

LA ECOGRAFÍA EN LA EXPLORACIÓN DEL APARATO DIGESTIVO.

FUNDAMENTOS FÍSICOS Y ASPECTOS GENERALES.

ERNESTO C. FARAONI

Médico del Servicio de Cirugía General del Hospital General de Agudos "Donación Francisco Santojanni", Buenos Aires.
Docente Autorizado de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires.

1) FÍSICA DEL ULTRASONIDO

Desde la antigüedad el hombre combatió contra sus padecimientos y una vez desterradas sus creencias acerca de la etiología demoníaca de la enfermedad intentó conocer su origen valiéndose al principio, solamente con la ayuda de sus sentidos, pero con el transcurso del tiempo fue desarrollando instrumentos que lo ayudaron en su labor.

El termómetro, tensiómetro, electrocardiógrafo y estetoscopio permitieron acercar al médico al conocimiento de sus dolencias, pero la ayuda más inesperada y valiosa se logra en el siglo XIX con el descubrimiento de los rayos X por William Roentgen.³

Durante el siglo XX el impulso tecnológico aplicado a la medicina fue incesante, siendo el ultrasonido el resultado del sonar naval y de los detectores de fallas en los metales durante la segunda guerra mundial.⁶⁻⁷

Los primeros intentos de aplicación médica de los ultrasonidos corresponden al austríaco Dussik² quien en 1942 intentó obtener imágenes de la anatomía cerebral con resultados poco alentadores.

Posteriormente Howry y Wild en los Estados Unidos continuaron perfeccionando emisores ultrasónicos en forma experimental, hasta que en 1954 el inglés Donald desarrolla un examinador de contacto manual usado en un principio en ginecoobstetricia.⁷⁻¹

Los primeros aparatos presentaban diseños en Modo A, sin embargo Holmes y Howry en 1963 desarrolla la técnica en Modo B de inapreciable utilidad en el diagnóstico imagenológico.⁸

El efecto Doppler descrito por el físico y matemático homónimo, permitió a Satomura y Nimura aplicar dicho fenómeno en la evaluación cardiovascular, mientras que los primeros ecógrafos Modo B arribaron a nuestro país en 1976.

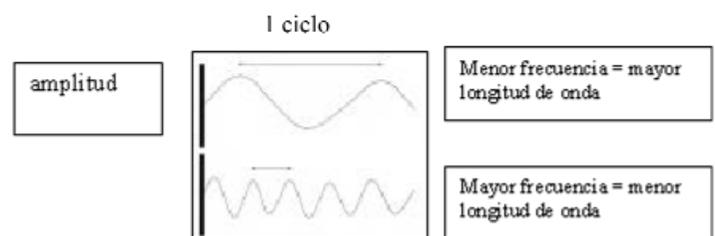


Fig. 1. - Su frecuencia se mide en Herzios (Hz)
- 1Hz = 1 Ciclo / Seg.
- 1MHz = 1 Millón de Ciclos / Seg.
- Período = tiempo de un ciclo
- Longitud de Onda = Distancia de un Ciclo
- Amplitud = Intensidad de Energía Acústica
- La Intensidad se expresa en Decibeles (dB)

La ecografía, como método diagnóstico rápido, incruento, seguro, económico y eficaz es una herramienta indispensable para la actividad del cirujano.⁵

Definimos al sonido como un conjunto de ondas mecánicas de energía que necesitan un medio para su propagación y que se transmite en forma de ondas de presión y descompresión molecular.

Dicha vibración, llamada onda sonora, se produce por un efecto característico de ciertos materiales denominado efecto piezoeléctrico, mediante el cual se convierte energía eléctrica en mecánica y viceversa.¹⁰⁻¹¹

La onda sonora se propaga desde su origen a lo largo de una distancia determinada no existiendo desplazamiento molecular, sino un movimiento vibratorio armónico que se transmite en cierto sentido.

Las ondas sonoras se denominan de acuerdo a su frecuencia:

Infrasonidos: menos de 20 Hz.

Sonidos audibles: 20 a 20.000 Hz.

Ultrasonidos: más de 20.000 Hz.

