



Seminario N° 87

Ultrasonografía 3D y 4D

Dra. María José Sierra Pino, Dra. Daniela Cisternas Olguin, Dr. Sergio De la Fuente Gallegos, Dr. Daniel Martin Navarrete

CERPO

**Centro de Referencia Perinatal Oriente
Facultad de Medicina, Universidad de Chile**



Introducción

Durante más de 40 años, el ultrasonido (US) se ha utilizado ampliamente en imágenes médicas → El diagnóstico y la estadificación de la enfermedad

Aunque el US 3D está disponible hace más de 10 años, solo con el desarrollo de las tecnologías informáticas más recientes y su ajuste a los sistemas de US 3D logró el alto nivel de sensibilidad y rendimiento requerido para ser considerado seriamente en la práctica clínica



Introducción

La medición del volumen se puede lograr actualmente con el uso de numerosos softwares de análisis, como:

- La tomografía por ultrasonidos (TUI)
- La correlación temporo-espacial de la imagen (STIC)
- La imagen por contraste (VCI)
- La proyección de imagen multiplanar, la superficie y el volumen
- Cálculo de volumen → método conocido como análisis asistido por computadora de órgano virtual (VOCAL)



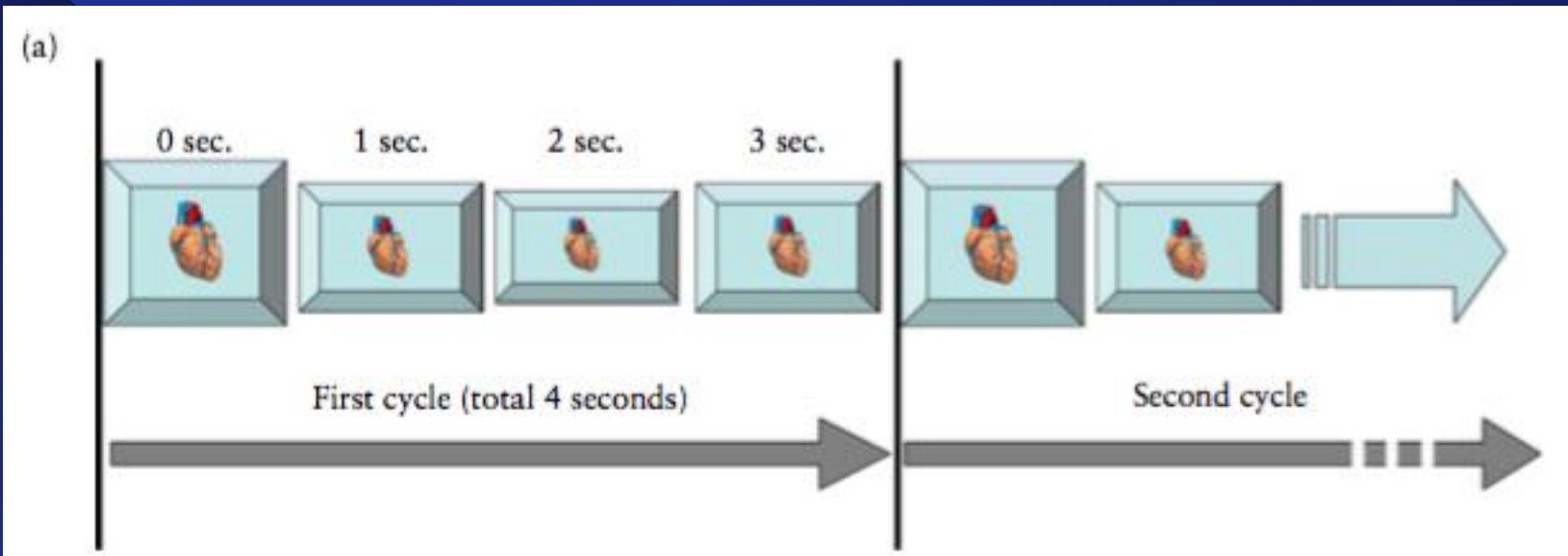
STIC

Es una modalidad de software que se desarrolla para analizar una secuencia de cine de un corazón fetal en movimiento.

La adquisición de STIC es un modo de exploración sin conexión, con control de movimiento indirecta

