipos sofisticados con transductores aplicados y de elevado costo. Existe la probabilidad de instalar una “estación de trabajo” utilizando cualquier equipo de menor costo para generar imágenes 3D, pero la calidad de los resultados no es comparable. El ultrasonido 3D está sometida a las mismas limitaciones que el ultrasonido 2D, dificultándose el estudio en casos de pacientes obesas o ante la presencia de una escasa cantidad de líquido amniótico. Los movimientos, la posición fetal y la interposición de partes fetales también pueden impedir la obtención de un resultado adecuado con ultrasonido 3D. Se puede decir que para

obtener una buena imagen 3D se debe partir de una imagen 2D adecuada. En el estudio 2D, el operador con experiencia sabe cuando se podrá obtener una imagen de buena calidad. En la Tabla 1 se detallan las principales ventajas y limitaciones del ultrasonido 3D.

Una pregunta habitual se refiere al mejor momento para efectuar un estudio de ultrasonido 3D en el embarazo. Ante todo, se debe aclarar que el ultrasonido 3D no es un estudio que se deba ofrecer rutinariamente a todas las pacientes. De esta forma habrá que afirmar, entonces, que el mejor momento será aquel en el que surja la indicación que suele originarse en un estudio 2D previo. Sin embargo, esta inquietud suele ser generalmente formulada por los padres y se refiere al momento en que mejor se puede observar al feto. Al respecto hay que conjugar diferentes aspectos que incluyen: (a) que la cara del feto esté con una cantidad de panículo adiposo suficiente con más aspecto de recién nacido que de feto; (b) que no sea un momento de marcada actividad fetal; y (c) que sea una etapa del embarazo en el que la relación líquido amniótico / feto permita tener una elevada posibilidad de éxito en visualizar al feto y, sobre todo, su cara. En la experiencia de los autores, la etapa que mejor combina todos estos elementos es el final del segundo trimestre y los comienzos del tercero.

ULTRASONIDO 3D EN EL PRIMER TRIMESTRE

El primer trimestre del embarazo tiene un elemento de gran ayuda para la obtención de imágenes 3D que es la de presentar una gran cantidad de líquido amniótico. Es así que los diferentes estadios evolutivos de la gestación precoz pueden apreciarse con marcada nitidez mediante ultrasonido 3D, especialmente cuando se cuenta con la posibilidad de evaluarlos por vía transvaginal (Figura 1). La limitación de movimiento que tiene el transductor en la vagina se puede soslayar con la técnica 3D, permitiendo obtener todos los planos del embrión. En la práctica estas y otras ventajas del ultrasonido 3D han sido aplicadas en diferentes situaciones durante el primer trimestre (12). Diversos investigadores (13, 14, 15) mencionan la ventaja del ultrasonido 3D para establecer el volumen del saco gestacional y predecir la evolución de la gestación.

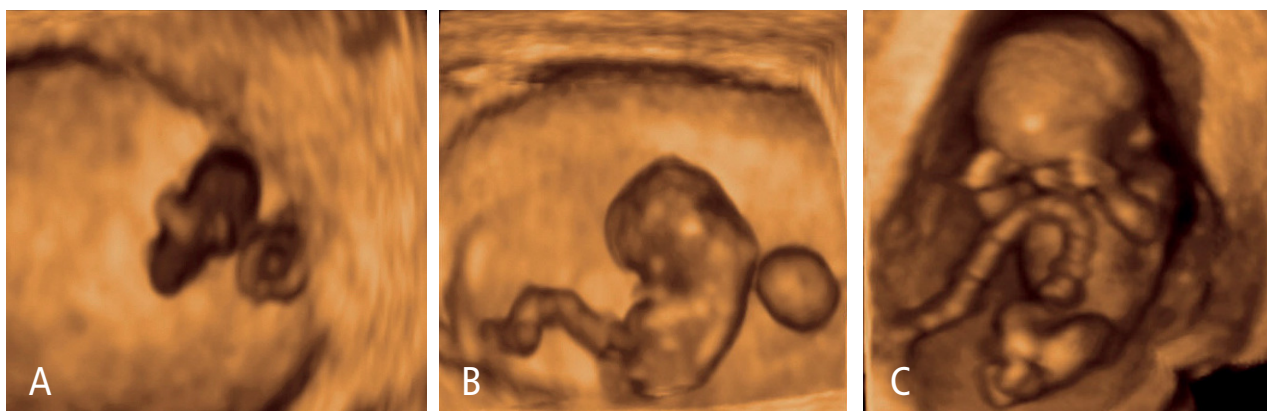
TABLA 1. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL ULTRASONIDO 3D EN OBSTETRICIA