El rango de frecuencias utilizadas en ecografía o ultra-

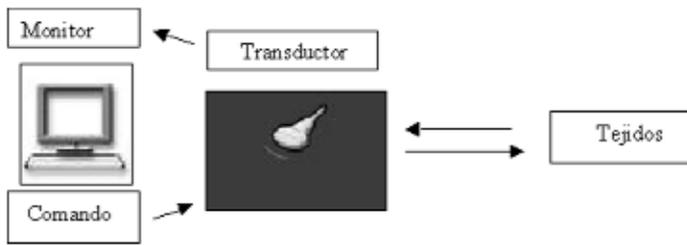


Fig. 2.

sonografía diagnóstica es de 2 a 20 MHz.

La velocidad de transmisión del sonido no es constante, sino que depende del medio y sus características, siendo más elevada cuanto mayor sea la densidad del mismo a consecuencia de que mientras más alejadas estén las moléculas entre sí, más dificultad tendrá en su propagación.

Es así que los sólidos transmitirán el sonido mejor que los líquidos y estos mejor que los gases. La velocidad del sonido en el aire es de 331 m /seg y en el hueso es de 4080 m /seg siendo medios inadecuados para su propagación ya que no logran atravesarlo, o son absorbidos en forma completa.

Los ecógrafos están calibrados para una velocidad promedio de 1540 m/seg. que es la que se produce en los tejidos blandos.

2) ECÓGRAFOS Y TRANSDUCTORES

Los ecógrafos, utilizando la capacidad piezoeléctrica del transductor, transmiten y detectan los pulsos ultrasónicos generando la imagen final mediante transformación y amplificación de la señal de vuelta .

Un ecógrafo se encuentra conformado por una *unidad de comando* o Hardware, la sonda o *transductor*, y el *monitor*. (Fig. 2)

El operador debe tener un conocimiento básico de las funciones de la *unidad de comando*, y ajustará los parámetros técnicos del instrumental previamente a la evaluación ecográfica. Todos los aparatos poseen entre dos y doce controles de ganancias permiten modificar los ecos que reflejados de las distintas profundidades investigadas.

El control de ganancia general ha de regularse de acuerdo a las características individuales de cada paciente evaluado y en relación a las ganancias parciales, es conveniente mantener bajas las cercanas, donde se concentran gran cantidad de ecos y altas las lejanas desde donde se reciben pocos ecos.

Las imágenes ecográficas deben documentarse mediante fotografía printer donde constará la identidad del

paciente y los órganos involucrados en el estudio.

Los *transductores*, en la actualidad electrónicos, constituyen un reservorio de cristales piezoeléctricos y de acuerdo a la disposición de los mismos y a la imagen obtenida se clasifican en lineales, sectoriales y convex.

La frecuencia del transductor es inversamente proporcional a la longitud de onda, por lo tanto los de frecuencia elevada (7.5-10MHZ) utilizados en ecografía intraoperatoria, permiten obtener imágenes de estructuras pequeñas y superficiales, mientras que los transductores de baja frecuencia (3.5 MHZ) por su mayor penetración permiten la evaluación en profundidad.

Se considera que a mayor frecuencia, mayor poder de resolución, refiriéndose esta última al detalle y nitidez de la imagen.

La onda sónica emitida por el transductor atraviesa los tejidos donde se modifica por diferentes procesos físicos: transmisión, reflexión, refracción, dispersión, absorción y divergencia. El tipo de interacción depende de las características del medio, frecuencia y longitud de onda y del tamaño de la estructura con la que interactúa.

La reflexión es el fenómeno físico fundamental en la producción del eco y que origina la imagen ecográfica. Esta onda reflejada o eco se origina mediante la interacción de la onda sónica con estructuras de distinta impedancia, considerándose a la *impedancia acústica* como la capacidad de un medio de transmitir el sonido; cuanto mayor sea la diferencia de impedancia, mayor será la energía acústica reflejada.

Debido a la propiedad que tiene el cristal piezoeléctrico del transductor de convertir energía sónica en energía eléctrica, cada eco será transformado en un voltaje o corriente eléctrica y luego de pasar por una etapa de amplificación se registrará en el *monitor* o tubo de rayos catódicos, donde la imagen forma parte de la representación electrónica de los datos generados en las interfases que retornan al cristal.

La obtención y el registro de las imágenes en el monitor se realiza de distintas formas o modos:

Modo A (Amplitud): Es un método unidimensional actualmente utilizado en oftalmología donde los ecos se representan por espigas sobre una línea de base que corresponde al eje central del haz ultrasónico, y siendo la altura de las mismas proporcional a la intensidad del eco.