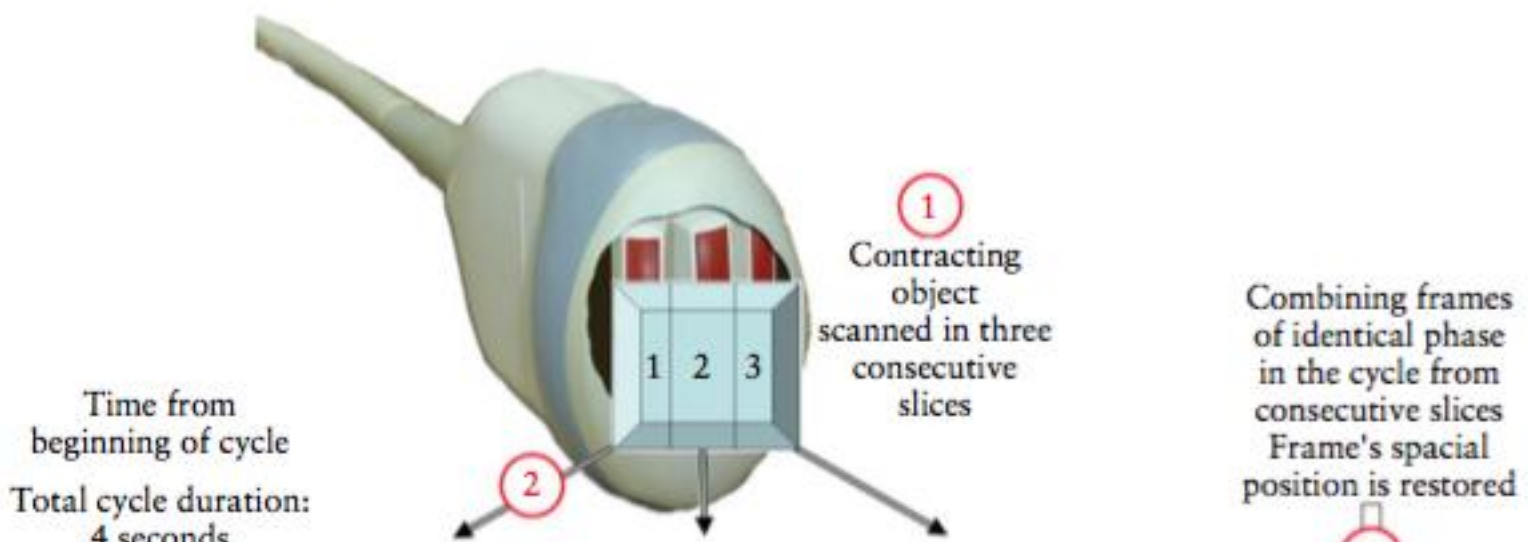
- Un transductor mecánico adquiere un conjunto de datos de volumen con un unico barrido lento.
- La adquisición 3D consiste en múltiples cortes 2D uno detrás de otro.
- Esto da como resultado múltiples conjuntos de datos de vol. 3D en serie, que se combinan según su aparición en tiempo para crear un ciclo cardíaco 3D en movimiento completo, que se denomina conjunto de datos de vol. 4D → **EN EL QUE LA CUARTA DIMENSIÓN ES EL TIEMPO.**

STIC

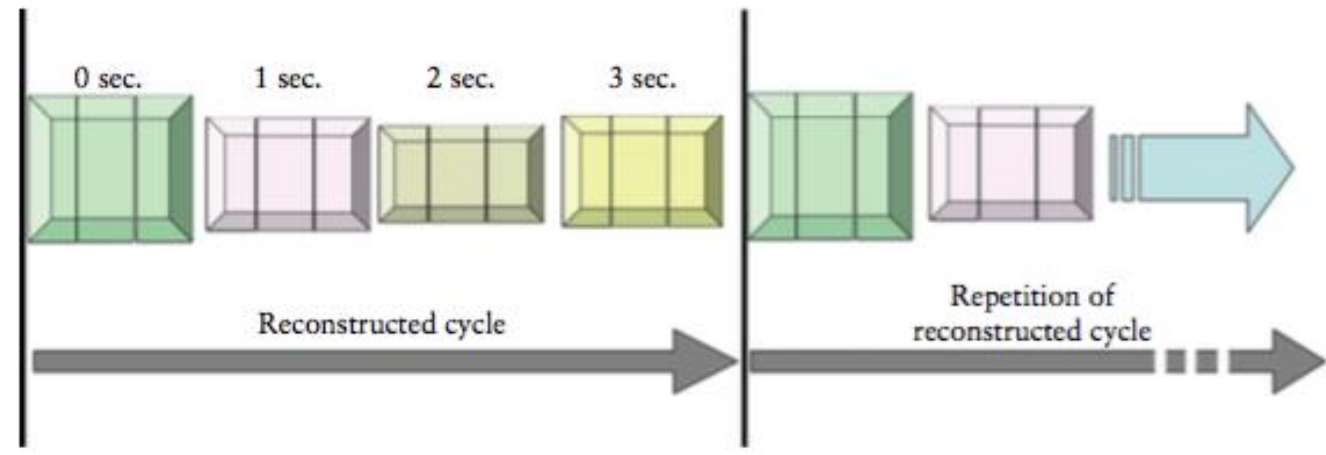


Después de la adquisición, el sistema de US aplica algoritmos matemáticos para procesar los datos de volumen y detectar los picos sistólicos, que se usan para calcular la frecuencia cardíaca fetal.