VENTAJAS

- Libre movimiento y rotación de las diferentes estructuras del feto
- Posibilidad de obtener los diferentes planos ortogonales en cualquier sector
- Mejor definición del tamaño de un defecto
- Posibilidad de establecer volúmenes con mayor precisión
- Mayor comprensión de las imágenes
- Beneficio en la relación feto – padres
- Almacenamiento de la imagen
 - Posibilidad de revisión detallada ulterior
 - Interconsulta con colegas y especialistas (telemedicina)
 - Docencia y entrenamiento

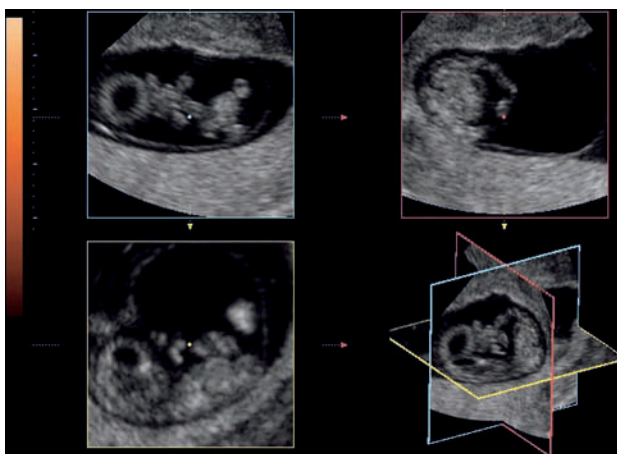
LIMITACIONES

- Costo elevado
- Movimientos fetales
- Interposición de partes fetales (manos, pies), placenta y cordón umbilical
- Posición fetal inadecuada (Ej. dorso anterior para ver la cara)
- Hábito materno (obesidad) y cirugía abdominal previa
- Escasa cantidad de líquido amniótico



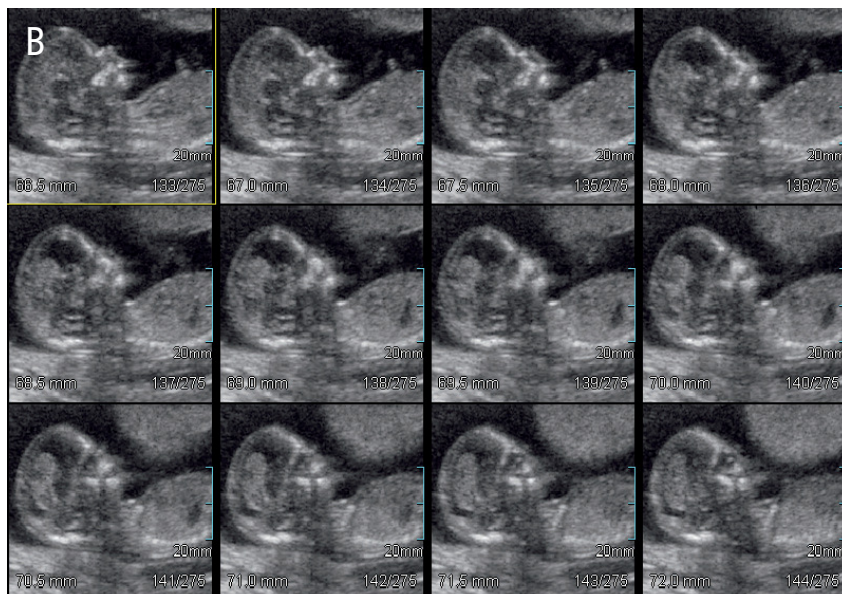
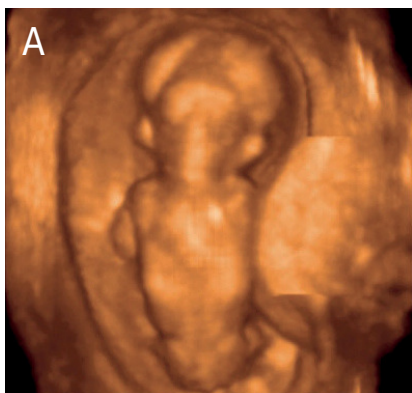
La sonoembriología cerebral ha sido detalladamente evaluada mediante ultrasonido 3D (12, 16), existiendo comunicaciones de diferentes malformaciones del sistema nervioso central evaluadas con ultrasonido 2D y 3D durante el primer trimestre (Figura 2) (17, 18, 19, 20). El ultrasonido 3D puede ser de utilidad en la identificación de la translucencia nucal ya que permite variar el plano de observación del feto (Figura 3) (21, 22, 23). Sin embargo, otros autores sugieren que la evaluación de la translucencia nucal mediante ultrasonido 3D sólo es posible cuando también, mediante ultrasonografía 2D, puede apreciarse claramente la piel de la nuca (24).