Modo M o TM (Time Motion): la imagen unidimensional se forma por el eco de cada estructura estudiada a través del tiempo. Se utiliza principalmente en cardiología, pudiendo evaluar las cavidades cardíacas y su dinámica valvular.

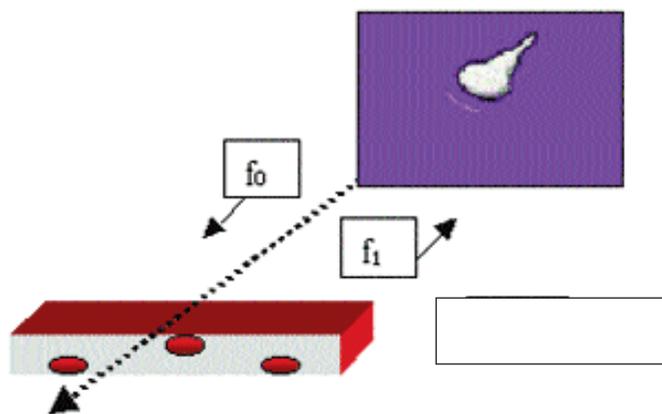


Fig. 3.

Modo B (Brillo): Corresponde a la representación pictórica de los ecos, donde las espigas son reemplazadas por puntos lumínicos cuya intensidad de brillo es directamente proporcional a la amplitud de la onda.

Los primeros transductores generaban imágenes estáticas, porque el tiempo de barrido era relativamente lento, pero actualmente se utilizan transductores en tiempo real, cuyo resultado es una información bidimensional en movimiento.

La técnica tridimensional configura imágenes en tres dimensiones a partir de numerosos cortes bidimensionales seriados.

Modo Doppler: El efecto Doppler describe el cambio de frecuencia de la onda sonora con el movimiento de la fuente respecto al receptor.

Si el haz ultrasónico impacta sobre un blanco móvil como los glóbulos rojos circulantes en el interior de un vaso, el eco retorna al transductor con la longitud de onda modificada y un cambio de la frecuencia. (Fig. 3)

El modo Doppler compara la frecuencia recibida (f_i) con la emitida (f_o) y la diferencia de frecuencias resultante o frecuencia Doppler (f_D) se codificará en distintas formas:

Si el glóbulo rojo se acerca al transductor, la señal será positiva, roja en el Doppler color o inscripción por encima de la línea basal en el Doppler espectral.

*Si el glóbulo rojo se aleja del transductor se codificará como negativa: azul en el Doppler color, inscripción por debajo de la línea basal en el Doppler espectral.*⁹⁻¹³

El sistema dúplex es la imagen en modo B sumada a la onda espectral, que determina la presencia, dirección y características del flujo sanguíneo, y el triplex utilizado en la actualidad incorpora el Doppler color.

El Doppler continuo que posee la ventaja de evaluar vasos de gran flujo, utiliza dos cristales piezoeléctricos contenidos en un transductor que transmite y recibe se-

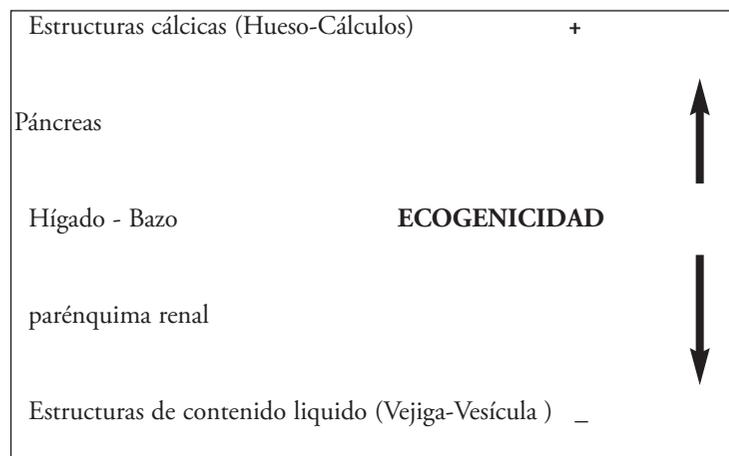


Fig. 4.