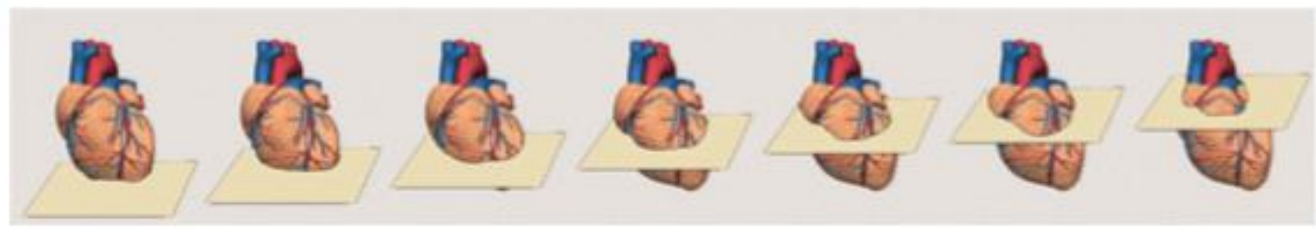
(b)

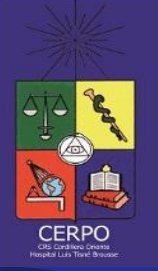


(c)



(d)





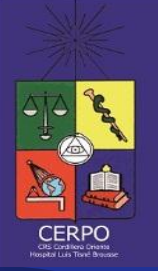
STIC

Este ciclo se puede reproducir en cámara lenta o detenido en cualquier momento para su análisis.

Cada uno de los planos se puede mover y rotar mientras se mantiene el ciclo cardiaco sincronizado

Para grabar un volumen STIC, lo mejor es:

1. Comenzar con una vista de cuatro cámaras.
2. Vol. completo debe incluir todo el corazón con los tractos de salida y el situs abdominal.
3. Las mejores imágenes se obtienen con la columna vertebral posterior, para reducir la sombra acústica de las costillas.
4. La mejor resolución y velocidad se logra si el corazón cubre la mayoría de la región del box.
5. El tiempo de adquisición de los rangos generalmente oscila entre 7,5 y 15 s.
6. Ángulo de barrido de aprox. 20° - 40° (según el tamaño del feto)



STIC

La mejor resolución se logra con un largo tiempo de adquisición; pero, la posibilidad de artefactos debido a mov. fetales aumenta sobre $>10s$.

Para equilibrar la resolución y el tiempo de adquisición, los ángulos de barrido óptimos son \rightarrow I trimestre entre 20 y 30 , II y III T 30 a 40° .

La tasa de éxito de la adquisición STIC varía entre 75.7 y 96.2% , siendo mayor en el II trimestre

Cualquiera de la información almacenada se puede compartir para revisión de expertos, consultas interdisciplinarias, orientación de los padres o enseñanza.



STIC

STIC se puede combinar con otras aplicaciones seleccionando la configuración adecuada antes de la adquisición

- B-flow, Doppler de color y de potencia, Doppler de tejido, Doppler de flujo de alta definición
- Con modalidades de visualización de posprocesamiento → renderización de volumen 3D, modo de inversión, imágenes de ultrasonido tomográfico (TUI).

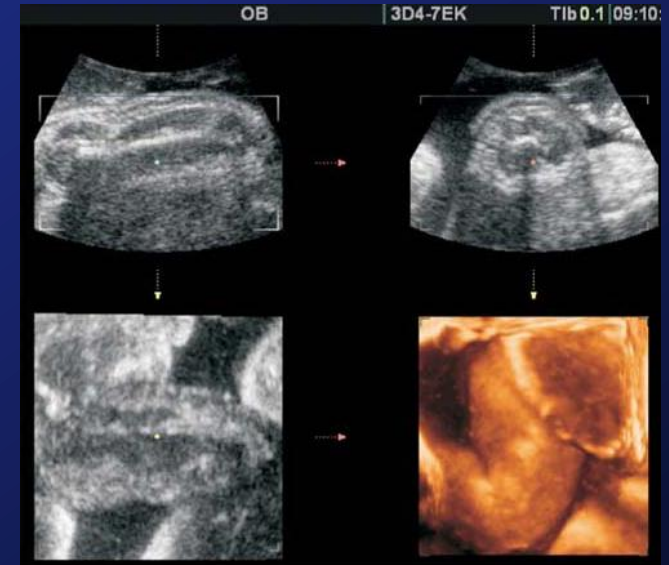


Imágenes y modalidades de render en 4D

MODO MULTIPLANAR

Proporciona la visualización del corazón en 3 direcciones (transversal, sagital y coronal)

La pantalla se divide en 4 cuadros, denominados A (arriba a la izquierda), B y C; el 4to fotograma (abajo a la derecha) mostrará el modelo de volumen para referencia o la imagen renderizada.





Modo multiplanar (MPR)

El punto de referencia guía al operador para que navegue dentro del volumen, ya que está anclado en el punto de intersección de los tres planos.

Al mover el volumen alrededor de los ejes x, y, z, se puede manipular en las 3 dimensiones y se puede ver en todos los planos deseados.

El ciclo puede ejecutarse o detenerse fotograma a fotograma para permitir el examen de todas las fases del ciclo cardíaco, por ejemplo, la apertura y el cierre de las válvulas auriculoventriculares.