La evaluación del volumen placentario puede ser de utilidad en el asesoramiento de riesgo de anomalías cromosómicas en el primer trimestre. Metzenbauer y cols. (25) encontraron un cociente placentario



ULTRASONIDO 3D EN EL SEGUNDO Y TERCER TRIMESTRE

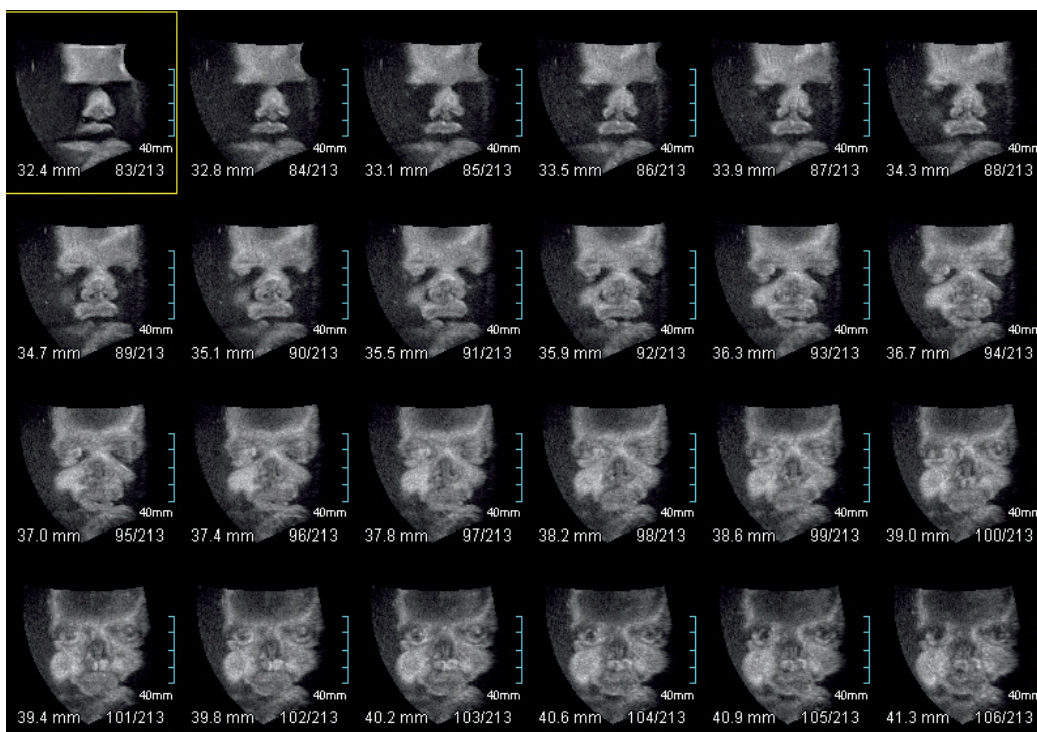
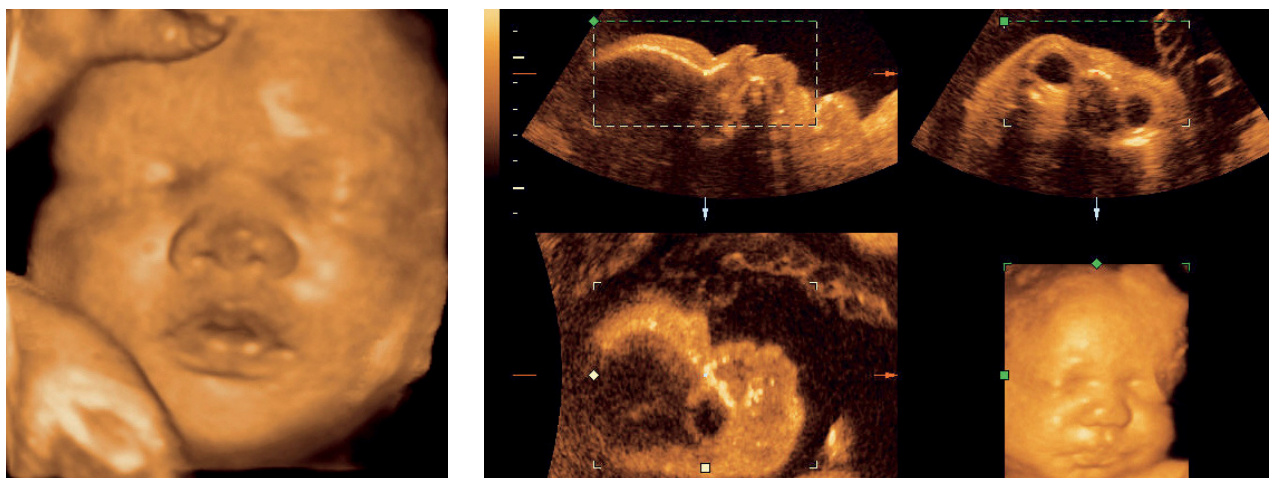
El ultrasonido 3D ha demostrado ser de enorme importancia en la evaluación de la anatomía fetal, siendo la cara una de las regiones de la anatomía fetal donde el ultrasonido 3D puede mostrar las mayores ventajas (Figura 4). Se debe tener en cuenta, sin embargo, que para obtener una imagen 3D de la cara de excelente calidad se debe partir de otra imagen 2D similar, situación que requiere de una adecuada posición fetal y de la presencia de líquido amniótico alrededor de la cara. La posibilidad de obtener diferentes cortes rotando la imagen y variando el plano de sección facilita la detección de las diferentes

