

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE MEDICINA**



**LA ULTRASONOGRAFÍA EN EL DIAGNÓSTICO DE LA  
INVAGINACIÓN INTESTINAL**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**

**PRESENTADA POR**

Gloria del Pozo García

Bajo la dirección del doctor

Ángel Nogales Espert

**Madrid, 2004**

**ISBN: 84-669-2611-9**



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE MEDICINA**

**LA ULTRASONOGRAFÍA EN EL DIAGNÓSTICO**  
**DE LA INVAGINACIÓN INTESTINAL**

**T E S I S DOCTORAL**

Gloria del Pozo García

MADRID, 2004

**A mi padre**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Profesor. D. Ángel Nogales Espert su dedicación, claridad expositiva y acertado criterio en la dirección de esta tesis.

A José Albillos y a Daniel Tejedor, su gran esfuerzo y colaboración.

A mi Jefe, Antonio Martínez por alentarme, por estar y seguir aquí con nosotros.

A mis compañeros, Maria Miralles con su tremenda capacidad de iniciativa, Gabino González de Orbe y Carmelo Serrano apoyando con entusiasmo y profesionalidad los proyectos planteados, Miguel Rasero y Carmen Gallego por su ayuda en todo lo que haya sido menester.

A todos los médicos adjuntos y residentes que realizan o realizaron guardias en la sección de Radiología Pediátrica, sin cuya colaboración no hubiera sido posible realizar estos estudios.

A los médicos urólogos del Hospital 12 de octubre, por ceder sus animales de experimentación y, al equipo de la Unidad de Cirugía experimental y cirujanos pediátricos del Hospital 12 de octubre por colaborar en la realización de la cirugía en animales.

A José Luis González, Profesor de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense, por la realización de las preparaciones histológicas.

A otros colaboradores por su inestimable participación en la adquisición de los datos, Javier González Spinola, en el análisis estadístico, Agustín Gómez de la Cámara, en la preparación y edición del manuscrito, Beatriz Gómez Ansón y, en la revisión crítica del manuscrito, Vicente Lozano Colomer.

A Cristina González Gordaliza y a Araceli Muñoz Hernández por su colaboración en el capítulo de las Bases Físicas del US.

A mis queridos Jefes José Marcos y Robles, José Manrique Chico y resto de excelentes médicos especialistas del Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital 12 de Octubre que colaboraron en mi formación, especialmente a Juan Jiménez Gutiérrez quien me enseñó a amar la ecografía.

A Alberto Muñoz por animarme a concluir este trabajo y facilitarme parte de la infraestructura necesaria para ello.

A todas y cada una de las personas que trabajan en la Sección de Radiología Pediátrica de mi hospital, DUE, técnicos, secretarias, auxiliares, y celadores por hacerlo todo agradable y fácil.

A las generaciones de residentes pasadas y presentes que dan sentido a mi trabajo diario.

A todas aquellas mujeres que con su trabajo doméstico posibilitaron el mío.

A mi familia y amigos por su incondicional apoyo.

A Cris y a Tito mi alegría.



# LA ULTRASONOGRAFÍA EN EL DIAGNÓSTICO DE LA INVAGINACIÓN INTESTINAL

<u>INDICE</u>	<u>PAGS</u>
<b>I. INTRODUCCIÓN: INVAGINACIÓN INTESTINAL ULTRASONOGRAFÍA COMO TÉCNICA DIAGNÓSTICA</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>2</b>
1.1 Definición .....	2
1.2 Epidemiología .....	2
1.3 Tipos de invaginación .....	3
1.4 Etiología .....	3
1.5 Patogenia .....	5
1.6 Invaginación y vacuna del rotavirus .....	6
1.7 Componentes de la invaginación .....	11
1.8 Fisiopatología .....	12
1.9 Clínica .....	13
<b>2. Diagnóstico de la invaginación</b> .....	<b>16</b>
2.1 Diagnóstico clínico .....	16
2.2 Diagnóstico por radiografía simple de abdomen .....	17
2.3 Diagnóstico por tránsito baritado .....	19
2.4 Diagnóstico por enema .....	20
- Enema diagnóstico .....	20
- Enema diagnóstico-tratamiento .....	20
- Enema y riesgo de irradiación .....	21
- Tipos de enema .....	23
2.5 Diagnóstico Ultrasonográfico .....	26
- Antecedentes de la imagen ecográfica de la invaginación .....	26
2.6 Otras modalidades de diagnóstico por la imagen. TC y RM .....	31
<b>3. Tratamiento de la invaginación</b> .....	<b>32</b>
3.1 Historia del tratamiento de la invaginación .....	32
3.2 Tratamiento no quirúrgico de la invaginación. Reducción mediante enema ....	38
3.2.1 Complicaciones .....	39
3.2.2 Técnicas de reducción .....	40
3.2.3 Criterios para la selección de pacientes .....	42
3.3 Tratamiento quirúrgico .....	44
3.3.1 Cirugía convencional .....	44
3.3.2 Cirugía Laparoscópica .....	45
3.4 Complicaciones post-reducción mediante enema .....	46
<b>4. Costes económicos</b> .....	<b>47</b>
<b>5. Consideraciones técnicas sobre la ultrasonografía diagnóstica</b> .....	<b>48</b>
5.1 Ventajas e inconvenientes del US en el dolor abdominal .....	48
5.2 Bases físicas de la ultrasonografía .....	50

II. JUSTIFICACIÓN DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS .....	67
- Origen de la línea de investigación .....	68
- Justificación e hipótesis.....	69
III. OBJETIVOS .....	71
- Objetivo general .....	72
- Objetivos específicos .....	72
IV. PUBLICACIONES .....	73
1. US findings with pathologic correlation--the “crescent-in-doughnut” sign .....	74
2. Intussusception: trapped peritoneal fluid detected with US--relationship to reducibility and ischemia .....	87
3. Intussusception in Children: Current Concepts in Diagnosis and Enema Reduction .....	98
V. DISCUSIÓN INTEGRADORA .....	107
1. Discusión del signo de “Crescent in doughnut” .....	108
2. Discusión de la presencia del líquido dentro de la invaginación .....	113
3. Discusión de las variantes en la imagen básica de la invaginación .....	123
3.1. Variantes de la imagen de invaginación en los cortes longitudinales .....	123
3.2. Variantes de la imagen de invaginación en los cortes transversales.....	124
3.2.A. Variantes del anillo externo (“doughnut” ecogénico, múltiples capas, anillo punteado hiperecoico entre ITE e ITUR).....	124
3.2.B Variantes en la semiluna mesentérica: Adenopatías, complejo ceco-apendicular y vasos .....	126
3.2.C. Variantes en la porción central de intussusceptum: ITUE con líquido o gas .....	128
4. Discusión de otros aspectos del diagnóstico US de la invaginación .....	129
4.1 Eco Doppler en el diagnóstico US de la invaginación .....	129
4.2 Diagnóstico ultrasonográfico de las invaginaciones de intestino delgado. Resoluciones espontáneas .....	132
4.3 El ultrasonido en el diagnóstico de las formas secundarias (invaginaciones con punto de arrastre). Recurrencias .....	140
5. Evolución del manejo de la invaginación. Radiación y costes .....	147
VI. CONCLUSIONES .....	150
VII. BIBLIOGRAFIA .....	153

## ABREVIATURAS:

**IT:** *Intususcepcion*, invaginación

**ITE:** *Intussusciens*

**ITU:** *Intussusceptum*

**ITUE:** *Intussusceptum* entrante o central

**ITUR:** *Intussusceptum* evertido al regresar o regresando

**LII:** Líquido en el interior de la invaginación

**RM:** Resonancia magnética

**TC:** Tomografía computada

**US:** Ultrasonidos, ultrasonografía

**I.- INTRODUCCIÓN: INVAGINACIÓN INTESTINAL.  
ULTRASONOGRAFÍA COMO TÉCNICA DIAGNÓSTICA**

## I.- INTRODUCCIÓN

La invaginación es una de las causas más comunes de abdomen agudo en el niño. La mayoría de las invaginaciones ocurren en niños entre los tres meses y dos años de edad, siendo frecuentemente idiopáticas e ileocólicas. Clásicamente se ha considerado la invaginación intestinal un proceso grave ligado a una alta morbi-mortalidad, sin embargo, en la actualidad debido a la prontitud en la realización de un diagnóstico y tratamiento adecuados, la resolución sin secuelas se logra en la mayoría de los casos.

### 1.1 Definición

La invaginación o intususcepción se define como el prolapso de una zona del intestino hacia la luz del asa de la inmediatamente adyacente, es decir, la introducción de un segmento de intestino proximal (*intussusceptum*) en la luz del distal (*intussuscipiens*). La palabra intususcepción proviene del latín “intus” que significa interior y “suscepción” o acción de recibir.

### 1.2 Epidemiología: edad, sexo, incidencia.

La edad de presentación de la invaginación es de tres meses a dos años con un pico de mayor incidencia entre los tres y los nueve meses. La invaginación afecta tres veces más a niños que a niñas: el 60-70 % se da en varones. La incidencia aproximada en EE.UU. es de 50 casos al año por 100.000 niños. En países en desarrollo es difícil conocer la incidencia si bien parece menor como muestra el dato de que, en Perú, por debajo del año de vida sea de 12 o 13 por 100.000 niños(1).

Aunque se ha referido como más frecuente en niños bien nutridos, esto no es la regla y hasta un 16% de los niños que presentan este cuadro están malnutridos(2).