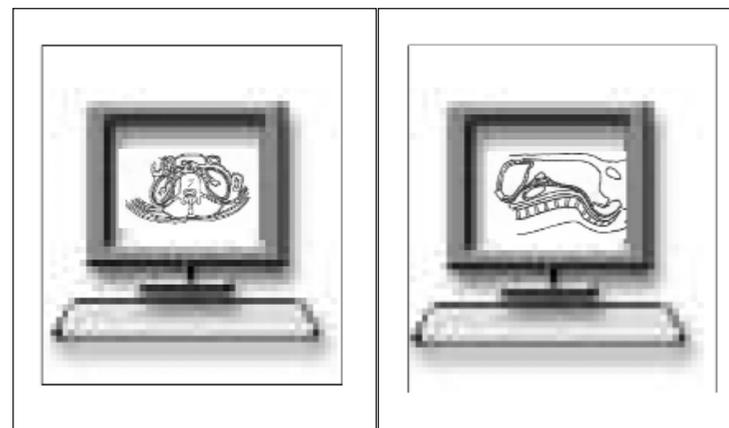


Fig. 5. Corte transversal

Fig. 6. Corte sagital

ñales ultrasónicas en forma continua.

El Doppler pulsado utiliza un solo cristal que emite una salva de ondas sónicas, captando los ecos de un cierto margen de profundidad o volumen de muestra que permite seleccionar la zona a evaluar.⁹⁻¹²

3) CONCEPTO DE ECOGENICIDAD - DESCRIPCIÓN DE IMÁGENES

La mayor parte de los ecógrafos utilizan la representación en modo B donde los ecos reflejados son transformados en puntos lumínicos en el monitor, y donde la intensidad o brillo de cada punto es proporcional a la amplitud de la señal del eco. Por lo tanto, las zonas de mayor ecogenicidad representan la mayor intensidad de ecos que retornan al transductor. (Fig. 4).

De acuerdo a su **ecogenicidad**, las estructuras anatómicas pueden describirse como anecoicas, correspondientes a estructuras de contenido líquido, y ecorrefringente;

Estas últimas pueden ser hiperecoicas, isoecoicas e hipoeicoicas utilizándose como parámetro comparativo stan-

dard de los órganos parenquimatosos las características ecogénicas del hígado y el bazo. (Fig. 4)³⁻⁴

Además, las imágenes ecográficas deben ser descriptas de acuerdo a su *forma* (conservada o alterada), *tamaño* (aumentado, conservado o disminuido), *contorno* (conservado, o alterado) y *estructura* (conservada o alterada).³⁻¹²

4) CORTES ECOGRÁFICOS ELEMENTALES

La ecografía permite evaluar al paciente en múltiples incidencias: sagital, transversal, coronal, oblicuo, etc.

En forma práctica describiremos los dos cortes ecográficos elementales: transversal y sagital.

Habitualmente y salvo excepciones, el paciente es colocado en posición decúbito dorsal situándose el operador a la derecha del mismo.

Luego de aplicar gel conductor sobre la superficie cutánea, se coloca el transductor sobre la misma con una presión moderada orientando el haz ultrasónico hacia el órgano o estructura blanco, y ajustando los parámetros técnicos previamente descriptos.

Orientando el transductor en sentido transversal, la imagen proyectada en el monitor es análoga a la observada en un corte tomográfico. (Fig. 5)

Para realizar un corte ecográfico sagital rotaremos el transductor 90° en sentido horario, observándose en la parte izquierda del monitor la región cefálica del paciente, mientras que en la parte derecha se representará la región caudal. (Fig. 6)⁴⁻⁵

5) EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

A) EXAMEN ECOGRÁFICO NORMAL

A pesar que el gas intestinal dificulta una correcta valoración del tubo digestivo, la evaluación ecográfica debe incluir el examen gastrointestinal, principalmente en cuadros abdominales agudos.

El objetivo de este capítulo es describir la utilidad del ultrasonido que en manos del cirujano permitirá complementar el diagnóstico de patologías frecuentes en su práctica diaria.

El examen ecográfico gastroduodenal requiere preparación previa, ya que el paciente debe ingerir 1 litro de agua mineral con sorbete, mientras que la evaluación del intestino delgado y colon no requiere preparación alguna.