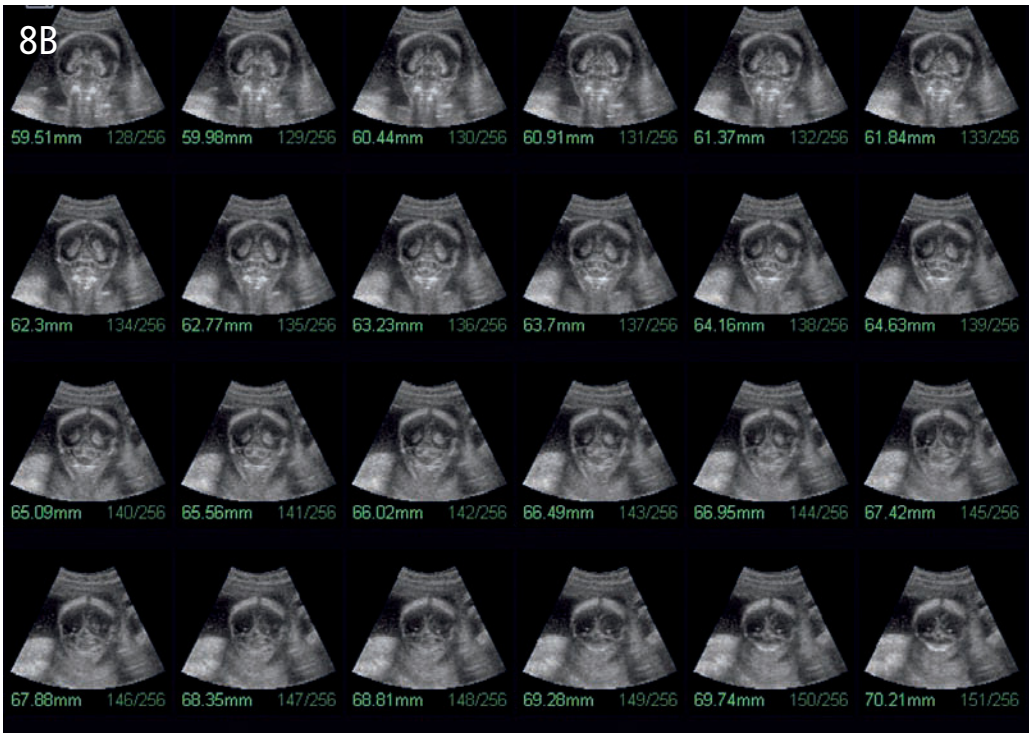
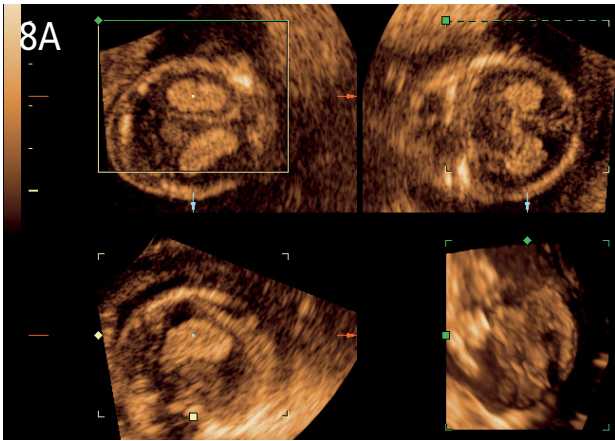
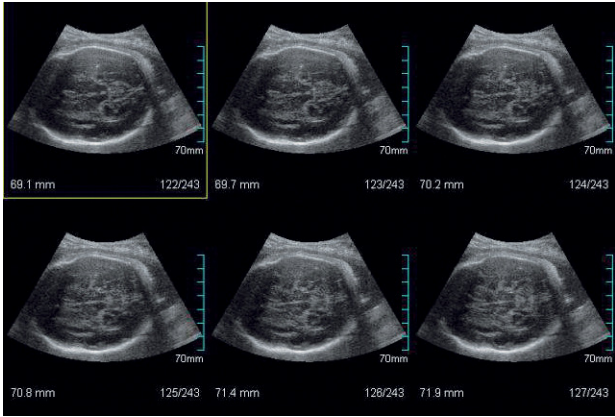