Imágenes y modalidades de render en 4D

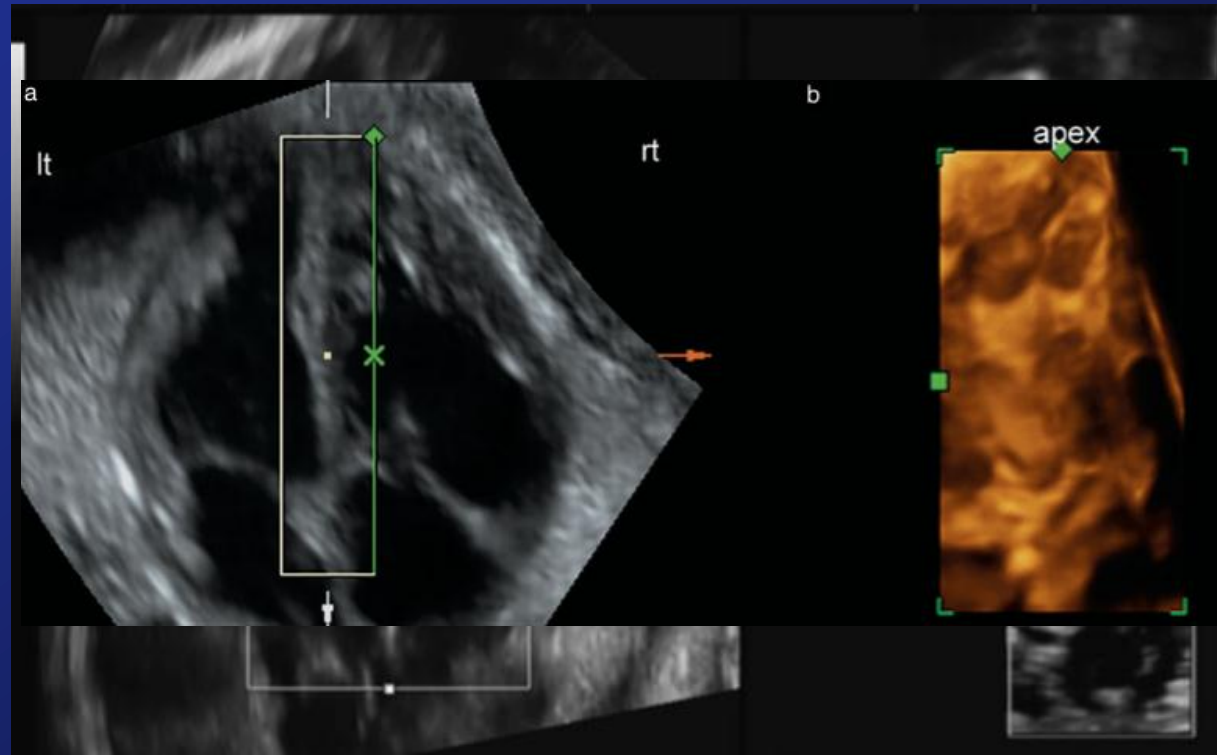
El modo de renderización es una visualización virtual con las 3 dimensiones combinadas.

Las luces y las sombras se agregan para crear un efecto 3D

La casilla de la región de interés debe colocarse alrededor de la estructura deseada con la línea verde correspondiente al lado desde el que se debe visualizar la estructura

Por ejemplo, con el marco A que muestra una buena vista de cuatro cámaras, el operador coloca el cuadro delimitador alrededor del tabique interventricular.

La imagen renderizada en el marco D mostrará una vista del tabique.



El operador puede determinar si se mostrará desde la izquierda o la derecha

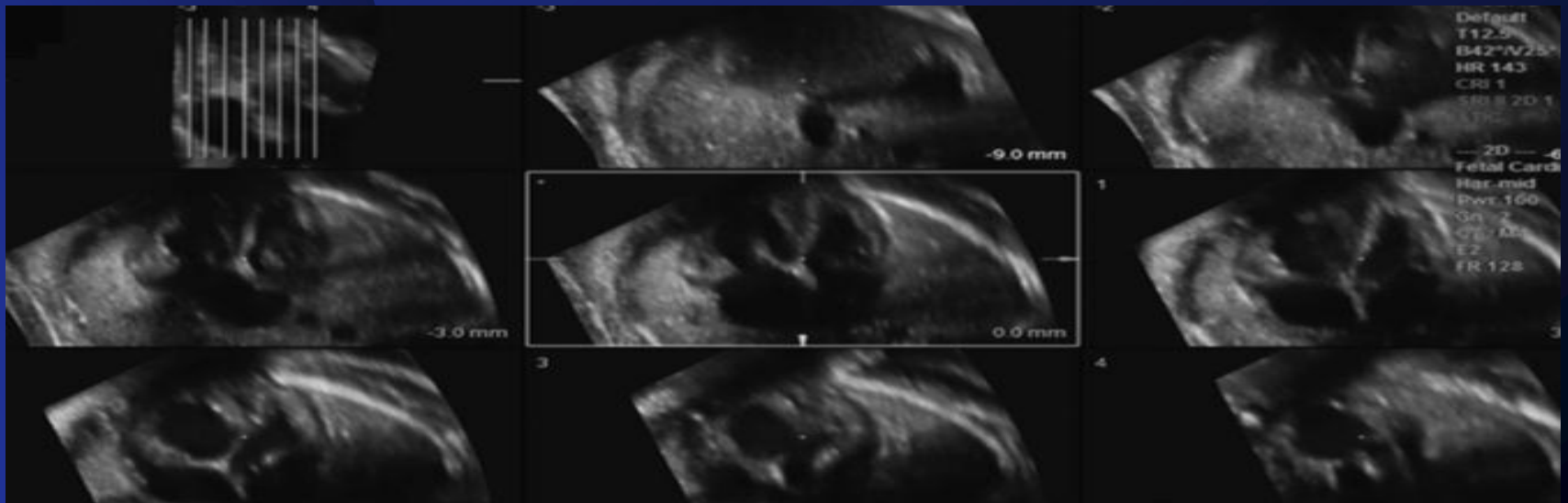
El grosor del corte determinará la profundidad de la imagen fina