En condiciones normales la pared del tracto gastrointestinal presenta una triple configuración correspondiendo la ecorrefringencia central a la mucosa, el anillo

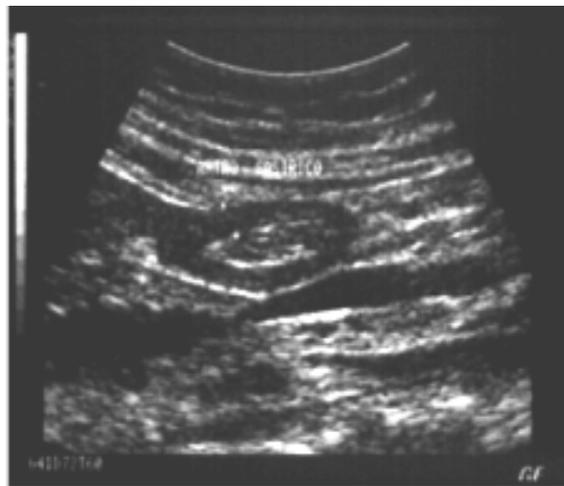


Fig. 7. Corte ecográfico sagital donde se visualiza la pared gástrica con el triple anillo.

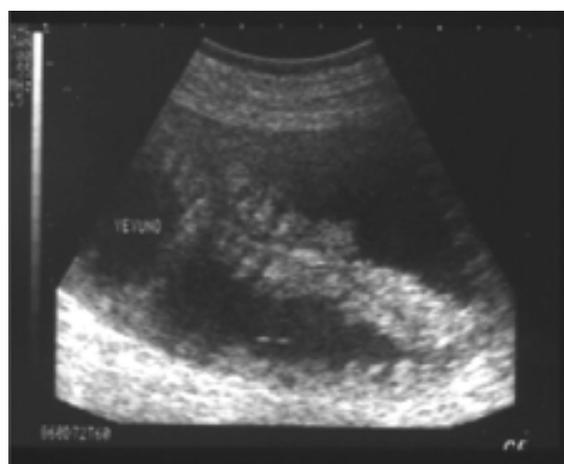


Fig. 8. Yeyuno distendido por contenido líquido. Se evidencian las válvulas conniventes.

hipoecogénico central a la pared intestinal, mientras que la grasa periserosa produce un reborde ecogénico externo (Fig.7).

Este anillo no debe medir más de cinco milímetros en la porción del tracto contraído, y tres milímetros en el intestino distendido debiéndose medir el espesor parietal desde el extremo ecogénico intraluminal hasta el borde externo de halo hipoecoico correspondiente al límite de la pared intestinal.

Al igual que el páncreas, el estómago puede evaluarse luego de suministrar al paciente agua mineral. La tuberosidad mayor se visualiza colocando al paciente en ambos decúbitos laterales observándose su peristalsis en torbellino, mientras que el antropíloro se visualiza en cortes sagitales y transversales por detrás de la glándula hepática.

La primera y segunda porción duodenal se observan generalmente en contigüidad con el estómago y a la derecha del páncreas respectivamente.

En ocasiones y luego de ingesta líquida se evidencian las primeras ansas yeyunales, mientras que el íleon se identifica solamente en condiciones patológicas. (Fig. 8)

El apéndice no se visualiza en forma rutinaria pero en



Fig. 9. Corte transversal subxifoideo: tricoboazar gástrico.

ocasiones se logra apreciar como una estructura aperistáltica con su extremo en fondo de saco, y con un diámetro máximo de seis milímetros y ocho a diez centímetros de longitud.

La ecografía no es un buen método para la valoración colónica pero ocasionalmente y cuando esta lleno de líquido, se logran identificar su pared compresible y las haustras, evidenciándose el recto como una formación retrovesical o retrouterina fuertemente ecogénica y de límites mal definidos.

B) ECOGRAFÍA EN PATOLOGÍA GASTROENTEROLÓGICA

Dilatación gástrica

Frecuente en los niños luego de llantos prolongados, la dilatación gástrica puede ser consecutiva a síndrome pilórico de distintas etiologías, alteraciones hidroelectrolíticas, y entidades psicopatológicas. En presencia de un estómago con importante cantidad de líquido logra delimitarse ecográficamente la pared gástrica y en su interior una marcada ecorrefringencia con acentuados movimientos peristálticos y sombras acústicas sucias producto del gas y partículas alimentarias.