estructuras de la cara (Figura 5). De esta manera, las orejas pueden ser identificadas y evaluadas muy detalladamente, y detectarse con más claridad anomalías en su morfología. El paladar fetal y sus anomalías pueden evaluarse más fácilmente mediante el uso del rendimiento multiplanar (Figura 6) (37). Los labios también se pueden observar con mucha claridad. El labio leporino puede ser detectado habitualmente con ultrasonido 2D, pero el uso del ultrasonido 3D permite demostrar las imágenes con mayor claridad, siendo de utilidad tanto para los padres como para otros profesionales involucrados en el futuro trata-

miento, como el cirujano plástico. El perfil fetal puede evaluarse con ultrasonido 3D en sus diferentes modalidades, permitiendo entonces descartar o confirmar patologías tales como micrognatia, alteraciones del puente nasal y frente prominente, entre otras. Finalmente, la evaluación de la cara fetal con ultrasonido 4D constituye una metodología de tremendo impacto emocional en los padres.

El examen del sistema nervioso central también puede beneficiarse del ultrasonido 3D, ya que el análisis multiplanar permite el examen de





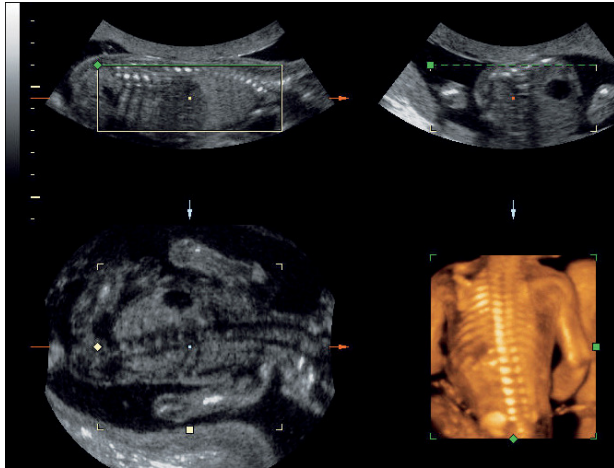


Figura 9: Vistas ortogonales y reconstitución de la columna vertebral fetal.

ESTIMACIÓN DEL PESO FETAL

La posibilidad del ultrasonido 3D de efectuar cálculos volumétricos puede ser utilizada en la predicción del peso fetal. En los estudios iniciales se observó que la volumetría 3D de un sólo segmento de la anatomía, como el brazo o el muslo, brindaba resultados más satisfactorios que las ecuaciones convencionales basadas en ultrasonido 2D (42, 43). Posteriormente, las técnicas iniciales fueron simplificadas utilizando sólo tres secciones de corte en el muslo fetal, en vez de los cortes seriados cada 3 mm propuestos originalmente (43), obteniéndose una buena correlación entre las mediciones y el peso en el nacimiento. Recientemente se ha propuesto una fórmula que incluye el volumen del brazo, muslo y abdomen, y el diámetro biparietal (44). De todas maneras se requiere mayor experiencia en este campo, ya que estas estimaciones deben aún considerarse experimentales.

