



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI
DEPARTAMENTO DE RADIOLOGÍA E IMAGEN**

**“VENTAJAS DEL ULTRASONIDO 3D
VOLUMÉTRICO SOBRE EL ULTRASONIDO
CONVENCIONAL EN LA CARACTERIZACIÓN DE
LAS LESIONES HEPÁTICAS FOCALES”**

TESIS DE POSTGRADO

QUE PRESENTA:

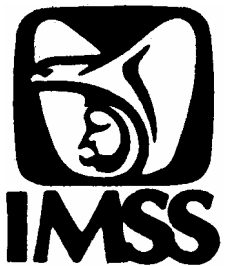
DRA. CLAUDIA ELIZABETH ROMERO ABREU

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ESPECIALISTA EN RADIOLOGÍA E IMAGEN

MÉXICO, D. F.

FEBRERO, 2008





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**“VENTAJAS DEL ULTRASONIDO 3D VOLUMÉTRICO SOBRE EL
ULTRASONIDO CONVENCIONAL EN LA CARACTERIZACION DE LAS
LESIONES HEPÁTICAS FOCALES”**

AUTOR:

DRA. CLAUDIA ELIZABETH ROMERO ABREU
RESIDENTE DE RADIOLOGIA E IMAGEN
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES
DR. BERNARDO SEPÚLVEDA G.
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

ASESORES:

DRA. JANET TANUS HAJJ
MÉDICO DE BASE DE ULTRASONIDO
SERVICIO DE RADIOLOGIA E IMAGEN
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES
DR. BERNARDO SEPÚLVEDA G.
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI

DR. MIGUEL ÁNGEL RIOS NAVA
MÉDICO DE BASE DE ULTRASONIDO
SERVICIO DE RADIOLOGIA E IMAGEN
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES
DR. BERNARDO SEPÚLVEDA G.
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI

DR. FRANCISCO JOSÉ AVELAR GARNICA
JEFE DEL SERVICIO DE RADIOLOGIA E IMAGEN
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES
DR. BERNARDO SEPÚLVEDA G.
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI

VISTO BUENO

DRA. DIANA MÉNDEZ DÍAZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE EDUCACIÓN EN SALUD
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DR. BERNARDO SEPÚLVEDA G.
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI.

AGRADECIMIENTOS

A todo el personal Médico, Administrativo y de Enfermería del servicio de Radiología e Imagen.

Al Dr. Francisco José Avelar Garnica y a la Dra. Janet Tanus Hajj por ser verdaderos maestros no solo en el camino de la Radiología, sino en el de la Vida.

Al Dr. Miguel Ángel Ríos Nava, quien no solo me ha aconsejado, escuchado y apoyado, también me ha dado verdaderas lecciones, ha sido mi maestro y amigo; las palabras no son suficientes para demostrar mi gratitud y cariño.

DEDICATORIAS

A mis dos grandes amores Vale y Juan, que me motivan día con día a ser mejor, gracias por estar siempre conmigo.

A mi familia, Mamí, Fabi, Oscar y Tino quienes incondicionalmente me han dado su apoyo y a quienes les debo lo que soy.

A mi familia en Panamá y Tabasco, que me han dado la fortaleza necesaria para consolidar mis sueños.

ÍNDICE

ANTECEDENTES CIENTÍFICOS.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
HIPÓTESIS.....	11
OBJETIVOS.....	12
MATERIALES, PACIENTES Y MÉTODOS.....	13
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES.....	14
SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	15
PROCEDIMIENTOS.....	16
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	17
ASPECTOS ÉTICOS.....	18
RECURSOS PARA EL ESTUDIO.....	19
RESULTADOS.....	20
DISCUSIÓN.....	26
CONCLUSIONES.....	28
BIBLIOGRAFÍA.....	29

ANTECEDENTES

La información tridimensional ha sufrido un rápido desarrollo y se usa cada vez con más frecuencia en tomografía computada, en resonancia magnética, en tomografía de emisión de positrones y en la tomografía computada de emisión de un solo fotón. Su aplicación en ultrasonido era limitada debido al tiempo requerido para obtener información de alta resolución. Actualmente el ultrasonido a diferencia de los otros métodos de imagen, permite la visualización en tiempo real de las estructuras anatómicas adyacentes y es flexible en visualizar una lesión en diferentes orientaciones sin el uso de radiación ionizante.^(1,2,3,4,5,6)

Aunque la mayoría de las estructuras anatómicas normales y los hallazgos patológicos son visualizados con facilidad utilizando las imágenes de ultrasonido convencional bidimensional, estas imágenes en ocasiones pueden ser de baja definición y resolución.