Dos hallazgos epidemiológicos relevantes permanecen inexplicados. El primero la peculiar edad de distribución de la invaginación, con pocos casos en lactantes durante los primeros dos a tres meses de vida y un declinar de estos después del primer año, un patrón visto en la mayoría de las enfermedades infecciosas del niño. La protección conferida en el periodo neonatal y postnatal puede ser el resultado de los anticuerpos maternos o de la falta de maduración de los centros germinales en las placas Peyer del

íleon terminal, un reconocido punto de arrastre en la formación de la invaginación. Si los anticuerpos maternos fueran la clave, uno podría esperar que tales casos observados en neonatos afectaran preferentemente a niños prematuros con bajos niveles de anticuerpos maternos, o podría ser el resultado de alteraciones anatómicas como pólipos o divertículos. Un segundo hallazgo, es la marcada predilección de la invaginación en varones, disparidad observada también en otras anomalías congénitas del tracto gastrointestinal como la estenosis pilórica o la atresia duodenal (3).

### **1.3 Tipos de invaginación.**

Se pueden desarrollar invaginaciones en cualquier punto del tubo digestivo. La invaginación es ileocólica en más del 90% de los casos, pero las formas ileoileocólica, colocolica, e ileoileal también se producen. El 80% de las invaginaciones generadas en la región ileocecal presentan su ápex en el colon transversal(4). Las invaginaciones postquirúrgicas son generalmente de intestino delgado, ileoileales, yeyunoileales, o yeyunoyeyunales. Existen también invaginaciones retrógradas.

### **1.4 Etiología**

La mayoría de las invaginaciones que se presentan en la infancia son de causa desconocida. Hasta la fecha, la invaginación se había relacionado frecuentemente con infecciones respiratorias y digestivas por adenovirus y enterovirus fundamentalmente. Datos recogidos en Japón sugirieron inicialmente también, una asociación entre la infección natural por rotavirus y la invaginación; sin embargo, los datos epidemiológicos conocidos con posterioridad no son concluyentes al respecto.

Hasta en el 5% de los casos la invaginación está causada por lesiones del tracto digestivo que actúan como punto de arrastre. Las invaginaciones neonatales aunque raras, invariablemente están acompañadas de puntos de arrastre (5). El punto de arrastre más frecuente es el divertículo de Meckel, siendo otras patologías los pólipos, los quistes de duplicación y el linfoma no Hodgkin, en el que la invaginación puede ser el modo de presentación. En invaginaciones de intestino delgado el hallazgo más frecuente es el quiste de duplicación actuando como punto de arrastre. Además de las lesiones focales,

lesiones que afectan difusamente la pared intestinal pueden ocasionar invaginación; entre ellas están: la fibrosis quística, la púrpura de Henoch, la hemofilia y raramente el síndrome de Kawasaki. Hay una incidencia incrementada de invaginaciones de intestino delgado tras cirugía abdominal especialmente por neuroblastoma, incluso en adultos(6). El apéndice puede en raras ocasiones invaginarse sobre sí mismo, puede llegar a invaginarse completamente dentro de la luz del ciego, e incluso puede ser el origen, actuando como punto de arrastre, de una invaginación ileocecal(7). El muñón apendicular postapendicectomía puede originar asimismo invaginaciones.

Vólvulos tanto de intestino delgado como grueso han sido en raras ocasiones encontrados asociados con invaginación en el niño y posiblemente están relacionados con un aumento de la peristalsis. Anomalías de la rotación asociadas con invaginación han sido también implicadas en la etiología de la invaginación y pueden ser más comunes de lo que previamente se pensaba(2).

---

**Procesos asociados con invaginación(8):**

En neonatos:	Fibrosis Quística (ileo-meconial) Atresia intestinal
En lactantes y niños:	Púrpura de Schönlein-Henoch Divertículo de Meckel Complicación post-quirúrgica Hematoma de la pared intestinal Síndrome Hemolítico-urémico Tumor sólido (Linfoma, rabdomiosarcoma) Vólvulo/malrotación Apendicitis Hemangioma Quiste de duplicación Tricobezoar (bola de pelos) Cuerpo extraño (trozo de cristal) Leucemia aguda (Infiltración linfoide nodular) Ingestión de cocaína Vacunación por rotavirus

---

## 1.5 Patogenia

El único hallazgo encontrado en el 90% de los casos de invaginación es una hiperplasia del tejido linfoide en la pared del ileon terminal. Esta hipertrofia de las placas de Peyer se ha postulado, pues, como posible punto de arrastre y por tanto origen de estas invaginaciones. Tal hipótesis, explicaría cierta incidencia estacional encontrada en algunos estudios y relacionada con infecciones virales, así como la mayor frecuencia de estos cuadros en los dos primeros años de vida coincidiendo con el pico de inmunización de estos niños. Incluso justificaría la baja incidencia de invaginaciones durante los primeros 3 meses de vida, en los que el tejido linfoide del niño está poco desarrollado debido a la presencia todavía de inmunidad materna adquirida pasivamente; (como queda paralelamente reflejado en la escasez de tejido adenoideo visualizado en las radiografías de cavum realizadas a estas tempranas edades). Sin embargo, la hiperplasia folicular linfoide del ileon terminal es un hallazgo común en lactantes mayores, que supera en incidencia a la de invaginaciones y que se observa también en niños mayores de dos años e incluso en niños mayorcitos afectados de ileitis inespecíficas sin que por ello vaya acompañado de una mayor incidencia de invaginaciones ileocólicas. Además, por trabajos experimentales sabemos que la propia invaginación puede causar no solo edema del mesenterio y de los ganglios linfáticos implicados, sino también del ileon terminal invaginado(9); por lo que al observar este engrosado ecográficamente, sería difícil precisar si lo es por hiperplasia y/o por edema secundario. Las adenopatías han sido también propuestas como causa de formación de la invaginación por algunos autores(10).

Por todo ello deben existir otros factores asociados en la génesis de la invaginación. Cierta laxitud y elasticidad de la válvula ileocecal puede favorecer estas invaginaciones, raramente ileocólicas en edades más tardías. La incompetencia de esfínteres a cortas edades, así como su maduración progresiva con resolución espontánea de patologías como es el caso del reflujo gastrointestinal o del vesicoureteral, es bien conocida. El efecto beneficioso que la gravedad puede ejercer en niños que comienzan la deambulación sobre la dificultad de ascenso de la región ileocecal a la zona subhepática,

posición habitual de las invaginaciones ileocólicas, podría ser contemplado. El efecto que los accesos de tos, presentes en alguno de estos niños, pueda tener en el juego de presiones intrabdominales sería otro posible mecanismo generador de invaginación a considerar. Alteraciones en la motilidad o en el tono intestinales (asas distendidas), producidas por endotoxinas y con mediadores inflamatorios implicados también han sido referidas (1), y podrían ser las responsables del mayor porcentaje de recidivas tras la desinvaginación no quirúrgica con respecto a la quirúrgica bajo anestesia. Por último, se han implicado factores individuales. La incidencia de invaginación recurrente en algunas familias (11), junto al hallazgo en más de un 20% de autopsias en lactantes de un ciego móvil, ha llevado a teorizar sobre una predisposición debida a anomalías anatómicas heredadas .

En resumen, es posible que la falta de fijación del colon, cierta laxitud de la VIC, y casi la permanente hiperplasia folicular linfoide del ileon terminal generada en el proceso de inmunización normal del lactante, sean factores causales o predisponentes en la génesis de la mayoría de las invaginaciones idiopáticas.

En ausencia de otros datos, podemos deducir que el proceso que nos ocupa es difícil de prevenir y que por tanto su incidencia no es probable que disminuya ostensiblemente en un futuro próximo, de ahí que nuestro esfuerzo vaya especialmente encaminado a la mejora de su diagnóstico que posibilite a su vez un rápido y adecuado tratamiento.

### **1.6 Invaginación y vacuna del rotavirus.**

Recientemente la invaginación ha sido asociada con la vacunación para rotavirus que se añadió en 1999 al calendario de vacunaciones recomendado en EE.UU. Este hecho ha generado alarma, pero también ha traído avances en las investigaciones sobre invaginación.

El rotavirus es la causa más frecuente de gastroenteritis severa en niños menores de cinco años. En países en desarrollo este patógeno es el causante de aproximadamente el 50 % de los ingresos hospitalarios por diarrea y ocasiona aproximadamente el 25% de

los 3 millones de muertes anuales por diarrea. Mejorar las condiciones sanitarias y la calidad del agua ha tenido un impacto mínimo sobre la enfermedad y la rehidratación oral si bien es la primera estrategia para prevenir la mortalidad, no es en sí misma una medida para prevenir la infección.

En EE.UU. la infección por rotavirus ocurre predominantemente en los meses de invierno primavera (noviembre-mayo) y causa del 5% al 10% de todas las enfermedades diarreicas por debajo de cinco años. Se supone que todos los niños han tenido contacto con rotavirus antes de los tres años de edad siendo común la infección recurrente. Causa de 20 a 40 muertes por año.