VOLUMETRÍA DE ÓRGANOS

Si bien se han mencionado determinaciones del volumen pulmonar utilizando U3D, todavía no se ha confirmado su utilidad en el diagnóstico de hipoplasia pulmonar (45), aunque hay buenas experiencias preliminares en casos asociados a hernia diafragmática. También se ha propuesto la ventaja del ultrasonido 3D para efectuar la biometría del cerebelo, aunque los resultados obtenidos no difieren mayormente de los logrados con ultrasonido 2D (46). Estudios recientes han demostrado una adecuada correlación entre mediciones efectuadas con ultrasonido 3D de la columna vertebral fetal, con la edad gestacional y el peso de nacimiento (47, 48, 49, 50). El estudio del volumen hepático puede llegar a ser una herramienta de utilidad para la predicción de restricción de crecimiento intrauterino, existiendo estudios conducidos con tal propósito (51).

Diversos estudios han mostrado una asociación entre el volumen de la placenta evaluado con ultrasonido 3D y el peso en el nacimiento en la

primera mitad del embarazo (4, 52, 53). Sin embargo, la utilidad de la volumetría placentaria como indicador de resultado perinatal no se ha determinado aún.

ESTADO ACTUAL Y FUTURO

Actualmente el uso del ultrasonido 3D es de importancia como auxiliar en los diagnósticos efectuados con ultrasonido 2D, siendo todo estudio 3D parte de una correcta evaluación 2D. Cuando se identifica alguna anomalía mediante ultrasonido 2D, el ultrasonido 3D permitirá aclarar las imágenes, ayudando, en ocasiones, a confirmar el diagnóstico y/o a precisar el origen y la extensión de una anomalía. En base a esto se puede afirmar que la indicación de realizar un estudio 3D surge siempre de otro estudio previo 2D, y que en fetos con riesgo elevado de padecer malformaciones estructurales o cuando se desee efectuar un rastreo general de anomalías, el estudio que debe ser indicado será una evaluación detallada de la anatomía fetal. Esta aclaración es importante, dado que diariamente se observan ultrasonidos 3D donde el informe hace breve o ninguna referencia a la anatomía fetal y se limita a intentar alguna imagen de la cara u otra porción llamativa del feto. El riesgo de esta actitud es el desprestigio de la técnica y, más aún, de la especialidad, toda vez que un operador con escasa experiencia en la evaluación de la anatomía fetal y sus alteraciones limite el estudio a conseguir una "cara bonita". Aún cuando el estudio 3D sea solicitado para satisfacer la demanda de los padres, el mismo deberá incluir una cuidadosa evaluación de la anatomía fetal. Si bien esta norma es válida para todo tipo de examen de ultrasonido, se torna más importante en el caso del ultrasonido 3D, dado que está orientada básicamente a descartar malformaciones estructurales. Avances futuros en el campo del ultrasonido 3D tal vez permitan otorgar a esta técnica un rol más importante, dado que, por el momento, constituye una herramienta auxiliar o complementaria del ultrasonido 2D.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cafici D, Sepúlveda W. Ultrasonido tridimensional en obstetricia. En: Cafici D, Mejides A, Sepúlveda W (Eds.): Ultrasonografía en Obstetricia y Diagnóstico Prenatal. Editorial Journal, Buenos Aires, 2003.
2. Merz E, Bahlmann F, Weber G, et al. Three-dimensional ultrasonography in prenatal diagnosis. *J Perinat Med* 1995;23:213-222.
3. Blaas HGK, Eik-Nes SH, Berg S. Three-dimensional fetal ultrasound. *Baillieres Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2000;14:611-627.
4. Michailidis GD, Economides DL, Schild RL. The role of three-dimensional ultrasound in obstetrics. *Curr Opin Obstet Gynecol* 2001;13:207-214.
5. Devonald KJ, Ellwood DA, Griffiths KA, et al. Volume imaging: three-dimensional appreciation of the fetal head and face. *J Ultrasound Med* 1995;14:919-925.