Imagen de ultrasonido tomográfico (TUI)

TUI proporciona un análisis secuencial

El corazón se puede dividir en planos paralelos, que se representan en un orden secuencial.

Este modo de análisis multicorte se asemeja a una imagen de RNM o un TAC.



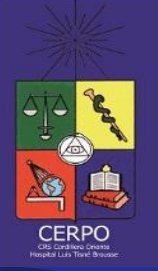
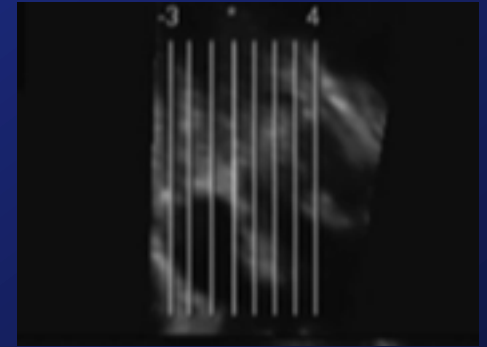


Imagen de ultrasonido tomográfico (TUI)

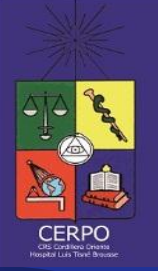
9 cortes paralelos se muestran simultáneamente desde el plano de interés (el plano cero), dando vistas secuenciales de -4 a +4.

El grosor, entre un plano y el siguiente, puede ser ajustado por el operador.



Esto permite la visualización del corazón desde el tracto de salida hacia la parte inferior del corazón y el estómago

Se puede lograr un examen cardíaco fetal casi completo en una pantalla → TAC



3D / 4D con Doppler de color, Doppler de potencia 3D (3DPD) y Doppler de flujo de potencia 3D de alta definición

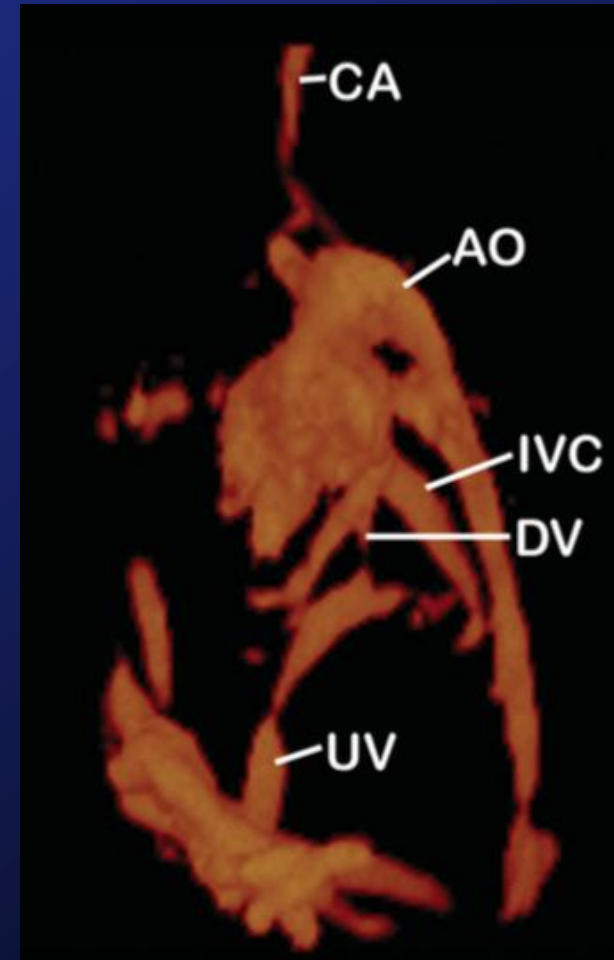
El Doppler en color se puede utilizar con mayor eficacia en la eco 3D / 4D cuando se combina con STIC en la ecocardiografía fetal, lo que da como resultado un archivo de volumen que reconstruye el ciclo cardíaco, con información de flujo de color.

Esto une el flujo Doppler a eventos cardiacos y proporciona todas las ventajas del análisis (MPR, rendering, TUI) con color.