En agosto 1998 fue aprobada en EE.UU. la vacuna para rotavirus con virus vivos administrada oralmente a los 2, 4 y 6 meses de edad. La vacuna fue introducida en 1999 en el calendario de vacunaciones. Sin embargo, en julio de 1999 mediante el sistema de notificación de reacciones adversas a la vacuna dirigido al centro de prevención y control de enfermedades, se pusieron de manifiesto casos de invaginación tras administrar la primera dosis de la vacuna. En 13 de estos niños la invaginación se desarrolló en la primera semana después de administrar la vacuna. Tras revisar los datos disponibles que probaban una posible asociación de la vacuna con la invaginación, numerosas asociaciones retiraron la recomendación del uso de esta y finalmente la vacuna fue eliminada del calendario recomendado de vacunaciones para el año 2000. En octubre de 1999 el laboratorio que fabricaba la vacuna la retiró voluntariamente del mercado en Estados Unidos. Estos hechos, no sorprendieron totalmente a aquellos que habían seguido el desarrollo de la vacuna. Ya durante los estudios previos a la distribución de la vacuna varios niños desarrollaron invaginación pero la frecuencia global no alcanzó significación estadística. En los ensayos antes de la aprobación cinco casos de invaginación ocurrieron entre 10.054 niños que recibieron la vacuna, y un caso ocurrió entre los 4633 que recibieron placebo(8).

Estos hechos y los consecuentes cambios en las recomendaciones, tienen implicaciones globales en la prevención de la morbi-mortalidad atribuible a las infecciones por

rotavirus. En enero del 2000 se creó un grupo de trabajo para investigar la posible relación entre invaginación y vacunación por rotavirus. Los objetivos principales eran, primero identificar las bases sobre epidemiología, anatomía patología y patogénesis de la invaginación fundamentalmente relacionada con infecciones por rotavirus, segundo progresar hacia una estrategia efectiva y segura en la prevención de la infección por rotavirus.

#### Epidemiología. Estudios presentados tras la vacunación del rotavirus.

Hasta diciembre 1999, se habían registrado 99 casos de invaginación. De estos 60.6% habían comenzado dentro de los siete días posteriores a recibir la vacuna y de ellos 49 (81,6%) tras recibir la primera dosis. De los 60 casos ocurridos dentro de los siete primeros días, el 53% sufrieron cirugía y siete es decir el 12% requirieron resección intestinal y un niño murió. Las razones para la alta frecuencia de intervención quirúrgica y resección intestinal podrían estar relacionadas con la corta edad a la presentación. El 87% había recibido otras vacunas a la vez.

La vacunación comenzó a finales de 1998 y en julio de 1999 cuando se suspendió, se estimó que 1,5 millones de dosis se habían administrado en unos 400.000 niños. El exceso de riesgo atribuible a la vacuna era variable, ya que el riesgo absoluto era pequeño y no quedaba claro cuando el riesgo observado era verdaderamente en exceso, o cuando la vacuna actuaba como un detonante en la génesis de la invaginación en niños que podrían tener una predisposición subyacente. En junio de 1999 se realizó un estudio randomizado de cohorte, para evaluar el riesgo de invaginación de los niños que habían recibido la vacuna frente a los que no la habían recibido, que incluía a más de 400 niños con invaginación y más de 1600 niños totales. El estudio mostró que era significativamente más probable que desarrollarían invaginación los niños que habían recibido la vacuna (odds ratio: 1,8). El riesgo relativo para invaginación fue referido pues, como de 1,8 para vacunados. El análisis final del estudio de cohorte estimó un caso de invaginación atribuible a la vacuna por cada 5000 a 10.000 lactantes vacunados(12).

Por otro lado, se realizaron tres estudios, que no demostraron asociación entre invaginación e infección natural por rotavirus en los años previos a la introducción de la vacuna, cuyos resultados se exponen a continuación:

El Dr. Chang en California demostró que de los niños menores de tres años no vacunados, los 480 con infección probada por rotavirus con diarrea ninguno desarrolló invaginación entre noviembre de 1997 y julio de 1999 y por otro lado ninguno de los 122 niños que tuvieron invaginaciones entre octubre 1992 y noviembre 1999 había tenido recientemente enfermedad por rotavirus. La incidencia de rotavirus tenía un pico de 6 a 17 meses y de diciembre a febrero en contraste con el de la invaginación que era de cuatro a nueve meses y sin pico estacional.

En otro estudio de la Universidad de Maryland, el Dr. Rennels revisó las altas de niños menores de tres años con invaginación o con infección por rotavirus en el estado de Nueva York entre 1993 y 1995 mientras la distribución de la invaginación era a lo largo de todo el año, el patrón para la infección por rotavirus era estacional con un pico a finales de invierno y principios de primavera.

Las cifras mensuales para invaginación durante un periodo de 10 años en un hospital en Nueva York, indicaron que no había una tendencia estacional, ni correlación con las hospitalizaciones debidas a diarrea o a rotavirus, estas dos últimas con un marcado pico de incidencia invernal. La falta de concordancia estacional que se apreció sugiere que probablemente la invaginación no está asociada con la diarrea natural por rotavirus (3).

Los datos de estos últimos estudios sugieren que la infección por rotavirus no es la causa principal de invaginación. Aunque estas observaciones, no descartan una asociación causal entre invaginación e infección natural por rotavirus, sugieren que tal asociación debe ser pequeña, y si cierta, el rotavirus podría ser el responsable solamente de una pequeña fracción de casos de invaginación durante su pico estacional de infección (meses de febrero a abril)(3).

La vacuna se dejó de utilizar en el mundo en 1999. Aunque la vacuna fue evaluada en otros países, su uso no se llegó a aprobar, por lo que no se disponen de otros datos.

Anatomía patológica de la invaginación asociada con la vacuna del rotavirus.

El estudio de los especímenes en 13 casos invaginación (niños de tres a seis meses, con media de cuatro meses de edad. Intervalo de ocho días a dos semanas tras la vacunación) demostró hiperemia y edema del ileon y región ileocecal en 11 de los 13 casos “idiopáticos”. En los otros dos casos se encontraron quiste de duplicación en un caso y divertículo de Meckel en el otro. El estudio microscópico, demostró necrosis y hemorragia mucosa y submucosa; algo de congestión vascular y también evidenció hiperplasia linfoide (1) .

#### Patogénesis de la invaginación e infección por rotavirus.

La patogénesis de la invaginación idiopática es aún pobremente conocida. La literatura veterinaria sugiere como factor de riesgo una variedad de infecciones; también en humanos parece ser multifactorial. El cerdo es el animal de experimentación que probablemente más se parece a los humanos sin embargo es difícil y caro trabajar con cerdos. En contraste con los humanos que se pueden infectar en repetidas ocasiones con diferentes serotipos de rotavirus, la mayoría de los animales son susceptibles a un único serotipo homólogo de rotavirus que produciría una única infección con inmunidad a lo largo de la vida. No así la rata que se puede infectar como el hombre, por lo que sería un animal idóneo para este tipo de investigación (1).

Un estudio realizado en Israel demostraba la inducción experimental de invaginación en el 20-30% de ratones adultos a las 6-12 horas de inyectar endotoxina en la cavidad peritoneal. No se observaba inflamación, hiperplasia linfoide, ni hipertrofia, lo que sugería que la invaginación era producida por un trastorno en la motilidad del tubo digestivo mediado por agentes inflamatorios tales como las prostaglandinas, las citoquinas y el óxido nítrico. La posibilidad de inducir invaginación tras la inyección de toxina se reducía o eliminaba si se bloqueaban los mediadores de la inflamación. En la infección por rotavirus se ha demostrado que hay incremento de prostaglandinas y citoquinas. En resumen, estos estudios sugieren que la invaginación se puede producir por alteraciones en la motilidad intestinal en ausencia de punto de arrastre producido por una lesión específica (1).

Caso de que haya una asociación entre la invaginación y la vacuna, es posible que sea solo un componente específico del virus, el responsable de la producción de la invaginación.

Factores individuales también pueden incrementar el riesgo de invaginación, tal es el caso de la dieta. Estudios en hámsteres demostraron ausencia de invaginación en animales que no se alimentaban con dietas ricas en sucrosa; sugiriendo que sin un cambio en la dieta, la infección no podría llegar a producir invaginación.

En humanos se piensa que los niños mal nutridos tienen un menor riesgo de desarrollar invaginación que los niños bien nutridos. Según algunos autores esto es debido a que los niños malnutridos tienen menos prominente el tejido linfoide del tubo digestivo. Al parecer los niños con lactancia materna tienen un riesgo seis veces mayor de invaginación frente a los niños alimentados con leche artificial, y el riesgo es de tres en los de lactancia mixta(1).

En resumen, aunque las investigaciones no han identificado efectos causales entre la vacuna y la invaginación, las piezas anatomopatológicas de los niños afectados mostraron hiperplasia linfoide, alteración que se ha ligado a la patofisiología de la invaginación. La vacuna generaría pues una reacción inmune que podría actuar como un punto de arrastre(8).

### **1.7 Componentes de la invaginación**

La invaginación o intususcepción es el telescopaje de un asa en su inmediatamente adyacente. Clásicamente las dos asas que intervienen en la invaginación se han denominado *intussuscipiens* o invaginante e *intussusceptum* o asa invaginada. El *intussusceptum* (ITU) se introduciría por tanto en el *intussuscipiens* (ITE) e iría avanzando con los movimientos peristálticos. Esta tesis adopta la terminología latina por ser la mundialmente utilizada. Unificar nomenclatura es el primer paso en el intento de unir criterios. Valga esta motivación para compensar la incomodidad de no utilizar sencillamente palabras castellanas.

## 1.8 Fisiopatología

Probablemente existen dos mecanismos diferentes en la producción de una invaginación, según ésta sea idiopática o sea debida a un punto de arrastre. En este último caso, los pasos que ocurrirían cuando una lesión focal es impulsada por la onda peristáltica hacia el intestino más distal arrastrando el intestino al que está anclada y su mesenterio, son fáciles de comprender. Generalmente la lesión es intraluminal y su comportamiento sería similar al del bolo alimenticio impulsado por la onda peristáltica.