6. Baba K. Development of three-dimensional ultrasound in obstetrics and gynecology: technical aspects and possibilities. In: Merz E (Ed): 3-D Ultrasound in Obstetrics and Gynecology. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 1998.
7. Baba K, Okai T. Basics and principles of three-dimensional ultrasound. In: Baba K, Jurkovic D (Eds.): Three-Dimensional Ultrasound. Parthenon Publishing, Carnforth, 1997.
8. Baba K, Okai T, Kozuma S. Real-time processable three-dimensional fetal ultrasound. *Lancet* 1996;348:1307.
9. Maier B, Steiner H. The psychological impact of three-dimensional fetal imaging on the fetomaternal relationship. In: Baba K, Jurkovic D (Eds.) Three-Dimensional Ultrasound. Parthenon Publishing, Carnforth, 1997.
10. Timor-Tritsch IE, Platt LD. Three-dimensional ultrasound experience in obstetrics. *Curr Opin Obstet Gynecol* 2002;14:569-575.
11. Downey DB, Fenster A, Williams JC. Clinical utility of three-dimensional US. *Radiographics* 2000;20:559-571.
12. Benoit B, Hafner T, Kurjak A, et al. Three-dimensional sonoembryology. *J Perinat Med* 2002;30:63-73.
13. Steiner H, Staudach A, Spitzer D, et al. Three-dimensional ultrasound in obstetrics and gynaecology: technique, possibilities and limitations. *Hum Reprod* 1994;9:1773-1778.
14. Steiner H, Gregg AR, Bogner G, et al. First trimester three-dimensional ultrasound volumetry of the gestational sac. *Arch Gynecol Obstet* 1994;255:165-170.
15. Babinszki A, Nyari T, Jordan S, et al. Three-dimensional measurement of gestational and yolk sac volumes as predictors of pregnancy outcome in the first trimester. *Am J Perinatol* 2001;18:203-211.
16. Blaas HG, Eik-Nes SH, Kiserud T, et al. Three-dimensional imaging of the brain cavities in human embryos. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1995;5:228-232.
17. Blaas HG, Eik-Nes SH, Isaksen CV. The detection of spina bifida before 10 gestational weeks using two- and three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000;16:25-29.
18. Hsu TY, Chang SY, Ou CY, et al. First trimester diagnosis of holoprosencephaly and cyclopia with triploidy by transvaginal three-dimensional ultrasonography. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2001;96:235-237.
19. Blaas HG, Eik-Nes SH, Vainio T, et al. Alobar holoprosencephaly at 9 weeks gestational age visualized by two- and three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000;15:62-65.
20. Sepúlveda W, Lutz I, Be C. Holoprosencephaly at 9 weeks 6 days in a triploid fetus: two- and 3-dimensional sonographic findings. *J Ultrasound Med* 2007;26:411-414.
21. Eppel W, Worda C, Frigo P, et al. Three- versus two-dimensional ultrasound for nuchal translucency thickness measurements: comparison of feasibility and levels of agreement. *Prenat Diagn* 2001;21:596-601.
22. Chung BL, Kim HJ, Lee KH. The application of three-dimensional ultrasound to nuchal translucency measurement in early pregnancy (10-14 weeks): a preliminary study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000;15:122-125.
23. Bonilla-Musoles F, Raga F, Villalobos A, et al. First-trimester neck abnormalities: three-dimensional evaluation. *J Ultrasound Med* 1998;17:419-425.
24. Paul C, Krampf E, Skentou C, et al. Measurement of fetal nuchal translucency thickness by three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001;18:481-484.
25. Metzenbauer M, Hafner E, Schuchter K, et al. First-trimester placental volume as a marker for chromosomal anomalies: preliminary results from an unselected population. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;19:240-242.
26. Metzenbauer M, Hafner E, Schuchter K, et al. First-trimester placental volume as a marker for chromosomal anomalies: preliminary results from an unselected population. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;19:240-242.
27. Hafner E, Metzenbauer M, Dillinger-Paller B, et al. Correlation of first trimester placental volume and second trimester uterine artery Doppler flow. *Placenta* 2001;22:729-734.
28. McEwing RL, Alton K, Johnson J, et al. First-trimester diagnosis of osteogenesis imperfecta type II by three-dimensional sonography. *J Ultrasound Med* 2003;22:311-314.
29. Monteagudo A, Mayberry P, Rebarber A, et al. Sirenomelia sequence: first-trimester diagnosis with both two- and three-dimensional sonography. *J Ultrasound Med* 2002;21:915-920.
30. Hull AD, James G, Pretorius DH. Detection of Jarcho-Levin syndrome at 12 weeks' gestation by nuchal translucency screening and three-dimensional ultrasound. *Prenat Diagn* 2001;21:390-394.
31. Anandakumar C, Nuruddin Badruddin M, Chua TM, et al. First-trimester prenatal diagnosis of omphalocele using three-dimensional

ultrasonography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;20:635-636.