Es muy sensible para detectar la regurgitación tricuspídea leve que se produce muy temprano en la sístole

Doppler de potencia 3D (3DPD)

- Es un Doppler sin dirección y de un solo color que se combina de manera más efectiva con el 3D estático
- Utiliza tecnología de desplazamiento Doppler para reconstruir los vasos sanguíneos, aislado del resto del volumen
- Al utilizar el modo de "cuerpo de vidrio" en el postprocesamiento, se elimina el tejido circundante y la porción vascular está disponible para su evaluación.
- Puede reconstruir el árbol vascular del abdomen fetal y el tórax, aliviando al operador de la necesidad de reconstruir una imagen mental del curso de un vaso anómalo





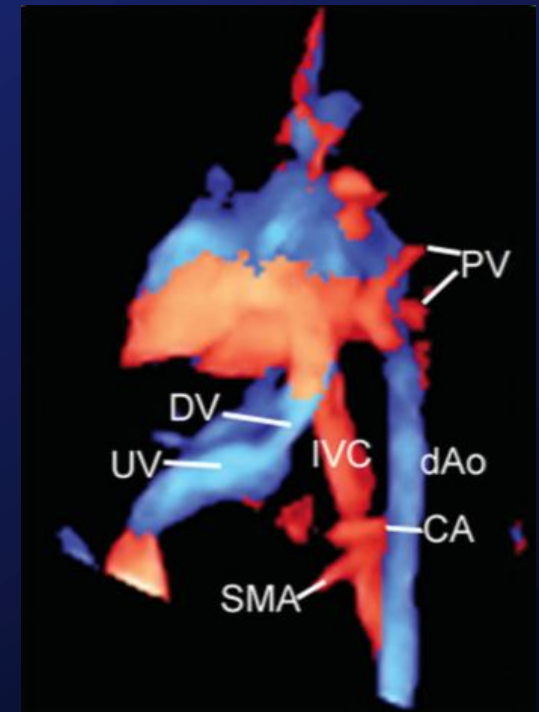
El Doppler de flujo de potencia de alta definición

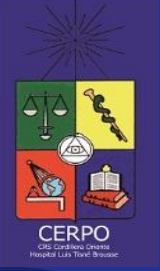
El desarrollo más reciente en aplicaciones Doppler color, usa alta resolución y un pequeño volumen de muestra para producir imágenes con información bidireccional con menos artefacto de color para una representación más realista del tamaño del vaso.

Representa el flujo a una velocidad más baja que el color o el Doppler de potencia

Tiene la ventaja de mostrar la dirección del flujo

Se puede combinar con adquisición estática 3D o 4D con compuerta (STIC) y el modo de cuerpo de vidrio, para producir imágenes de alta resolución del árbol vascular con codificación de color bidireccional





El Doppler de flujo de potencia de alta definición

Sensible para imágenes de vasos pequeños.

Combina la información de flujo proporcionada por el Doppler color con la agudeza anatómica asociada con el Doppler de potencia.

Debido a la alta sensibilidad, el flujo sistólico y diastólico se observan al mismo tiempo, por ejemplo,

- Cuando se usa con la adquisición de STIC, se observa que el ductus venoso permanece lleno tanto en la sístole como en la diástole.



Modo inversión

Otra modalidad de visualización posterior al procesamiento que puede combinarse con adquisición estática 3D o STIC

El modo inverso analiza la ecogenicidad del tejido y áreas llenas de líquido, y convierte las estructuras ecolúcida en estructuras ecogénicas y viceversa en función de los niveles de escala de grises.

Permite la visualización de las estructuras llenas de líquido (agua o sangre) como en los vasos y cámaras cardíacas.

No distingue la sangre de otras estructuras huecas.

Puede ser útil para detectar un arco aórtico interrumpido o coartación aorta.



Modo inversión

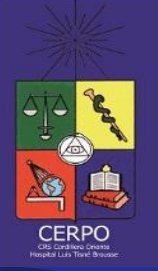
También puede producir una reconstrucción del árbol vascular extracardíaco, similar a 3DPD

Tiene la ventaja adicional de mostrar el estómago y la vesícula biliar como estructuras blancas, lo que puede ayudar al operador a navegar dentro de una exploración compleja de anomalías.



Análisis asistido por computadora de órgano virtual (VOCAL)

Proporciona un análisis de volumen basado en medidas de contorno 2D en planos de una estructura que se gira alrededor de un ángulo de rotación seleccionado



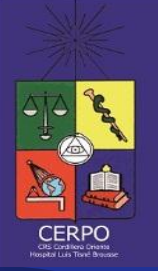
OMNIVIEW

Es una nueva modalidad de reconstrucción 3D/4D

Permite el análisis de datos de volumen y la visualización simultánea de hasta 3 planos no ortogonales independientes de cualquier órgano

El software permite a los operadores rastrear planos transversales libremente para obtener planos no ortogonales (no rígidos) "virtuales" para reconstruir la anatomía.

La aplicación del software OMNIVIEW demuestra que esta tecnología puede permitir la visualización de las principales estructuras de la línea media cerebral fetal durante la exploración de anatomía del II trimestre

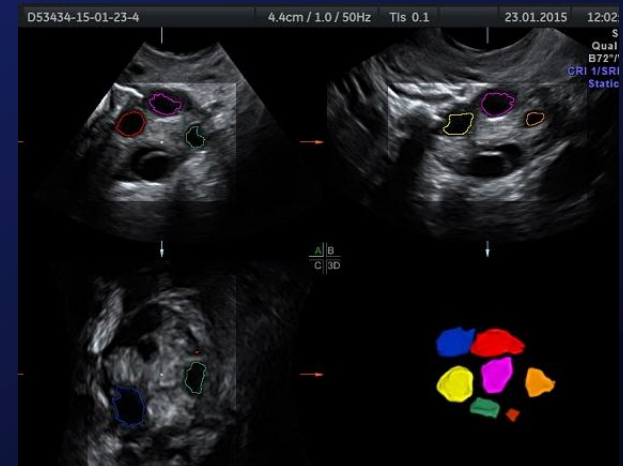


Cálculo de volumen automático sonográfico (Sono-AVC)

Identifica estructuras ecolúcidas basadas en el reconocimiento de bordes en 3D y las rellena de color para crear moldes de las mismas estructuras.