Sin embargo, en el caso de las invaginaciones idiopáticas la explicación sería más compleja. Partimos de la base, de que la mayoría de las invaginaciones idiopáticas son ileocólicas y están relacionadas con hiperplasia folicular del ileon terminal que determina un engrosamiento circunferencial de la pared. Cuando la onda peristáltica alcanza este segmento anómalo se detiene, y su fuerza impulsa " en bloque " el segmento engrosado. Tras este segmento se encuentra un tramo intestinal de mayor calibre (el colon) y esto facilita que este segmento intestinal engrosado se desplace, se de la vuelta cual calcetín, y se prolapse arrastrando al intestino proximal y su mesenterio hacia el colon, lugar donde queda finalmente alojado. La invaginación se ha producido. Un símil podría ser el vuelco de un barquito de corcho al chocar contra él una gran ola.

La cabeza de la invaginación es arrastrada con las contracciones peristálticas. Lo más frecuente es que el ileon distal con su mesenterio acompañante, se prolapse a la altura de la válvula ileocecal hacia el colon, pero el *intussusceptum* puede a veces atravesar la entera longitud del intestino grueso y prolapsarse por el ano. Estos hechos inicialmente causan obstrucción venosa, y edema intestinal con sangrado por la mucosa que ocasiona en estadios precoces sangre oculta en heces. Al progresar el edema y el compromiso vascular de la pared de las asas pueden aparecer heces con sangre, a menudo unas 24 horas después del inicio de los síntomas. Si se compromete el flujo arterial se desarrollan necrosis intestinal, perforación y gangrena, habitual e inicialmente en el *intussusceptum*. Sin embargo, la presión secundaria sobre el *intussusciens* puede causar necrosis isquémica de su capa más externa dando lugar a perforación libre o prolapso del *intussusceptum* hacia la cavidad peritoneal(13).

En la mayoría de los niños la invaginación no se suele reducir espontáneamente. Si la invaginación pasa desapercibida y no se trata, puede progresar hasta la sepsis y la muerte.

### **1.9 Clínica**

La presentación clásica de la invaginación es la de dolor abdominal agudo en niño de tres a nueve meses previamente sano. El dolor es cólico acompañado de encogimiento de piernas y palidez. Inicialmente el niño permanece bien entre los ataques, pero conforme avanza el cuadro el niño aparece decaído y rehúsa el alimento, para seguidamente comenzar con vómitos. Finalmente aparecen rectorragia en forma de mucosidad rosada, denominada en jarabe de grosella, y letargia; pudiendo llegar a desarrollarse deshidratación progresiva, obstrucción intestinal por estrangulación y shock, habitualmente fatal en el plazo de cinco días. Ombredane concedió a la salida de sangre por recto un valor capital. Estableció la clásica ecuación que lleva su nombre(14):

**Dolor + Vómitos + sangre por recto = invaginación intestinal.**

Una revisión reciente indica que la denominación clásicamente usada para describir las heces en casos de invaginación, " heces en jarabe de grosella", es una descripción más colorista que precisa. La revisión de 107 casos probados de invaginación mostró que las heces en estos pacientes generalmente son descritas como sanguinolentas, rojas o con mucosidad. Del total de pacientes aproximadamente un 40% de ellos tienen sangre oculta en heces y otro 40% tienen heces claramente sanguinolentas. En los restantes 20% a pesar de tener negativa la prueba de sangre en heces el correcto diagnóstico se sospecha debido a la presencia de dolor y vómitos. Probablemente en estos niños la invaginación es de corta evolución(15).

El dolor se caracteriza por ser inconsolable, posiblemente de tono más agudo o en cualquier caso marcadamente diferente al llanto normal del niño. Lo habitual es que tras varios minutos el llanto cese y sea seguido por periodos de comportamiento normal. En aproximadamente tres cuartas partes de los niños el dolor precede a los vómitos. Dado que el niño puede haber tenido recientemente una gastroenteritis no complicada, tanto padres como clínicos pueden pensar erróneamente que la recurrencia de los vómitos es

causada bien por una vuelta a los productos lácteos relativamente precoz, o bien debido a que el episodio de gastroenteritis no se resolvió completamente. Conforme el proceso patológico progresa, el niño se va volviendo cada vez más irritable y los accesos de dolor se alargan. En este momento el dolor casi siempre se acompaña por vómitos a menudo no biliosos. En el caso de que el paciente no haya sido aún tratado o reciba un diagnóstico provisional de gastroenteritis aparecerán sangre en heces y vómitos biliosos. Esto suele suceder pasadas entre 12 y 48 horas desde el inicio de los síntomas.

En ocasiones y fundamentalmente en niños menores de un año el cuadro clínico puede estar dominado por los síntomas neurológicos –letargia, apnea, miosis o convulsiones– más que por el dolor y los vómitos. La sintomatología neurológica parece estar relacionada con la suelta de opiáceos endógenos con efecto sobre el sistema nervioso central.

La exploración física puede ser al principio totalmente normal, lo que es otro motivo que puede inducir inicialmente a diagnósticos erróneos. A la inspección el niño se observa irritable o letárgico durante los episodios cólicos, a los que acompaña la apnea en raras ocasiones; pero fuera de esto el niño no aparenta estar enfermo. Aproximadamente uno de cada diez niños presenta fiebre.

En cuanto a la palpación, se puede detectar una masa generalmente en hipocondrio derecho o epigastrio y menos frecuentemente en cualquier lugar a lo largo de la teórica línea del colon. La detección de una masa depende tanto de la habilidad manual del clínico, como del grado de relajación o de distensión del abdomen del niño.

Aproximadamente la mitad de los niños con invaginación presentan una masa en la exploración abdominal que a menudo se describe en forma de salchicha. El hallazgo de masa en forma de salchicha en el cuadrante superior derecho con ausencia de asas en el cuadrante inferior derecho conocido como signo de Dance es característico de invaginación. Este signo es también conocido como signo del vacío pues refleja la sensación de vacío que hay en una parte de la cavidad abdominal debido a la ausencia de asas, ya que estas se han desplazado y participan en la invaginación.(14). Otros hallazgos

frecuentes son defensa abdominal presente en el 60% de los niños y distensión abdominal presente en el 10%. También se pueden detectar signos de irritación peritoneal.

La examen rectal a menudo revela sangre y en raras ocasiones el ápex de la invaginación; pudiendo llegar este a prolapsarse en el 1-2 % de los pacientes.

Según las horas de evolución el enfermo aparecerá con signos de agotamiento, siendo a veces verdaderamente difícil diferenciarlos de verdaderos estados shock.

Los estudios de laboratorio se limitan en ciertos centros al recuento completo de sangre y electrolitos y a los cultivos de heces, orina y sangre para evaluar la seriedad de la deshidratación y posibles causas infecciosas. No existen pruebas de laboratorio específicas que confirmen o descarten el diagnóstico de invaginación.

#### Presentaciones no habituales por edad, cronicidad o cirugía previa:

Existen descripciones en fetos que han desarrollado invaginación intrauterina. También existe evidencia indirecta de que las invaginaciones intrauterinas puedan estar relacionadas con atresia intestinal. Entre niños prematuros se han reportado 13 casos de invaginación perinatal(4).

Sólo en raras ocasiones neonatos tanto prematuros como a término pueden desarrollar invaginación. Se dice que en neonatos a término la invaginación se desarrolla secundaria a un punto de arrastre, con sintomatología similar a la de los niños mayores. En niños prematuros el cuadro clínico simula enteritis necrotizante y por tanto la invaginación puede encontrarse en estadios avanzados cuando finalmente se diagnostica. En niños mayores y en adultos, la invaginación suele ser causada con más frecuencia por un punto de arrastre patológico y se produce en cualquier punto del intestino, tanto delgado como grueso.

Algunos niños con síntomas atípicos de larga evolución acaban siendo diagnosticados de invaginación. En estos niños el diagnóstico de invaginación crónica se basa en la evidencia histológica de cronicidad en las lesiones resecaadas.

La invaginación postoperatoria es habitualmente atípica, generalmente de intestino delgado, ileoileal, yeyunoileal, o yeyunoyeyunal; y la presentación clínica es también atípica. No suelen existir sangrado rectal ni masa abdominal. La obstrucción intestinal en el postoperatorio inmediato es una forma relativamente frecuente de presentación(8).

## **2. DIAGNÓSTICO DE LA INVAGINACIÓN**

### **2.1 Diagnóstico clínico.**

El diagnóstico de invaginación basado solamente en los datos clínicos presenta limitaciones, ya que la triada clásica de dolor abdominal cólico con encogimiento de piernas, heces con sangre y masa abdominal palpable se presenta en menos del 50 por ciento de los casos(16). La rectorragia no suele aparecer hasta pasadas 48 horas y el inicio del cuadro con síntomas no específicos de dolor y/o vómitos es coincidente con la presentación de patologías médicas comunes, como son la gastroenteritis y el cólico del lactante o procesos quirúrgicos menos frecuentes tal como la apendicitis, que pueden llevar al clínico a diagnósticos erróneos iniciales. Estas dificultades en la realización del diagnóstico pueden verse agravadas cuando el cuadro se presenta con síntomas atípicos, bien digestivos, como sería la diarrea, o neurológicos como la letargia, y en raras ocasiones las convulsiones(17). La dificultades para realizar un diagnóstico basado en la sintomatología se agudizan al tratar de obtener una historia fiable en estos niños, dado que la mayoría son lactantes que obviamente no hablan; así como en los raros casos muy evolucionados que acuden con colapso no filiado.