El ultrasonido convencional bidimensional ha sido utilizado para evaluar el volumen de un órgano y los cambios en el tamaño del mismo durante el curso de una enfermedad. Realizando estimados a través de formas geométricas, utilizando una ecuación analítica para estimar el volumen del órgano. Para órganos con geometría regular la exactitud de las medidas de distancia del ultrasonido bidimensional está dentro del 2%, las medidas de volumen frecuentemente son exactas, dentro del 5 al 20%. La medida de volumen con métodos de ultrasonido convencional bidimensional se vuelve inexacta en órganos que tienen forma irregular o que son muy grandes para visualizarse en una sola proyección.^(15,16)

En ocasiones la posición del paciente limita los ángulos de proyección de la imagen y no permite el uso óptimo de los planos. El uso de ultrasonido tridimensional puede ayudarnos a superar muchas de estas limitaciones. El propósito de construir un rastreo tridimensional es hacer que las imágenes de ultrasonido sean más fáciles de realizar e interpretar proporcionando una gama de posición de imágenes orientadas espacialmente. El ultrasonido tridimensional permite el cálculo exacto de volumen basado en técnicas de sumación de imágenes que proporcionan la geometría del órgano estudiado. La medida más exacta de la distancia y el volumen refuerzan la utilidad clínica del ultrasonido tridimensional proporcionando mayor confianza y estandarización, lo cual mejora el valor de las medidas seriadas.^(9,10,11,12,15,16,17)

La información tridimensional puede ser adquirida utilizando diferentes métodos incluyendo transductores volumétricos o multiplanares que usan una herramienta mecánica para obtener una serie de cortes. La técnica de rastreo a manos libres, permite imágenes de objetos grandes y complejos. Dependiendo del abordaje de adquisición el ultrasonido tridimensional necesita menos tiempo de rastreo que el ultrasonido convencional, las medidas de distancia y volumen son más exactas. ^(15,18,19,20,21,22)

Las nuevas opciones de software tridimensional permiten medidas volumétricas de área y lineales así como reconstrucciones oblicuas y de movimiento en diferentes planos. (14)

Se utilizan dos métodos en la reconstrucción tridimensional:

El de superficie tridimensional y el de volumen basado en voxel.

El método de superficie tridimensional permite delinear los límites de las áreas de interés manualmente, en las imágenes bidimensionales o a través de un algoritmo computarizado específicamente diseñado para detectar y delinear estas áreas. A estos límites posteriormente se les asigna un valor o color para distinguirlos de los tejidos adyacentes y el modelo tridimensional de superficie de la anatomía es construido e integrado. La principal ventaja de este abordaje es que reduce la cantidad de información tridimensional requerida; solamente se necesita poca información de los límites y las estructuras. Esto acorta el tiempo de reconstrucción tridimensional y permite una mayor eficiencia. Otra ventaja es que el contraste entre las estructuras aumenta en forma artificial.

Con el método de volumen basado en voxel, la computadora construye un volumen tridimensional a medida que coloca cada imagen bidimensional digitalizada en su localización correcta en el volumen. Este proceso preserva la información original durante la reconstrucción tridimensional y permite una gran variedad de técnicas de adquisición. (25)

La capacidad de obtener múltiples secciones tomográficas en una sola adquisición a través de un transductor volumétrico, las cuales posteriormente se reconstruyen en planos ortogonales, permite un menor tiempo en la realización del estudio sin comprometer la calidad diagnóstica del mismo. Las aplicaciones del ultrasonido tridimensional incluyen el cálculo cuantitativo del volumen de un órgano o tumor, evaluación vascular más precisa (p.e. el tamaño de una placa y el grado de estenosis en la evaluación de la arteria carótida), evaluación integral de la luz vascular (endosonografía), el monitoreo de la respuesta a la terapia (p.e. en tumores, hidrocefalia), imagen tridimensional en tiempo real, mapeo tridimensional del flujo en color, evaluación tridimensional de la cadera de un infante para valorar dislocación o displasia, rastreo endocavitario tridimensional (p.e. estudios ginecológicos o prostáticos), evaluación de fetos con malformaciones complejas o presentación anómala, obtención de aproximados del volumen fetal para mejorar la evaluación del peso fetal y la edad gestacional y guía ultrasonográfica tridimensional para biopsias percutáneas. (1,2,3,4,10,11)

El ultrasonido es el método de imagen de elección para la caracterización de las lesiones hepáticas focales, ya que tiene el potencial de diferenciar imágenes quísticas y sólidas.