Gastritis y úlcera gastroduodenal

Es aconsejable realizar una evaluación ecográfica gastroduodenal en aquellos pacientes con sintomatología de hemiabdomen superior sin evidencias imagenológicas de patología biliar. En la gastritis aguda suele evidenciarse una pared gástrica engrosada (mayor a 5 mm en el tracto contraído) con líquido de retención a pesar del ayuno adecuado. En manos experimentadas algunos autores refieren buenos resultados en el diagnóstico de úlceras pépticas mediante la visualización ecográfica de un nicho ulceroso.

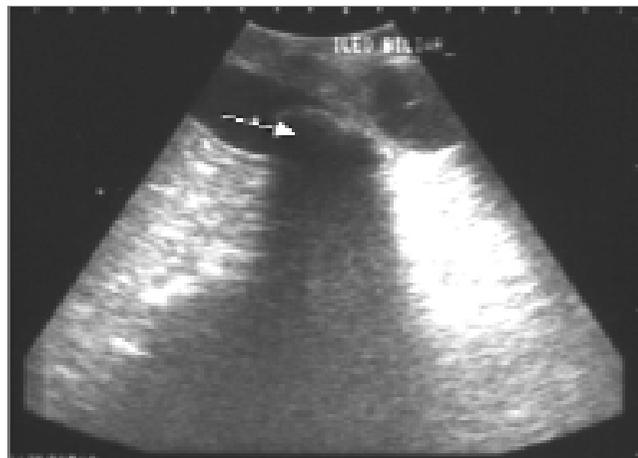


Fig. 10. Cálculo en el íleon terminal (flecha). Se visualiza la fuerte sombra ecogénica posterior.

Bezoares

Son cuerpos extraños endoluminales constituidos por materias orgánicas o inorgánicas, denominándose tricobozares si están compuestos por pelos, fitobozares si presentan restos vegetales y concreciones si están conformadas por diversos materiales como goma, brea, etc.

Ecográficamente se evidencian como marcadas ecorrefringencias endoluminales generalmente intragástricas, con acentuada sombra acústica posterior. (Fig. 9)

Estenosis hipertrofica pilórica

Es una enfermedad de incidencia familiar que afecta principalmente a los niños a partir de la 2ª semana de vida, con una relación hombre mujer de 5 : 1.

Clínicamente el niño presenta vómitos a chorro, signos de deshidratación variable, siendo frecuente la palpación de la "oliva" móvil en epigastrio correspondiente a la hipertrofia e hiperplasia del músculo pilórico.

Ecográficamente, se describen las siguientes imágenes: un estómago muy distendido con acentuada peristalsis y un diámetro pilórico anteroposterior mayor a 15 mm con engrosamiento de la pared muscular pilórica mayor a 4 mm. El canal pilórico es visualizado como un trayecto ecorrefringente que en condiciones patológicas excede los 15 mm, y el píloro suele protruir en el antro gástrico configurando una imagen similar al cuello del útero (signo del "cervix")

Ileo biliar

Es la obstrucción mecánica litiásica de alguna porción del tubo digestivo producto habitualmente de una fístula biliodigestiva.

El impacto del cálculo se suele producir en el íleon terminal o válvula ileocecal, pero en ocasiones puede obs-



Fig. 11. Ileo ecográfico: distensión yeyunal. Fig. 12. Ileo ecográfico: distensión del íleon.

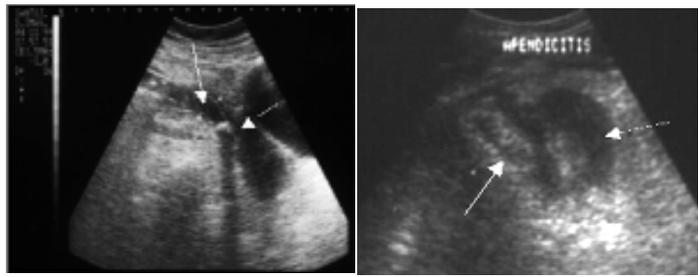


Fig. 13. Apendicitis aguda: lumen apendicular (flecha), coprolito (flecha punteada). Fig. 14. Apendicitis gangrenosa: ciego (flecha), apéndice (flecha punteada).