Dado la dificultad que entraña realizar un diagnóstico certero de invaginación desde el punto de vista exclusivamente clínico, se ha recurrido a diversos métodos de imagen. Clásicamente la radiografía simple de abdomen y el enema; y con posterioridad el US y la TC han sido utilizadas para detectar invaginación.

## **2.2 Diagnóstico por radiografía simple de abdomen**

La radiografía simple de abdomen suele mostrar efecto de masa en región subhepática con escasez de gas en fosa iliaca derecha que podríamos denominar “signo del vacío vacío”, de igual significación al que clínicamente describió Dance. Otros signos descritos son el “borramiento” del borde hepático, la escasez de gas intestinal relacionada con los vómitos y/o la ocupación por las asas intestinales llenas de líquido, así como ocasionalmente el desplazamiento del apéndice con gas. Conforme se instaura la obstrucción intestinal aparecen asas de intestino delgado dilatadas con escasez de gas distal a la obstrucción(18-20). Los signos más específicos, aunque no de los más frecuentes, son el signo del menisco y el de la diana ; el primero esta producido por el gas que permanece en el colon dibujando la cabeza de la invaginación, en el segundo es la propia imagen de la invaginación proyectada en transversal sobre el cuadrante superior derecho, lo que visualizamos como una doble imagen anular concéntrica con densidad de tejidos blandos separados por un anillo radioluciente(19;21). La fiabilidad de la radiografía simple oscila entre el 40% y el 90% en las series publicadas(20;22). Al contrario de estos signos diagnósticos de invaginación, la presencia de un ciego lleno de gas es el signo que con mas fiabilidad permite descartar el diagnóstico de invaginación(20).

La variabilidad interobservador en la interpretación de hallazgos de invaginación en radiografías simples queda bien documentada en las series de autores como Sargent(20) y Ratcliffe(21), en las que la mayoría de los pacientes tienen radiografías que son anormales pero que fueron interpretadas como equívocas. La utilidad de radiografías adicionales que incluirían radiografía con rayo horizontal y radiografías en prono ha sido referida por algunos autores, pues incrementaría la sensibilidad diagnóstica; pero en niños con una historia clínica sospechosa, los hallazgos que se obtengan de la radiografía simple es improbable que eviten la realización de un enema para su diagnóstico y para su posible reducción según Stringer(2). Los hallazgos de la radiografía simple pueden, sin embargo, sugerir una invaginación cuando ésta no ha sido clínicamente sospechada. Una historia clínica equívoca con radiografía normal, que demostraría aire o heces en el polo cecal no

requeriría más estudios radiológicos. La radiografía simple de abdomen solo en contadas ocasiones dará información que contraindique la realización del enema. La obstrucción intestinal aislada no es considerada por la mayoría de los autores contraindicación para intentar la realización de un enema. La detección de aire libre es rara y no se detectó en una serie publicada por Humphrey(23), de 1000 pacientes con invaginación de los que seis estaban perforados. Por ello varios autores entre los que se encuentra Sargent, piensan que en el marco clínico adecuado hay un argumento sólido para proceder directamente al enema sin radiografía de abdomen preliminar(20).

Por tanto, podríamos valorar el papel que tradicionalmente juega la radiografía simple en la evaluación de niños con sospecha de invaginación en tres apartados, según la situación clínica en la que se requiera (este papel ha ido variando al evolucionar otras técnicas de diagnóstico): a) Cuando la sospecha clínica es baja el papel de la radiografía simple es el de intentar excluir el diagnóstico de invaginación y valorar otros procesos que sean responsables de los síntomas del paciente. b) Cuando la sospecha clínica es alta el papel de la radiografía simple sería el de permitir confirmar la existencia de invaginación. c) En caso de que la invaginación esté ya presente el papel de la radiografía sería el de permitir excluir la existencia de obstrucción o perforación intestinal.

a) Cuando los síntomas abdominales vagos son los que predominan en el cuadro clínico y por tanto la sospecha de invaginación es baja, la radiografía simple de abdomen puede llevarnos al diagnóstico de otras patologías. La detención de asas intestinales con abundante gas incluyendo el ciego sugiere diagnósticos de cólico del lactante o bien de íleo adinámico por patología intra o extra abdominal, generalmente infecciosa. En estos últimos casos si la clínica y/o datos complementarios apuntan a ello, no se requerirían más pruebas de imagen. En raras ocasiones se puede detectar en la radiografía simple de abdomen hallazgos específicos como los de una consolidación en las bases pulmonares o el de un apendicolito que conduzcan a diagnósticos diferentes al de la inicialmente sospechada invaginación. Ya que ante estos cuadros de sintomatología vaga e inespecífica cualquier modalidad de imagen tiene baja rentabilidad diagnóstica, la radiografía simple podría servir como cribaje inicial en estos niños, si el pediatra así lo demanda.

b) La sospecha de invaginación es alta cuando aparecen dos o más de los síntomas principales. En esta patología potencialmente letal no son admisibles diagnósticos falsos negativos y, esto puede ocurrir cuando sólo realizamos para el diagnóstico una radiografía simple(20-22). Por tanto, en casos en los que la sospecha clínica sea alta, es obligado el uso de métodos diagnósticos con alta sensibilidad como son el ultrasonido o el enema.

c) El tercer objetivo de la radiografía simple es el de evaluar complicaciones en invaginaciones de larga evolución, tales como la obstrucción o la perforación, La radiografía simple tiene alta sensibilidad en detectar tanto asas dilatadas como neumoperitoneo.

La obstrucción intestinal se detecta con facilidad de la radiografía simple. Sin embargo, la presencia de obstrucción intestinal, aunque considerada factor de riesgo de irreductibilidad, no contraindica la reducción no quirúrgica de la invaginación y, por tanto, su diagnóstico no cambia necesariamente el tratamiento del paciente.

Por el contrario, en caso de que se detecte perforación estaría indicada la cirugía inmediata. Sin embargo, hasta donde nosotros sabemos, no hay referidos en la literatura casos de invaginación con perforación en los que el neumoperitoneo se haya logrado detectar en la radiografía simple practicada al inicio, previa realización enema. Esto es así incluso en aquellos casos en los que una franca perforación fue encontrada en la cirugía(16;20;21;23;24). Por tanto la posibilidad de excluir perforación con radiografía simple de existir, sería mínima.

### **2.3 Diagnóstico por tránsito baritado**

En el estudio de tránsito intestinal baritado se pueden encontrar invaginaciones insospechadas de intestino delgado. Los hallazgos descritos incluyen un canal central estrecho rodeado por una masa de tejidos blandos, una apariencia de "muelle" rodeando a la masa de tejidos blandos, y una lesión con forma de masa en el final distal del canal estrechado. Además de las producidas por lesiones focales como punto de arrastre, tales como tumores, pólipos, quistes o divertículo de Meckel; no son infrecuentemente vistas,

en tránsitos baritados completos, invaginaciones en casos de patología difusa como es el caso de la enfermedad celiaca, la Púrpura de Henoch o la fibrosis quística(2). La realización de enema en estos casos no sería diagnóstico y podría ser fuente de diagnósticos falsos negativos para invaginación(25).

## **2.4 Diagnóstico por enema**

### 2.4.1 Enema diagnóstico

El enema de bario clásicamente ha sido el examen estándar de referencia o prueba control y definitiva para el diagnóstico de invaginación durante muchos años. Los signos clásicos de invaginación en el enema son el signo del menisco y el signo del “muelle” o “escarpela”. El signo del menisco en el enema es análogo al que podemos encontrar en la radiografía simple de abdomen y es producido por la columna de material de contraste rodeando el ápex redondeado del *intussusceptum*. El signo del “muelle” es producido cuando el material de contraste en la luz del colon dibuja los pliegues edematosos de la porción evertida del *intussusceptum*.

### 2.4.2. Enema como diagnóstico y tratamiento

Actualmente se sigue manteniendo la utilización de los enemas bien de líquido o de aire como el principal método diagnóstico para invaginación en la mayoría de los centros en gran parte del mundo occidental y en concreto es practica habitual en Norte América donde se apoya su utilización por su precisión diagnostica y valor terapéutico asociado que permitiría el “dos por uno”, es decir, diagnosticar y tratar en el mismo procedimiento. Requeridos como estamos en el mundo occidental por la rapidez y efectividad ante todo, no es de extrañar el tenaz apoyo a este proceder. Esta practica puede parecer la idónea, pues teóricamente simplificaría el manejo, ahorraría tiempo, numero de exploraciones y a veces costes; sin embargo, si esto podría ser bien cierto en los niños que presentan invaginación, no parece serlo en aquellos que finalmente no van a presentar esta patología. La revisión de la literatura pone de manifiesto un numero nada despreciable de niños que van a recibir un enema por sospecha de invaginación sin padecer este cuadro: aproximadamente un 50% de las sospechas no se confirman(20;26-

32). Cuatro consecuencias adversas se derivan del enema como abordaje diagnóstico en estos niños:

1º) La radiación a la que son sometidos innecesariamente.

2º) La repercusión que en su verdadero proceso puede tener la sobredistensión abdominal a la que son sometidos.

3º) El retraso en poner en marcha otros métodos que puedan dar con la verdadera causa de su dolencia.

4º) El empeoramiento en la exactitud diagnóstica de otros métodos que se realicen con posterioridad.