La principal aplicación del ultrasonido tridimensional es la capacidad de demostrar lesiones de pequeño tamaño que pueden ser difíciles de visualizar en tiempo real a través del ultrasonido convencional.

El ultrasonido tridimensional es una herramienta útil que tiene el potencial de reproducibilidad exacta del verdadero volumen hepático. (24,25)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿El ultrasonido volumétrico como método de diagnóstico en imagen es el de mayor especificidad y sensibilidad para la detección de lesiones hepáticas focales?

¿Es útil el ultrasonido volumétrico en la detección de lesiones hepáticas pequeñas no identificadas mediante el ultrasonido convencional?

¿Tiene el ultrasonido volumétrico ventajas sobre el ultrasonido convencional para la caracterización de lesiones hepáticas focales?

HIPÓTESIS

- El ultrasonido volumétrico es el método de diagnóstico por imagen de elección con mayor especificidad y sensibilidad para la detección de lesiones hepáticas focales.
- El ultrasonido volumétrico es un método muy útil para la detección de lesiones hepáticas pequeñas no identificadas mediante el ultrasonido convencional.
- El ultrasonido volumétrico tiene ventajas sobre el ultrasonido convencional en la caracterización de lesiones hepáticas focales.

OBJETIVOS

- Determinar la sensibilidad y especificidad del ultrasonido volumétrico en la detección de lesiones hepáticas focales.
- Determinar mediante ultrasonido volumétrico la frecuencia de lesiones hepáticas pequeñas concurrentes no identificadas mediante el ultrasonido convencional.
- Conocer las ventajas del ultrasonido volumétrico sobre el ultrasonido convencional en la caracterización de las lesiones hepáticas focales.

MATERIAL, PACIENTES Y MÉTODOS

DISEÑO DEL ESTUDIO.-

Se trata de un estudio longitudinal, prospectivo, comparativo, observacional.
Periodo comprendido de septiembre a noviembre de 2003.

UNIVERSO DE TRABAJO.-

Se realizará en pacientes de ambos sexos con edades comprendidas entre 16 y 90 años de edad que se presenten a la Consulta Externa de los Servicios de Gastroenterología, Gastrocirugía y Medicina Interna del Hospital de Especialidades desde él.

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

A) Variables independientes.-

HEMANGIOMA: tumor benigno más frecuente del hígado. La mayoría de ellos son únicos, pequeños y asintomáticos. En ultrasonido aparecen como lesiones ecogénicas en el interior del hígado.

HIPERPLASIA NODULAR FOCAL: tumor hepático poco común compuesto de hepatocitos y células de Kupffer normales. Por ultrasonido aparece como regiones hipoecogénicas o hiperecogénicas, o como áreas de ecogenicidad mixta.

ADENOMA: lesión benigna por lo general solitaria, compuesta en su totalidad por hepatocitos y sin células de Kupffer. Presenta asociación hormonal y a menudo afecta a mujeres que ingieren anticonceptivos orales. Por ultrasonido suelen ser ecogénicos pero indistinguibles de otras entidades malignas o benignas.

QUISTE: lesión benigna que se identifica por ultrasonido como una imagen anecoica redondeada de pared delgada y bien circunscrita.

ABSCESO: lesión benigna de origen infeccioso cuyo patrón ultrasonográfico varía según el tiempo de evolución, desde ecogenicidad heterogénea hasta una masa de patrón mixto.

CARCINOMA HEPATOCELULAR: tumor que suele afectar a pacientes con enfermedad hepatocelular difusa subyacente, particularmente cirrosis postnecrótica o alcohólica. La ecografía puede utilizarse para detectar el tumor así como para identificar trombos murales que afecten la vena cava inferior, vena porta y hepática. Presentan lesiones satélite isoecogénicas.