El número y el volumen de las estructuras en el conjunto de datos se calculan automáticamente.

Este software fue diseñado originalmente para estimar el volumen folicular ovárico.





Aplicaciones

- CORAZÓN

- Visualización de los apéndices auriculares siempre que se disponga de un volumen con la calidad adecuada. Esto podría ayudar a diagnosticar anomalías cardíacas con heterotaxia
- Las válvulas AV pueden examinarse utilizando el modo MPR y renderizado.
- La diferenciación entre un defecto septal AV completo y parcial podría ser una posible ventaja de esta técnica de imagen, que es difícil en 2D



Aplicaciones

- La identificación de los músculos papilares en la vista de 4 cámaras es posible en el 89,3% de las mujeres
- El volumen de los ventrículos se puede evaluar con el modo inversión , VOCAL y Sono-AVC,
- STIC, con el uso del modo de renderizado, tiene el potencial de obtener imágenes del tabique IV completo, incluido el tabique IA y el FO
- La medición del diámetro de la válvula aórtica y pulmonar es una medición simple usando 2D y STIC, por lo tanto, no se puede esperar un valor clínico adicional de 4D



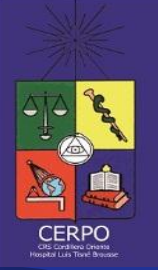
Evaluation of fetal cardiac valve anomalies by four-dimensional echocardiography with spatiotemporal image correlation (4DSTIC)

Guyue Hu M.Sc.¹ | Ying Zhang Ph.D.¹ | Miao Fan Ph.D.² | Meilian Wang Ph.D.^{3,4} |

La ecocardiografía 4D con correlación de imágenes espaciotemporales (4DSTIC) permite el corte dinámico MPR y la representación superficial de la anatomía cardíaca en un ciclo cardíaco fetal completo en movimiento

La tecnología 4DSTIC tiene algunas ventajas:

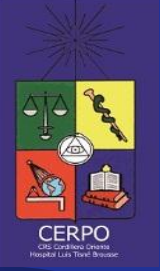
- Visualizar estructuras que no son demostradas por 2D
- Disponibilidad de percepción de profundidad en imágenes emitidas
- Mejor asesoramiento al paciente junto con el equipo de gestión interdisciplinaria
- Análisis de datos para revisión de expertos o educación profesional.



Un 4CV claro sin alteración de las sombras acústicas, ningún movimiento de la madre y ningún movimiento fetal garantizan una alta calidad de los volúmenes 4D

Un ecografista podría dominar las técnicas de adquisición de vol 4D en 1 hora.

Creen que es más probable que los ecografistas inexpertos aprendan la forma estandarizada de procesar volúmenes 4D que adquirir y analizar múltiples vistas de diagnóstico mediante 2D tradicionales.



Hay algunas limitaciones asociadas con STIC→

- El movimiento fetal y materno, los cambios en la FC y la sombra acústicas podrían conducir a la distorsión de la imagen

La modalidad 4D mostró resultados diagnóstico antes de las 33 semanas gestacionales.

4DSTIC también proporciona información adicional sobre las válvulas cardíacas fetales y facilita una mejor comprensión de las anomalías de la válvula en la anatomía.



Cara

Algunos grupos han utilizado la representación 3D de la superficie para mejorar la visualización

Para la visualización 3D de la cara fetal, generalmente se utiliza el **modo de superficie**.

Esto normalmente requiere un período de entrenamiento más corto con resultados aceptables en un período de tiempo relativamente limitado.

Desde la semana 18-19, podemos obtener una reconstrucción tridimensional de la cara fetal que comienza a mostrar una característica facial clara

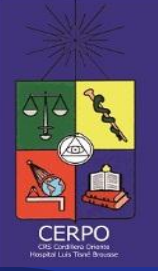
The use of modern ultrasound tridimensional techniques for the evaluation of fetal cerebral midline structures – a practical approach.

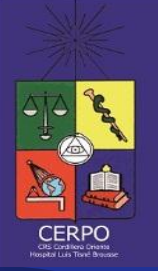
Daniel Muresan¹, Popa Roxana², Florin Stamatian¹, Ioana Cristina Rotar¹

- ✧ La facilidad de adquisición de volumen 3D permite la identificación del cuerpo calloso, cavum septum pellucidum y vermis cerebeloso.