En concreto asas intestinales rellenas de aire y/o líquido pueden dificultar la visualización ecográfica del contenido abdominal, quedando retrasada la realización de otras posibles pruebas diagnósticas durante las horas posteriores a la introducción del contenido de un enema. Por otro lado, en algunos cuadros el enema puede ser incluso un factor de empeoramiento de los síntomas. Diversas patologías intra o extraabdominales pueden originar cuadros de dolor abdominal referido por íleo paralítico con asas distendidas y llenas de contenido. El efecto que la introducción de mayor contenido intestinal en estos niños con íleo puede tener, si bien no es fácil de mensurar, sí lo es de comprender.

#### ***Enema y riesgo de irradiación***

La radiación comentario aparte merece por su importancia. La profusión de estudios en los últimos tiempos, denota una creciente y obligada preocupación por minimizar la irradiación general en niños. La mayoría de los estudios analizan la TC pediátrica y constatan que no es inocua; en recientes trabajos de la literatura radiológica se ha advertido acerca de un aumento significativo del riesgo de radiaciones a lo largo de toda la vida. Alarmados por el rápido incremento del número de exámenes de TC pediátricos, investigadores de la universidad de Columbia, estimaron que 500 individuos actualmente menores de 15 años, podrían llegar a fallecer de cáncer atribuible a la radiación por TC. En un estudio realizado en Belfast se documentó que cerca de la mitad de las

exploraciones pediátricas con TC en los hospitales generales no ajustaban la técnica a la edad del paciente, lo que exponía a los niños a una dosis de radiación innecesariamente elevada. En este sentido, Lucaya en nuestro país y Donnelly en Cincinnati con sus estudios han colaborado en el control de las dosis de radiación en niños. El riesgo no es meramente teórico, sino que se basa en los datos japoneses sobre el exceso real de cáncer en individuos que fueron irradiados cuando era niños en 1945(33). Dado que los niños son diez veces más sensibles que los adultos a la inducción del cáncer, Hall estimó que una TC abdominal helicoidal en una niña de corta edad daba lugar a un riesgo aproximado de 1 a 1000 de sufrir un cáncer fatal en épocas posteriores de la vida. El problema de salud pública tiene trascendencia cuando el pequeño riesgo individual se multiplica por los millones de estos procedimientos que se realizan cada año(34).

La radiación específicamente ligada al enema ha sido estimada por algunos autores. La dosis efectiva por enema, estimada por Heenan para la reducción por aire en 137 reducciones con tiempos de screening de 15 segundos a 22.6 minutos fue de 12.3 mSv (1278 cGy cm); lo que equivaldría a unas 400 radiografías de abdomen para niños de 1 año de edad. Además, estimó en 1 de cada 1000, el riesgo fatal de cáncer a lo largo de la vida para fluoroscopias de 30 min(35). Yakoumakis encuentra para enemas de bario, valores de 11.16 mSv y 9.96 mSv según equipos utilizados y su puesta a punto(36). Karlsson da una media de dosis absorbida de 0.94 mGy, siendo recibida el 70% de la dosis durante la fluoroscopia(37). La radiación específicamente ligada a un enema diagnóstico ha sido estimada por algunos autores y sería de una media de 820 mR (247-1.542mR) para enemas negativos y una media de 2.567 (de 1.131 a 4.402mR) para enemas positivos(38).

¿El beneficio de supuesta rapidez y eficacia que supone la realización del enema diagnóstico-terapéutico ( 2 x 1 ) en los niños aquejados de invaginación; justifica la irradiación innecesaria, retrasos diagnósticos y empeoramiento de los síntomas que conlleva su realización en niños con sospecha de invaginación que finalmente no la tienen?

### 2.4.3. Tipos de enema

#### *Enema baritado*

El enema baritado ha sido validado por su dilatada experiencia acumulada durante muchos años. En muchas instituciones sigue siendo el método de elección en el diagnóstico y tratamiento de la invaginación. Sin embargo, hay una tendencia a reemplazar el bario por otros tipos de contraste, esencialmente por las secuelas que puede originar el bario en caso de que ocurra o exista una perforación(27). La diseminación del bario hacia la cavidad peritoneal produce una peritonitis química. Obviamente, este efecto no es deseable ya que el bario permanecerá para siempre en la cavidad peritoneal. Algunos autores restan importancia al hecho, apoyándose en que las consecuencias a largo plazo de la diseminación del bario no parecen ser más serias que la formación de granulomas y adherencias, que podrían estar más relacionadas con la contaminación por heces que por la propia diseminación del bario(39).

#### *Enema de contraste hidrosoluble bajo control radioscópico*

El uso de contraste hidrosoluble en el enema es una práctica que ha sido apoyada fundamentalmente en los Estados Unidos(40). La principal razón para el uso de estos medios de contraste es la de evitar la peritonitis química ligada al bario en caso de perforación(41). Parece ser que los cambios que producirían en la cavidad peritoneal las perforaciones con contrastes hidrosolubles serían menos acusados que las del bario en cuanto a la formación de granulomas, adherencias o ascitis loculada(40).

#### *Enema de aire bajo control radioscópico*

El aire fue el primer medio para realizar enemas terapéuticos, sin embargo durante mucho tiempo no ha sido utilizado en occidente. Tras exitosas experiencias en Argentina y China se ha popularizado su uso, fundamentalmente en Norteamérica y en algunas partes de Europa(26;30;42;43). Este método es rápido, limpio y produce menor irradiación que el enema baritado. La menor irradiación es debida tanto a los menores tiempos requeridos para su realización como a la menor cuantía de radiación utilizada en términos de kilovoltios y mA. Sin embargo, el enema de aire no ha sido un método universalmente aceptado quizás debido al incremento de perforaciones referidas(43) y a

la posibilidad de neumoperitoneo a tensión en caso de perforación, que puede poner en peligro la vida del paciente. El límite de presión que usan algunos autores de 120 milímetros de mercurio excede la presión que se ha demostrado puede producir perforación en estudios experimentales (108 mm Hg)(30). Este dato junto al incremento brusco que se puede producir en la presión intraluminal generado por la insuflación manual, puede explicar el relativo incremento en el número de perforaciones referido (5.6% en la serie Britton) (105).

Sus defensores argumentan que el incremento en el número de perforaciones no lo es en todos los estudios, disminuye al aumentar la experiencia en la técnica y no es significativamente diferente del número de perforaciones en otros tipos de enema. Además este mayor grado de perforaciones viene acompañado también de un significativo incremento en la tasa de reducciones. En cuanto a las perforaciones demostradas en enemas de aire son menores si se comparan con aquellas demostradas en enemas de bario y por lo tanto resultarían menos dañinas(30;44). Por último, frente a la posible complicación de neumoperitoneo a tensión aseveran que este es raro, rápidamente reconocible y fácil de tratar puncionando con una aguja el abdomen.

Hernanz-Schulman usando como modelo experimental cobayas, ha mostrado recientemente, menos efectos perjudiciales a corto y largo plazo de los medios de contraste hidrosoluble comparados con el bario en el caso de peritonitis fecal; también estos efectos son menos adversos que el bario cuando se utiliza suero salino o aire. El contraste hidrosoluble diluido encontró que ofrecía un mayor margen de seguridad, mientras que el suero salino tenía efectos perjudiciales menores que cualquiera de los medios de contraste utilizados. Este estudio mostró que el aire era el medio de contraste más seguro en el caso de escape peritoneal(45).

#### *Enema con líquido guiado por ultrasonidos*

Los estudios más importantes de enemas líquidos guiados por ultrasonidos han sido realizados en el mundo oriental donde hay una amplia experiencia en esta técnica. Posteriormente han comenzado a ser utilizados en Europa(32;46-50). El procedimiento puede ser realizado, según autores, con agua, suero salino o solución de Hartmann. La

principal ventaja de esta técnica es la ausencia de radiación, lo que conlleva una “no limitación” del tiempo en el procedimiento, que en caso de reducción puede ayudar a mejorar el porcentaje de éxitos. Ventajas adicionales son la visualización de todos los componentes de la invaginación, lo que implica un fácil reconocimiento de puntos de arrastre en invaginaciones no idiopáticas; así como el de invaginaciones ileo-ileales residuales en casos de reducción parcial de las invaginaciones denominadas ileoileocólicas.

### *Enema de aire guiado por ultrasonidos*

Hay poca experiencia en este tipo de enema. Esta modalidad une las ventajas del enema de aire en cuanto a limpieza, rapidez y alta tasa de resolución con aquellas del control o seguimiento por ultrasonidos, es decir, sin utilizar radiación. Sin embargo, dado que el aire impide el paso del haz de ultrasonidos puede ser difícil visualizar tanto la válvula ileocecal como la existencia de invaginaciones de intestino delgado residuales. Inicialmente parecería también difícil detectar perforación con neumoperitoneo. Por último, la presencia de grandes cantidades de gas intraluminal o intraperitoneal insuflado podrían interferir con un estudio posterior de ultrasonido en caso de que esté fuera necesario. A pesar de estas consideraciones dos recientes estudios defienden este método (51;52).

Yoon muestra imágenes de la válvula ileocecal libre tras la reducción y de una zona de transición abrupta con cambio del grosor parietal del ileon terminal engrosado al intestino delgado desinvaginado, lo que descartaría la existencia de invaginación residual. Comenta la fácil detección de neumoperitoneo por ultrasonido en caso de perforación, como una línea hiperecogénica con artefacto en cola de cometa posterior en la región del epigastrio. La alta tasa de perforación (4%, 2/49) en su serie, la relaciona con la curva de aprendizaje, aunque al parecer las perforaciones se produjeron a bajas presiones (60-80 milímetros de mercurio). El procedimiento dura de cinco minutos a una hora con una media de 10 minutos. No reseña que sea más rápido que cuando se utiliza líquido(52).