METASTASIS: tumores malignos más frecuentes que afectan el parénquima hepático. Algunos pueden producir calcificaciones difusas granulares visibles en la placa simple de abdomen (sobre todo el carcinoma mucinoso de colon o recto). Por ultrasonido se observan lesiones de mayor ecogenicidad que el parénquima hepático, pudiendo presentar zonas de necrosis central anecoicas.

B) Variables dependientes:

Los cortes longitudinales y transversales obtenidos por ultrasonido convencional en escala de grises e imágenes tridimensionales.

SELECCIÓN DE LA MUESTRA

a) **Tamaño de la muestra.** Se estudiarán pacientes de ambos sexos con edades entre 16 y 90 años del Servicio de Medicina Interna, Gastrocirugía y Gastroenterología del Hospital de Especialidades a los que se les haya solicitado ultrasonido abdominal.

b) **Criterios de selección.**

I. Criterios de inclusión:

-Pacientes de ambos sexos, con edades comprendidas entre 16 y 90 años de edad, referidas por el Servicio de Gastrocirugía, Gastroenterología y Medicina Interna del Hospital de Especialidades “Bernardo Sepúlveda G.” del Centro Médico Nacional Siglo XXI, a quienes se haya realizado estudio de ultrasonido abdominal convencional y demuestren lesiones hepáticas focales.

II. Criterios de no-inclusión:

-Pacientes menores de 16 años
-Pacientes con antecedente quirúrgico en hígado
-Pacientes que no cooperen con la realización del estudio
-Pacientes con malformaciones congénitas de la vía biliar.
-Pacientes que no acepten realización del estudio.
-Pacientes embarazadas

III. Criterios de exclusión:

-Pacientes referidas por un servicio diferente al de Medicina Interna, Gastroenterología y Gastrocirugía
-Pacientes que abandonen el protocolo de estudio
-Pacientes con lesiones hepáticas difusas

PROCEDIMIENTOS

Todos los pacientes seleccionados serán del Servicio de Gastrocirugía, Gastroenterología y Medicina Interna del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI y luego referidos a la recepción del Departamento de Radiología e Imagen para asignarles en forma programada una cita para realizar el estudio de ultrasonido durante el turno matutino y vespertino.

Los pacientes firmarán una hoja de consentimiento informado voluntario previo a la realización del estudio. Los estudios se realizarán en una sala de ultrasonido a puerta cerrada para proteger la privacidad del paciente.

A todos los pacientes se les realizará ultrasonido convencional en escala de grises y ultrasonido tridimensional.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizarán medidas de tendencia central, proporciones, porcentajes y promedios.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este estudio se ajustará a las normas éticas institucionales y a la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud y Experimentación en Seres Humanos, así como la declaración de Helsinki de 1975, con modificación en el congreso de Tokio, Japón en 1983.

Este trabajo será presentado como tesis de postgrado.

RECURSOS PARA EL ESTUDIO

- A) **Recursos humanos:** participarán en el estudio Médicos de base y residentes del Servicio de Medicina Interna, Gastrocirugía y Gastroenterología así como Médicos de base y residentes del Servicio de Radiología e Imagen.

- B) **Recursos materiales:** se utilizarán las instalaciones físicas de las salas del área de Ultrasonido de Radiología e Imagen, equipo de ultrasonido ATL High definition imaging 5000, con aplicación de sonotomografía y resolución extrema y armónicas, transductor convexo multifrecuencia (4-7 MHz) y transductor lineal multifrecuencia (9-12 MHz), magazine película 8x 10 formato para ultrasonido.

RESULTADOS

Se realizaron 61 ultrasonidos en 30 pacientes masculinos y 31 femeninos, 20 con el diagnóstico de Hemangioma, 5 con Hiperplasia nodular focal, 5 con Adenoma, 15 con Quiste hepático, 5 con Absceso hepático, 5 con Carcinoma hepatocelular y 6 con metástasis hepáticas, vistos por la consulta externa del departamento de Gastroenterología, Gastrocirugía y Medicina Interna, del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Con edades comprendidas entre los 20 y los 74 años (promedio 45+/-12 años).

En el periodo comprendido de Septiembre a Diciembre de 2003.

Los ultrasonidos se realizaron en equipo de ultrasonido ATL High Definition Imaging 5000, con aplicación de sonotomografía y resolución extrema, armónicas, transductor convexo multifrecuencial (4-7 MHz) y transductor lineal multifrecuencial (9-12 MHz), cada lesión se evaluó en dos orientaciones, sagital y transversal, así como se realizaron reconstrucciones tridimensionales las cuales se compararon con las mediciones e imágenes bidimensionales.