32. Mittermayer C, Bernaschek G, Lee A. Diagnosis of ectopia cordis with three-dimensional power Doppler ultrasound in first-trimester pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;20:203-205.

33. Babinszki A, Mukherjee T, Kerenyi T, et al. Diagnosing amnionity at 6 weeks of pregnancy with transvaginal three-dimensional ultrasonography: case report. *Fertil Steril* 1999;71:1161-1164.

34. Bega G, Wapner R, Lev-Toaff A, et al. Diagnosis of conjoined twins at 10 weeks using three-dimensional ultrasound: a case report. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000;16:388-390.

35. Bonilla-Musoles F, Raga F, Bonilla F, et al. Early diagnosis of conjoined twins using two-dimensional color Doppler and three-dimensional ultrasound. *J Natl Med Assoc* 1998;90:552-556.

36. Maymon R, Halperin R, Weinraub Z, et al. Three-dimensional transvaginal sonography of conjoined twins at 10 weeks: a case report. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1998;11:292-294.

37. Johnson DD, Pretorius DH, Budorick NE, et al. Fetal lip and primary palate: three-dimensional versus two-dimensional US. *Radiology* 2000;217:236-239.

38. Mueller GM, Weiner CP, Yankowitz J. Three-dimensional ultrasound in the evaluation of fetal head and spine anomalies. *Obstet Gynecol* 1996;88:372-378.

39. Garjian KV, Pretorius DH, Budorick NE, et al. Fetal skeletal dysplasia: three-dimensional US-initial experience. *Radiology* 2000;214:717-723.

40. Yanagihara T, Hata T. Three-dimensional sonographic visualization of fetal skeleton in the second trimester of pregnancy. *Gynecol Obstet Invest* 2000; 49:12-16.

41. Cafici D, Iglesias A. Prenatal diagnosis of severe hypospadias with two- and three-dimensional sonography. *J Ultrasound Med* 2002;21:1423-1426.

42. Chang FM, Liang RI, Chen HC, et al. Three-dimensional ultrasound-assessed fetal thigh volumetry in predicting birth weight. *Obstet Gynecol* 1997;90: 331-339.

43. Liang RI, Chang FM, Yao BL, et al. Predicting birth weight by fetal upper-arm volume with use of three-dimensional ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol* 1997;177:632-638.

44. Schild RL, Fimmers R, Hansmann M. Fetal weight estimation by three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol*

2000;16:445-452.

45. Bahmaie A, Hughes SW, Clark T, et al. Serial fetal lung volume measurement using three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000;16:154-158.

46. Chang CH, Chang FM, Yu CH, et al. Three-dimensional ultrasound in the assessment of fetal cerebellar transverse and antero-posterior diameters. *Ultrasound Med Biol* 2000;26:175-182.

47. Schild RL, Wallny T, Fimmers R, et al. Fetal lumbar spine volumetry by three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1999;13:335-339.

48. Schild RL, Wallny T, Fimmers R, et al. The size of the fetal thoracolumbar spine – a three-dimensional ultrasound study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000;16:468-472.

49. Ulm MR, Kratochwil A, Oberhuemer U, et al. Ultrasound evaluation of fetal spine length between 14 and 24 weeks of gestation. *Prenat Diagn* 1999;19:637-641.

50. Wallny TA, Schild RL, Fimmers R, et al. The fetal spinal canal – a three-dimensional study. *Ultrasound Med Biol* 1999;25:1329-1333.

51. Chang FM, Hsu KF, Ko HC, et al. Three-dimensional ultrasound assessment of fetal liver volume in normal pregnancy: a comparison of reproducibility with two-dimensional ultrasound and a search for a volume constant. *Ultrasound Med Biol* 1997;23:381-389.

52. Hafner E, Phillip T, Schuchter K, et al. Second trimester measurement of placental volume by 3D ultrasound to predict SGA-infants. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1998;12:97-102.

53. Hafner E, Schuchter K, van Leeuwen M, et al. 3-D sonographical volumetry of the placenta and the fetus between the week 15 and week 17 of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001;18:116-120.