En cualquier caso el uso de aire como medio para el enema diagnóstico- terapéutico requiere un control muy preciso de las presiones y un conocimiento profundo de la

técnica y sus complicaciones potenciales. Las fluctuaciones de presión que se producen con el aire son más intensas y rápidas que las que se producen con medios líquidos(53).

## 2.5 Diagnóstico ultrasonográfico

### *Antecedentes de la imagen ecográfica de la invaginación.*

Las primeras referencias por Weissberg et al.(54) y Burckle y Clark(55) sobre la apariencia ecográfica de la invaginación datan de 1977. Cada grupo describe por separado en dos pacientes adultos, una masa en la cual interpretan la periferia sonoluciente como la pared intestinal edematosa y el centro ecogénico de la imagen las múltiples interfases de la luz intestinal. Burke describe la imagen como tubular con una delegada periferia sonoluciente y un gran centro ecogénico que simula un riñón ectópico o supernumerario. El denominado signo de “pseudorriñón”.

Holt y Samuel(56) en 1978 describen la imagen de múltiples anillos en el diagnóstico de invaginación. La imagen tiene un centro hipoeoico, un anillo hiperecogénico central y otro hipoeoico más periférico. La explicación que proponen para la imagen es la de que se trata probablemente de interfases entre las asas edematosas.

En 1979 Friedman et al.(57) publican las primeras imágenes de invaginación en dos niños menores de 2 años y las describen como masas circulares con ecos centrales rodeadas por un área libre de ecos. Interpretan los ecos centrales como la luz comprimida del ITU.

En 1980 Morgan et al. describen dos casos el primero de ellos con una imagen de diana en la que el centro sería la mucosa y el contenido intestinal y la segunda interpretada como un ecogénico *intussusceptum* rodeado del edematoso omento y mesenterio(58).

El 1981 Parienty et al.(59) presentan un caso en el que la ecografía detecta una imagen en diana y la CT dibuja una masa con diferentes estratos periféricos de tejido denso

separado por delgadas bandas grasas. En el centro de la lesión se situaría pues una masa grasa en forma de “salchicha” con masas redondeadas interpretadas como adenopatías e ileon. La masa grasa en el centro de la lesión se interpreta erróneamente como un lipoma y al conocer el resultado de la anatomía patológica que es de linfosarcoma, creen que se trataba de la grasa de la válvula íleo-cecal. No hablan del mesenterio(59).

En 1981 Morin et al.(60) describen la apariencia ultrasonográfica de la invaginación. Por primera vez se refiere un doble patrón ecográfico dependiendo del nivel de corte: en la punta de la invaginación describen una apariencia en “diana” y en cortes proximales una imagen de múltiples anillos concéntricos. Serían dos anillos hipoecoicos separados por uno hiperecogénico rodeando todo ello a su vez un gran centro ecogénico. A diferencia de sus predecesores interpretan ambos anillos hipoecoicos como los extremos del *intussusceptum* entrando y regresando. No refieren donde se encuentra el *intussusciens* ni identifican donde se encuentra el mesenterio. Por último interpretan la ecogenicidad central como la luz del asa(60).

En 1982 Bowerman et al.(61) a propósito de tres casos en niños describen las variaciones de la imagen ecográfica de “diana” o de “ojo de buey” de la invaginación: la apariencia tubular, en reloj de arena y diana fusionada. La explicación de la imagen que refieren sería la de un anillo hipoecoico que correspondería al *intussusciens* edematoso, con un centro hiperecogénico que a su vez correspondería a las múltiples interfases de las superficies mucosas y serosas del *intussusceptum*(61).

En 1983 Montali et al.(62) describen un nuevo patrón sonográfico realizando tres planos de corte: dos transversales y uno longitudinal. En el extremo distal de la invaginación describen una imagen en diana con un grueso anillo hipoecoico cuyas paredes serían las del *intussusceptum* entrando y regresando. Un corte en la zona media de la invaginación dibujaría dos anillos concéntricos de nuevo ambos extremos del *intussusceptum*, pero el anillo hiperecogénico entre ambos lo interpretan como la interfase de las paredes de ambas asas.

La diferencia entre ambas imágenes es achacada al menor edema de las asas en la base de la invaginación. La mayor aportación de estos autores sería por un lado describir que los patrones ecográficos en la invaginación varían según el grado de enema y el nivel y dirección del plano de corte; por otro lado dejar patente la importancia de los dos extremos del *intussusceptum* en la formación de la imagen. No hablan del *intussusciens*, ni del mesenterio(62).

En 1985 Alessi y Salerno(63) describen "the hay-fork sign" o signo de la "horca de heno". Éste se obtendría en un corte longitudinal, correspondiendo según los autores los dos dientes externos al *intussusciens* mientras que el interno sería excéntrico y oblicuo representando el *intussusceptum* desplazado por su mesenterio. Estos autores en la imagen de múltiples anillos concéntricos obtenida en el corte transversal explican el anillo externo de la imagen formado por el *intussusciens*, la ecogenicidad central como las interfases y el anillo interno como el *intussusceptum*(63).

En 1985 Swischuck et al.(64) publican la explicación para los signos del "doughnut" y del "pseudorriñón". El anillo sonoluciente representaría los extremos edematosos del *intussusceptum* plegado y el centro ecogénico del "doughnut" y del "pseudorriñón" correspondería a la mucosa comprimida. Cuando existe un menor grado de edema se verían las diferentes capas de las mucosas y serosas ecogénicas dando una imagen de anillos concéntricos. Interpretan el líquido dentro de la invaginación como líquido dentro de la luz del *intussusceptum*. Esta es la explicación que gozaba de mayor aceptación(64).

En 1986 Verbanck et al.(65) presentan un intento de correlación US- patológica en invaginación intestinal en la que apuntan con la pieza macroscópica que el mesenterio puede contribuir al centro ecogénico de la imagen y el anillo periférico sonoluciente a la mucosa intestinal edematosa del asa. No especifican a que asa se refieren e interpretan la porción central del *intussusceptum* rodeado por el mesenterio como adenopatías. Las adenopatías serían nódulos hipoecoicos(65).

En 1987 Pracros et al.(29) describen el signo del “sándwich” y el signo del “Mercedes Benz” tras la reducción. En una interesante revisión de 145 casos de invaginación relacionan el grosor del “doughnut” de más de ocho o diez milímetros con irreductibilidad, pero no dan explicaciones a las imágenes descritas.

En 1988 Bisset y Kirks refieren el signo del “doughnut” como “el edematoso *intussusceptum* plegado” siguiendo la explicación dada por Swischuck (18).

En 1988 Wang et al. refieren el anillo externo formado por las mucosas del *intussuscipiens* e *intussusceptum* y el centro de la imagen por el *intussusceptum*(50).

En 1989 Alzen et al. describen imágenes de invaginación que denominan atípicas sin aportar explicación de las mismas(66).

En 1991 Itagaki et al.(67) describen el signo de la doble diana como diagnóstico de divertículo de Meckel en invaginación. Según estos autores si en un corte sonográfico se visualizan dos imágenes de diana con una diferencia mayor de dos centímetros se debe sospechar un divertículo de Meckel como punto de arrastre de la invaginación.

En 1992 Verschelden et al.(31) en un trabajo prospectivo sobre la utilidad del ultrasonido en invaginación presentan imágenes de invaginación con líquido en su interior que interpretan erróneamente como líquido en la luz del asa. No dan otro tipo de interpretaciones a la imagen.

En 1994 Lim et al.(68) siguen según explicación de Swischuck, interpretando el anillo hipoecoico de la imagen en diana como los extremos edematosos del *intussusceptum* plegado.

En 1992 Wood et al.(32) utilizan los signos de “doughnut” y “pseudorriñón” para el diagnóstico de invaginación, sin dar explicaciones de las imágenes por no ser el objetivo de su trabajo.

En 1993 Riebel et al. en su publicación sobre la desinvaginación guiada por ultrasonido tampoco explican las imágenes ecográficas obtenidas(48).

En resumen, la imagen de la invaginación es compleja, se han descrito múltiples signos a los que se les ha dado variada interpretación, alguna de ellas parcialmente certera según muestra la práctica, pero contradictorias y ninguna de ellas totalmente satisfactoria. La baja resolución de los equipos de US en sus inicios, la pobreza de conocimientos generales sobre la visualización ecográfica del tubo digestivo y la tendencia existente en el mundo médico a la escasa difusión de estos conocimientos entre distintas especialidades y diferentes métodos de imagen; han sido probablemente factores decisivos en el retraso a la hora de encarar la comprensión de la imagen US de la invaginación. La mayoría de los estudios sobre ecografía del aparato digestivo se realizan en adultos y se publican en revistas de adultos(69), mientras que la mayoría de invaginaciones se ven en niños y las pocas de estas que se publican lo hacen en revistas del ámbito pediátrico. Tampoco se valoran entre diferentes especialidades diferentes técnicas que aborden la imagen. Existen, por ejemplo, estudios de TC en adultos en los que la imagen de invaginación y su explicación estaba más desarrollada que lo que estaba la imagen ecográfica(70).

La falta de unanimidad en las explicaciones de la imagen US de la invaginación y el gran grado de confusión creado, llevó a algunos autores a desconfiar de la ecografía como método de diagnóstico certero en invaginación, no recomendar su uso en el screening de rutina en editoriales de revistas de máxima difusión, y pensar que estaba por determinar su absoluta fiabilidad(18;71).