En las estimaciones de volumen utilizando el ultrasonido bidimensional hubo un promedio de error de 13,7 +/- 10,1%. En las estimaciones de volumen utilizando el ultrasonido tridimensional hubo un porcentaje de error de 2.92 +/- 1.63%. Las medidas de volumen bidimensional se calcularon al obtener la longitud, profundidad y espesor de la lesión multiplicando por 0.523.



Lesión nodular en relación a Hepatocarcinoma nodular con múltiples satélites.

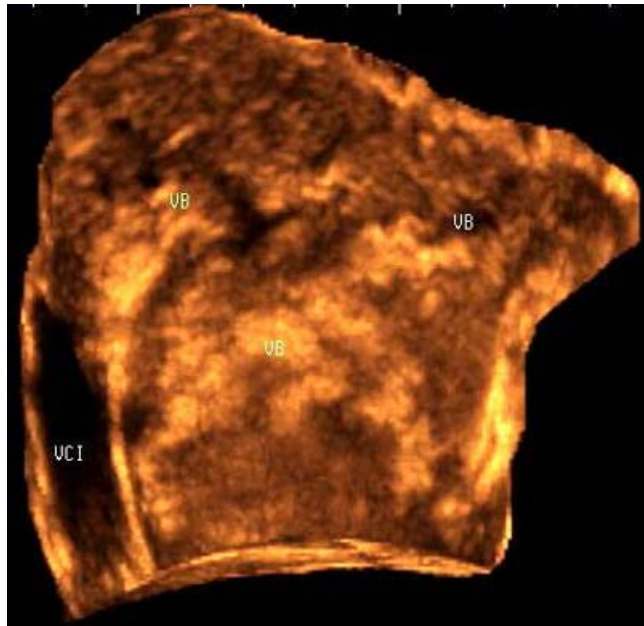


Imagen en tercera dimensión del Hepatocarcinoma nodular con múltiples satélites.



Área nodular mal definida localizada el cuello vesicular, no se define bien si existe nfiltración de la pared vesicular.

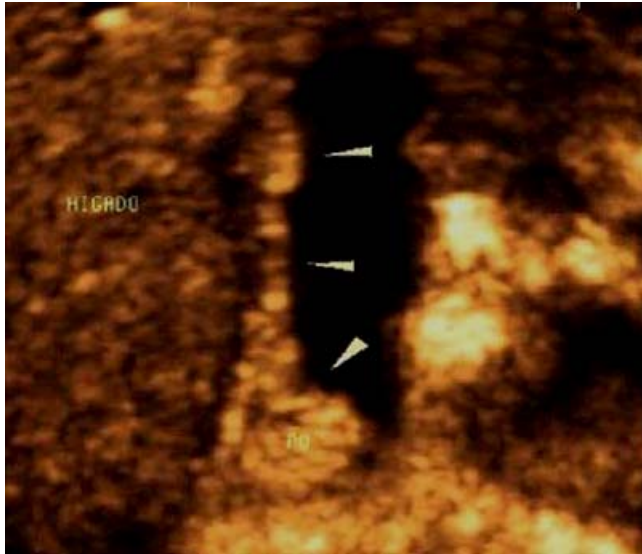


Imagen en tercera dimensión donde se identifica claramente el engrosamiento de la pared vesicular en relación a infiltración de la misma.



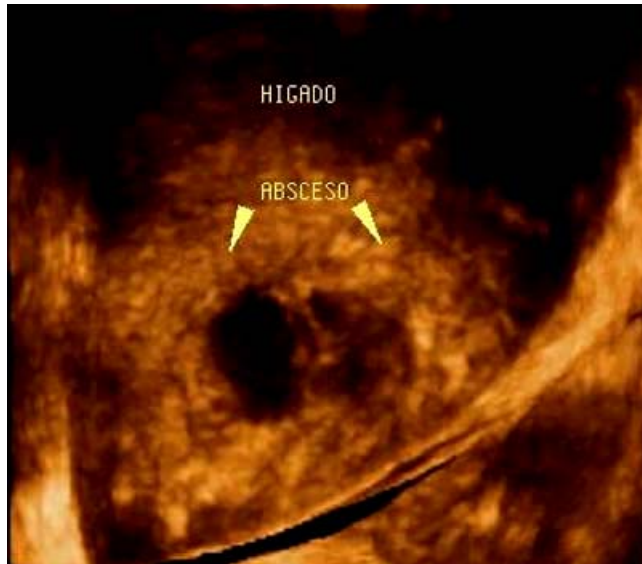
Lesión hepática isoecoica limitada por la vena suprahepática media superiormente y la rama derecha portal inferiormente.