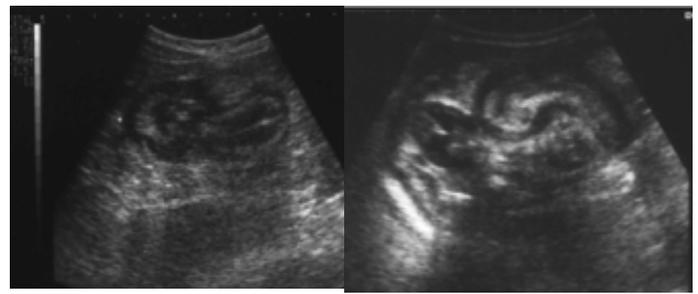


Fig. 15. Invaginación enteroentérica. Fig. 16. Invaginación colocolica.

truir el colon o el bulbo duodenal, configurando el Síndrome de Bouveret.

Son signos ecográficos indirectos la presencia de aerobilia que se evidencia como marcadas ecorrefringencias intrahepáticas, la presencia de una vesícula escleroatrófica o de difícil visualización, y el íleo ecográfico.

En ocasiones logra individualizarse el cálculo endoluminal como estructura ecorrefringente con sombra acústica limpia y la consiguiente distensión intestinal supraobstructiva. (Fig.10)

Obstrucción del intestino delgado

La obstrucción yeyunoileal impide habitualmente la exploración ecográfica a consecuencia de la presencia de gas intestinal, pero en aproximadamente el 10% de los pacientes se logra realizar una evaluación intestinal satisfactoria ya que las ansas presentan abundante líquido y escaso aire.

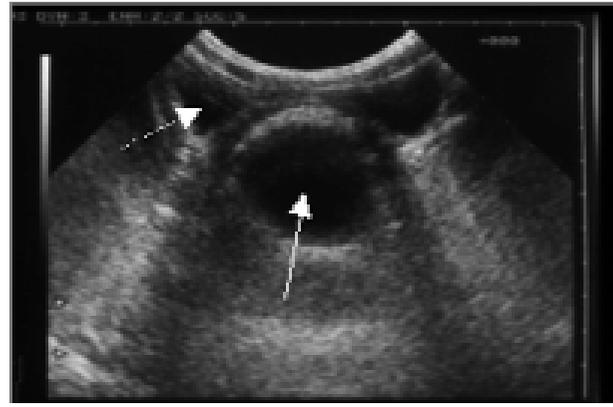


Fig. 17. Sigmoiditis diverticular: pared colónica rígida y engrosada (flecha). Coprolito con sombra acústica posterior (flecha punteada)

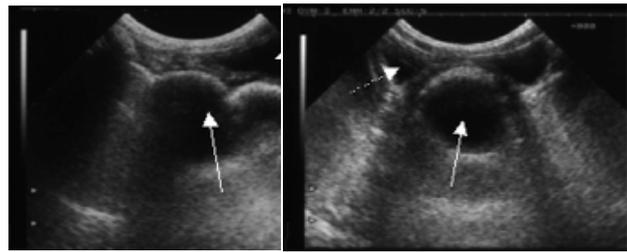


Fig. 18. Corte sagital: fecaloma (flecha), Vejiga (flecha punteada).

Fig. 19. Corte transversal: fecaloma (flecha), Vejiga (flecha punteada).

El intestino distendido se identifica como estructuras anecoicas tubulares o redondeadas y con peristaltismo variable, pudiéndose visualizar las válvulas conniventes y en ocasiones la etiología obstructiva (íleo biliar, invaginación, hernia o eventración atascada, etc.). (Figs.11 y 12)

Apendicitis aguda

Es la causa mas frecuente de abdomen agudo quirúrgico, y distintas series reportan la normalidad del 20 al 40% de los apéndices extirpados, dependiendo este porcentaje del sexo y la edad del paciente.

La ecografía es un método altamente específico para el diagnóstico de apendicitis aguda pero con una sensibilidad variable que oscila del 45 al 80% de acuerdo a las series.

Se aconseja realizar la exploración ecográfica abdominal en los cuadros abdominales agudos, principalmente en mujeres en edad fértil, que en ocasiones permite realizar el diagnóstico de apendicitis aguda pero además permite descartar procesos de origen ginecológico.

El examen ecográfico de la región apendicular debe realizarse con el paciente en decúbito dorsal explorando con el transductor la F.I.D. y tomando como reparos ecográficos el ciego por fuera, y los vasos ilíacos por detrás, estos últimos relacionados posteriormente con el músculo psoas ilíaco.