Las principales malformaciones cerebrales (anencefalia o la holoprosencefalia) pueden diagnosticarse al final del I trimestre de embarazo, pero la gran mayoría de las anomalías de la línea media se pueden diagnosticar después de las **20 semanas de gestación** →

Termino de la formación del CC o durante el 3^{er} trimestre cuando se produce el Giro





Trabajo tiene como objetivo proponer un algoritmo práctico utilizando técnicas 3D modernas, lo que permite una identificación completa de las estructuras del SNC y la formulación de un diagnóstico preciso

A las 20 semanas de gestación

Completado el desarrollo CC.

Se evalúan parámetros importantes:

- Cavum septum pellucidum
- Tercer ventrículo
- Tronco encefálico
- Vermis cerebeloso
- Cuarto ventrículo
- Cisterna magna

Estos elementos particulares son obligatorios para ser identificados ya que están involucrados en múltiples anomalías

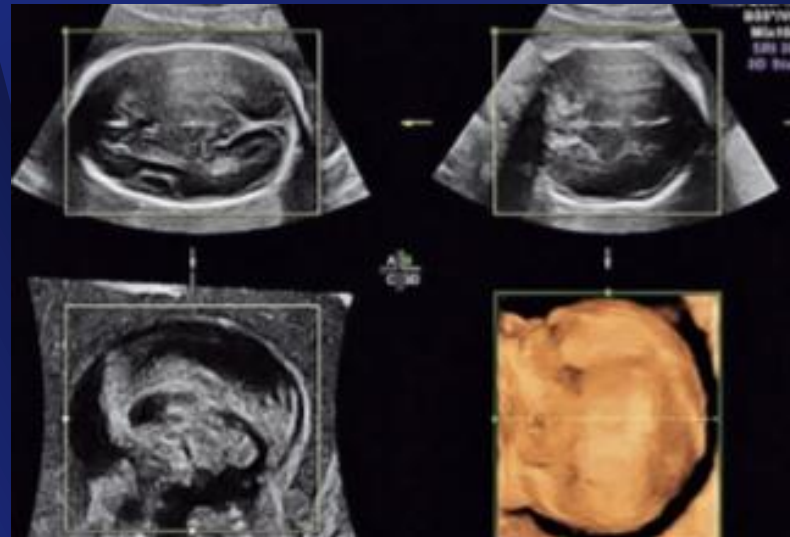
Es importante evaluar la cara fetal y el perfil

Las principales técnicas 3D → para el análisis de estructuras cerebrales de línea media son:

- Visión multiplanar, TUI, imágenes de contraste de volumen en plano sagital (VCI-C) y adquisición frontal (VCI-A.)

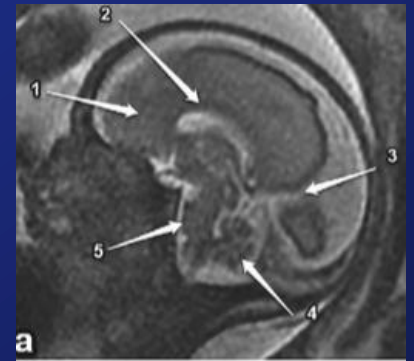
Visión Multiplanar

- Análisis simultáneo del vol. adquirido en los 3 planos: axial, coronal y sagital.
- Se utiliza como el 1° paso en el proceso de adquisición de volumen como requisito previo para el análisis posterior.



CONCLUSION

- ✓ La calidad del examen 3D es cercana a la adquisición de RNM.
- ✓ Tiene buena sensibilidad
- ✓ La ventaja de poder repetir el examen tantas veces sea necesario.



La RNM → en malformaciones SNC complejas, lesiones grandes o falla de la ecografía para formular un diagnóstico definitivo

- 1.- Adquisición inicial 3D → **modo multiplanar**; es importante que el volumen esté orientado tal que el eje central del cerebro esté horizontal en los planos A y B.
- 2.-Una vez almacenado, se utilizarán TUI y VCI-C.

La asociación adecuada de estas técnicas permite un diagnóstico preciso de las lesiones cerebrales

Garantiza una tasa de identificación correcta de estructuras en > 85%



Referencias

- Asim Kurjak¹, Berivoj Miskovic; “How useful is 3D and 4D ultrasound in perinatal medicine?”; *J. Perinat. Med.* 35 (2007) 10–27
- BME Adriaanse¹, JMG van Vugt²; “Three- and four-dimensional ultrasound in fetal echocardiography: an up-to-date overview”; *Journal of Perinatology* (2016), 1–9
- Guyue Hu M.Sc, “Evaluation of fetal cardiac valve anomalies by four-dimensional echocardiography with spatiotemporal image correlation (4DSTIC)”, Original investigation; *Echocardiography* 2016; 1–9
- Daniel Muresan¹; “The use of modern ultrasound tridimensional techniques for the evaluation of fetal cerebral midline structures a practical approach; *Med Ultrason* 2015, Vol. 17, no. 2, 235-240
- Gabriele Tonni; “Second trimester fetal neurosonography: reconstructing cerebral midline anatomy and anomalies using a novel three-dimensional ultrasound technique”; *renatal Diagnosis* 2014, 34, 75–83
- S. YAGEL; “3D and 4D ultrasound in fetal cardiac scanning: a new look at the fetal heart”; *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007; 29: 81–95