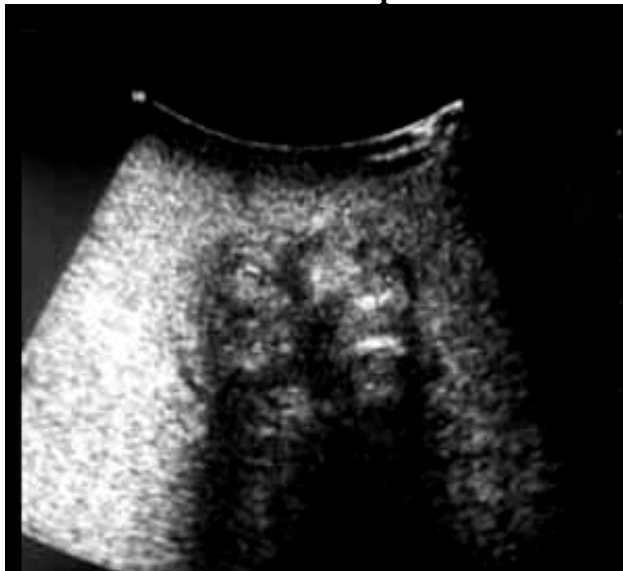
Masa hepática bien definida relacionada con Adenoma hepática.



Masa hepática de componente mixto con áreas anecoicas en el interior, no se define adecuadamente debido a su tamaño.



Masa hepática de componente mixto con áreas anecoicas en el interior bien definida relacionada con Absceso hepático.



Lesión nodular solida de contorno irregular.



Lesión nodular sólida de contornos lobulados que se delimita adecuadamente, en relación a Carcinoma hepatocelular.

DISCUSIÓN

El ultrasonido es un método de diagnóstico por imagen insustituible en la práctica médica, siendo el paso siguiente a una adecuada historia clínica y a la exploración física en el estudio del paciente con enfermedad hepática. Por eso, cada vez es más frecuente el hallazgo de lesiones focales hepáticas tanto sintomáticas como asintomáticas.

Dado que en la mayoría de las ocasiones las lesiones focales hepáticas son un hallazgo ecográfico y la ecografía tiene una alta sensibilidad y especificidad para caracterizarlas, el propósito de este estudio fue evaluar si el ultrasonido tridimensional es de mayor sensibilidad y especificidad que el bidimensional en la caracterización de lesiones hepáticas focales, así como la precisión en las estimaciones de volumen obtenidas tridimensionalmente con respecto al ultrasonido bidimensional.

En las estimaciones de volumen utilizando el método bidimensional hubo un promedio de error de 13,7 +/- 10,1%, mientras que en las estimaciones de volumen tridimensional el promedio de error fue 2.92 +/- 1.63%.

El ultrasonido tridimensional proporciono mediciones más exactas de volumen de lesiones regulares e irregulares lo que permite mejorar la caracterización de las lesiones focales hepáticas frente al ultrasonido bidimensional. Así como obtener imágenes con mejor definición en cuanto a la delimitación y ubicación de las lesiones hepáticas estudiadas.

CONCLUSIONES

Se determino que el ultrasonido tridimensional es más sensible y específico en la caracterización de las lesiones hepáticas focales que estudiamos como son el Hemangioma, Hiperplasia nodular focal, Adenoma hepático, Quiste hepático, Abscesos, Carcinoma hepatocelular y las metástasis hepáticas.