En la apendicitis aguda además de presentarse el signo de "Mc Burney ecográfico", consecutivo a la compresión local

del transductor, existen signos de gran valor, como la identificación de un apéndice no compresible, aperistáltico, mayor de 7 mm de diámetro y la presencia de coprolitos evidenciados como estructuras ecorrefringentes con sombra acústica posterior. (Fig. 13) En las apendicitis flegmonosas y gangrenosas el apéndice puede observarse como una estructura hipoeoica mal definida. (Fig. 14) Podemos describir como signos indirectos al líquido en el fondo de saco de Douglas, colección periapendicular e íleo regional.

Invaginación intestinal

Es la 1ª causa de obstrucción intestinal en niños, siendo una entidad con un cuadro clínico inespecífico y polimorfo, consecutivo a la intususcepción de un asa en forma endoluminal que además del cuadro obstructivo y a consecuencia del edema, tracción del mesenterio y colapso vascular puede producir isquemia intestinal.

La invaginación intestinal puede ser enteroentérica, ileocecal, y colocolica, siendo habitualmente espontánea en los niños y secundaria a una lesión orgánica (benigna o maligna) en la población adulta. En más del 50% de los pacientes se logra palpar una masa tumoral de localización variable.

Los signos ecográficos característicos son la imagen

en pseudo riñón o escarapela, con el anillo periférico hipoeogénico y ecorrefringencia central, y la imagen de múltiples anillos concéntricos que se visualiza en las ansa con menor grado de edema. (Fig. 15)

Colopatía diverticular

En la diverticulitis aguda se puede observar rigidez y engrosamiento parietal del colon, habitualmente sigmoides, y presencia de divertículos, objetivados como estructuras ecorrefringentes parietales con sombra acústica (coprolitos). (Fig. 17)

Ante perforaciones se suelen ver colecciones para o pericólicas, y establecida una fistula colovesical el ultrasonido permite determinar la presencia de neumaturia y fecaluria que se visualiza como material ecogénico móvil dentro de la vejiga con reverberación producto del gas.

Fecaloma

Consecutivo a acumulación colorrectal de materia fecal, afectan habitualmente a pacientes en extremos de la vida.

Ecográficamente se visualiza como una formación retrovesical o retrouterina fuertemente ecogénica, homogénea y con sombra acústica posterior. (Figs. 18-19)

BIBLIOGRAFÍA

- DONALD, I; MAC VICAR J, AND BROWN, TG: Investigation of abdominal masses by pulsed ultrasound, Lancet 1:1188, 1958
- DUSSIK, KT: Über die Möglichkeit hochfrequente mechanische Schwingungen als diagnostisches Hilfsmittel zu verwenden, Z Neurol Psychiatr 174:153, 1942. In Holmes, JH: Diagnostic ultrasound: historical perspective. In King, D: Diagnostic Ultrasound, St. Louis, 1974 The CV Mosby co.
- FARAONI E.: Investigación de los segmentos hepáticos por medio de la ecografía. Tesis de Doctorado, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires. 1995.
- FARAONI E., D'ELIA F, DISALVO H, FARAONI H: Localización de los segmentos hepáticos por medio de la ecografía. Revista Argentina de Cirugía 1994; 67: 133-139.
- FARAONI E, DI SALVO H, EIZAGUIRRE L, SAN MARTIN M.: Heridas cardíacas. Utilidad de la ecografía en su diagnóstico. Revista Argentina de Cirugía 2003; 85: 168-175.
- GRAHAM H.: Historia de la cirugía. Gil editor 1942. Barcelona, España.
- HOLMES, JH: Diagnostic ultrasound: Historical perspective. In King, D: Diagnostic ultrasound, St. Louis, 1974, The CV Mosby co.
- HOLMES JH, AND HOWRY, DH: Ultrasound diagnosis of abdominal disease, Am Journal Digestive Dis, 8: 12, 1963
- KREBS C., GIYANANI V., EISENBERG R.: Ultrasound Atlas of Vascular Diseases. Editorial Marbán. 2001.
- LANGEVIN, MP.: Les ondes ultrasonores, Rev. Gen. Elec. 23:626, 1928.
- MARGULIS J, BURHENNE M.: Radiología del aparato digestivo. Editorial Medica Panamericana 1991.
- MITTELSTAEDT CAROL A.: Ecografía general. Editorial Marban 1995. Madrid, España.
- ZWIEBEL W: Introduction to Vascular Ultrasonography. Editorial Marbán. 2002.