Dado que la mayoría de las lesiones hepáticas focales son un hallazgo ultrasonográfico y que la incidencia de las mismas en la consulta médica diaria es importante, la utilidad diagnóstica del ultrasonido bidimensional es insustituible, sin embargo con ayuda de las reconstrucciones tridimensionales podemos aportar al clínico estimaciones de volumen, profundidad, espesor, localización y definición de las lesiones con contornos regulares e irregulares, lo que facilita la delimitación de las mismas, así como el involucro a órganos adyacentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Hamper U, Trapanotto V, Sheth S, Dejong R, Caskey C. Three-dimensional US: preliminary clinical experience. *Radiology* 1994; 191:397-401
- (2) Fishman E, Drebin B, Magid D. Volumetric rendering techniques: applications for three-dimensional imaging of the hip. *Radiology* 1987;163:737-738
- (3) Stytz MR, Frieder O. Three-dimensional medical imaging modalities: an overview. *Crit Rev Biomed Eng* 1990; 18:1-25
- (4) Kawabata M, Mochida S, Fujiwara K, Yamanaka R, Yamamoto K. Rapid reconstruction of three dimensional images from ultrasonography using a linearly moving mirror. *Jpn J Clin Oncol* 1992;22:30-34
- (5) Kelly IM, Gardener JE, Lees WR. Three-dimensional fetal ultrasound. *Lancet* 1992;339:1062-1064
- (6) King DL, King DL Jr, Shao MY. Three dimensional spatial registration and interactive display of position and orientation of real-time ultrasound images. *J Ultrasound Med* 1990;9:525-532
- (7) Kuo HC, Chang FM, Wu CH, Yao BL, Liu CH. The primary application of three-dimensional ultrasonography in obstetrics. *Am J Obstet Gynecol* 1992;166:880-886
- (8) Pretorius DH, Nelson TR, Jaffe JS. Three dimensional sonographic analysis based on color flow Doppler and gray scale image data: A preliminary report. *J Ultrasound Med* 1992;11:225-232
- (9) Baba K, Satoh K, Sakamoto S, Okai T, Ishii S. Development of an ultrasonic system for three dimensional reconstruction of the fetus. *J Perinat Med* 1989;17:19-24
- (10) Levayllant JM, Rotten D, Billon C, Rua P. Three dimensional ultrasound imaging of the female breast and human fetus in utero: preliminary results. *Ultrasound Imag* 1989;11:149-150
- (11) Pretorius DH, Nelson TR. Three dimensional US of the fetal face. *Radiology* 1994;193(P):286
- (12) Nelson TR, Pretorius DH. Three-dimensional ultrasound volume measurement. *Med Physics* 1993;20:1927
- (13) Hamper UM, Trapanotto V, Sheth S. Three dimensional US preliminary clinical experience. *Radiology* 1994;191:397-398
- (14) Von Ramm OT, Smith SW, Carol BA. Real time volumetric US imaging. *Radiology* 1994;193(P):308-309
- (15) Riccabona M, Nelson TR, Pretorius DH, Davidson BS. Distance and volume measurement using three-dimensional ultrasonography. *J Ultrasound Med* 1995;14:881-886
- (16) Dinkel E, Ertl M, Dittrich M. Kidney size in childhood: Sonographical growth chart for kidney length and Volume. *Pediatr Radiol* 1985;15:38-40
- (17) King DL, King DL Jr., Shao MY. Three dimensional spatial registration and interactive display of position and orientation of real time ultrasound images. *J Ultrasound Med* 1990;9:525-530
- (18) Giljoa OH, Thuene N, Matre K. In vitro evaluation of three-dimensional ultrasonography in volume estimation of abdominal organs. *Ultrasound Med Biol* 1994;20:157-160
- (19) Gregg AR, Steiner H, Staudach A. Accuracy of 3D sonographic volume measurements. Presented at the annual meeting, Society of Perinatal Obstetrics, San Francisco 1993
- (20) Cavaye DM, Tabbara MR, Kopchok GE. Three-dimensional vascular ultrasound imaging. *Am Surg* 1991;57:751-3
- (21) Sohn C, Grotepass J. Three dimensional organ image using ultrasound. *Ultraschall Med* 1990;11:295-297
- (22) Sohn C, Lenz GP, Thies M. Three-dimensional ultrasound of the infant hip. *Ultraschall Med* 1990;11:302-305
- (23) Echenique A, LeBlang SD, Montalvo BM. Three dimensional ultrasound of the abdomen and thorax. *Radiology* 1994;193(P):448
- (24) Reinbold C, Hammers L, Taylor C, Quedens-Case C, Holland C, Taylor K. Characterization of Focal Hepatic Lesions with Duplex Sonography: Findings in 198 Patients. *AJR* 1995;164:1131-1135
- (25) Downey D, Fenster A, Williams J. Clinical Utility of Three-dimensional ultrasound. *RadioGraphics* 2000;20:559-571