La explicación más aceptada de la imagen US de la invaginación en la que el centro de la imagen lo componía la mucosa del *intussusceptum* llevó a interpretaciones erróneas a algunos autores que visualizaron líquido en el interior de la invaginación e interpretaron este como líquido en la luz de un asa sin darle más importancia u otro valor(31;64;72). Papadopoulou interpreta como situado en la luz del asa el líquido en el interior de una

invaginación, diagnosticando junto a otros hallazgos, este caso erróneamente de vólvulo intestinal y enviando al niño a cirugía sin intento de enema(73). Daneman en una imagen de líquido en el interior de la invaginación, sitúa este en la luz del *intussusciens*, entre el divertículo de Meckel (*intussusceptum*) y el *intussusciens* engrosado, dando una explicación abigarrada: “el engrosamiento del *intussusciens* sugeriría que el *intussusceptum* había progresado previamente más distal y que subsecuentemente había sufrido una reducción parcial espontánea”(74).

Por otro lado, se han estudiado numerosos factores pronósticos detectados en la imagen US como predictores de irreductibilidad e isquemia: La existencia de un “doughnut” con un anillo grueso e hipoeoico en las imágenes US y la falta de visualización de las distintas capas de la pared intestinal debido al edema se han propuesto como factores predictivos de irreductibilidad(64), aunque no hay acuerdo acerca del significado del grosor de este anillo(29;31;75). No quedaba claro donde y que exactamente median distintos autores cuando valoraban el grosor del anillo externo de la imagen como signo de irreductibilidad. La valoración de signos de irreductibilidad, basada en imágenes en las que no se determina la disposición de sus componentes, ni la altura de corte es imprecisa y cuestiona los resultados. De hecho, los resultados de trabajos sobre irreductibilidad para algunos hallazgos son discordantes, sino contradictorios, en las distintas series publicadas.

La detección mediante ultrasonografía de líquido peritoneal libre no está claramente relacionado con perforación o irreductibilidad(31;32;68;76;77).

La ausencia de flujo en los estudios Doppler-color puede ser un buen factor para predecir la no viabilidad del intestino según algunos autores(68;78;79).

## **2.6 Otras modalidades de diagnóstico por la imagen. TC y RM**

La TC y la RM juegan escaso papel en el diagnóstico y manejo rutinario de la invaginación. La TC puede demostrar una invaginación cuando el diagnóstico no es

sospechado, en niños con presentación complicada o en niños con invaginación de intestino delgado. Los hallazgos incluyen los de una masa intraluminal con capas circulares de alta y baja atenuación ("lesión en diana") y grasa mesentérica central atrapada. En el plano longitudinal la base de *intussusceptum* se puede ver invaginándose hacia el *intussusciens*. También se puede detectar la presencia de líquido libre, asas dilatadas obstruidas, e inflamación con pérdida de los planos tisulares que ha sido correlacionada con intestino necrótico en la cirugía. Imágenes que pueden conducir a error por falso diagnóstico de invaginación en la TC incluyen la hemorragia mural, la colitis neutropénica, y la inflamación pericólica(2).

En adultos es sabido que la invaginación se diagnostica fácilmente por medio de TC o de RM. La imagen de intestino dentro de intestino conteniendo o no la grasa y los vasos mesentéricos es patognomónica(80). Con estos métodos, recientemente también se ha demostrado que las invaginaciones son más frecuentes de lo que se creía; siendo más de dos tercios de la de las mismas idiopáticas en adultos(80).

Hay escasas referencias específicas de RM en niños y versan sobre el abdomen agudo en general(81).

### **3. TRATAMIENTO DE LA INVAGINACIÓN**

#### **3.1 Historia del tratamiento de la invaginación**

La historia de la invaginación resulta fascinante leyendo los artículos de Frush(82) y McDermott(83).

Ya Hipócrates, 490 años a.C. Cristo, recomendó el tratamiento del "ileo" consistente en conectar un fuelle al ano e inflar el intestino con aire, en caso de que fallara la reducción usando aceite(4). Si bien la invaginación había sido reconocida como una de las causas graves más frecuentes de dolor abdominal en niños pequeños, no es hasta 1793 cuando Hunter la describe. Hunter acertadamente sugiere que la invaginación es debida al "paso de una porción del intestino hacia otra y este paso es comúnmente, yo creo, desde la superior hacia la inferior". También identifica la invaginación ileocólica como el tipo más

frecuente y describe una masa abdominal palpable relacionada con la invaginación. Los tratamientos disponibles en aquel tiempo eran "sangrías, para disminuir la inflamación que se podía haber producido y mercurio para quitar la causa". Hunter aconsejó administrar eméticos en un intento de que el cambio de dirección del movimiento peristáltico de las asas devolviera el intestino a su situación natural. Si esto fallaba sugería administrar purgantes en caso de que la invaginación rebelde fuera retrógrada.

La primera descripción de una reducción neumática para el tratamiento de la invaginación apareció en la literatura médica a principios del siglo XIX. Blacklock, un cirujano escocés, la describe realizando una examinación postmortem en un niño que falleció por obstrucción intestinal en 1818. Encuentra una invaginación y la reduce utilizando una pera de insuflación. Con posterioridad, "prueba el remedio frecuentemente y, a menudo con buenos resultados". Samuel Mitchel, un cirujano inglés, en una carta escrita al Lancet en 1836 describe la reducción exitosa de una invaginación insuflando aire por el recto con un fuelle manual. Esta técnica también fue apoyada en 1838 por John Gorham en Londres que describió cinco casos tratados por otros médicos. Estos casos no estaban muy bien documentados, y ya que tres de ellos eran en adultos es improbable que en todos los casos fueran verdaderas invaginaciones. La primera serie personal significativa fue descrita en 1864 por David Greig, un cirujano escocés que comunicó cuatro o cinco reducciones exitosas por insuflación en niños con fuelle manual. Utilizó estrictos criterios para el diagnóstico clínico de invaginación: "vómitos pertinaces... estreñimiento mantenido... dolor paroxístico... tumoración dura abdominal y fundamentalmente eliminación de sangre por el ano". Era importante persuadir a su audiencia de que eran verdaderas invaginaciones las que estaba tratando ya que en aquel tiempo no había, salvo la autopsia, medio de confirmar el diagnóstico. En el primer caso "el aire se inyectó en una considerable extensión. Contrariamente a lo esperado el aire paso fácilmente hacia el intestino y pareció producir gran alivio al niño".

Otros métodos que se utilizaban en aquella época incluían polvos efervescentes, agua fría, o suero salino hipertónico insertado en el recto para reducir la invaginación directamente o junto a intentos de estimular la reducción con electricidad! Tratamientos más convencionales, aunque no muy resolutivos incluían la administración de belladona

para reducir el espasmo y opio para el dolor. Tanto la reducción mediante enema de aire, como salino, gozó de gran aceptación y corresponde al famoso cirujano danés Hirschsprung la primera publicación de sus experiencias en el tratamiento de la invaginación con enemas hidrostáticos y manipulación externa.

Actualmente es bien conocida la influencia que la presión ejercida tiene en la reducción de la invaginación bien neumática o hidrostática. Inicialmente fue difícil conseguir de una manera fiable ejercer presiones significativas y se desarrollaron diversos sistemas que incluían jeringas e instrumentos que sellaban la región anal. Las técnicas iniciales variaron, aunque pocas fueron tan drásticas como la de Forest, un médico de Nueva York, recomendando que durante la administración del enema uno debería "dejar al niño en el vestíbulo y subir escaleras arriba" con el reservorio de líquido a fin de lograr las máximas presiones.

Ya en 1886 Forest plantea la cuestión que aún genera polémica: "¿qué forma de inyección es la mejor: líquido, gas o una combinación de ambas; y como se administraría mejor la inyección?" El utilizó un aparato casero consistente en un sifón conectado a un tubo de goma bien ajustada a una jeringa vaginal de cristal con un extremo redondo perforado por el que el aire era insuflado. Creyó que era importante para el clínico conocer "exactamente cuánta presión se estaba ejerciendo sobre las paredes del intestino en cada momento." Por ello, realizó experimentos en cadáveres y calculó que el intestino podía tolerar presiones de hasta nueve o diez libras por pulgada cuadrada siendo una aceptable presión para usar en los intentos de reducción, la de 6 libras por pulgada cuadrada. Estas observaciones no fueron compartidas por otros como Mortimer, pero reflejan un inaudito intento de desarrollar las bases científicas de esta técnica. La amplia aceptación de la reducción hidrostática quedó demostrada por su inclusión en el libro de texto de pediatría de Holt publicado en 1897.

Ya a finales del siglo XIX los textos médicos y quirúrgicos a ambos lados del Atlántico abogaban por los enemas como procedimiento en el manejo en la invaginación. Esto incluía un tratado sobre las enfermedades en el lactante y el niño por J. Lewis Smith de Nueva York que en 1869 escribió en la página 435: " las revistas médicas hacen

referencia a casos de invaginaciones tratadas con éxito tanto por inyecciones líquidas como por insuflación, pero lo último es lo recomendado ahora frecuentemente, ya que se cree que produce una mayor, uniforme y efectiva distensión de la porción externa o invaginante que presiona hacia atrás la porción interna o encarcerada. Además, casos de curación por insuflación han sido referidos después de que hayan fallado las inyecciones con líquido. ". A principios del siglo veinte la revolución en la anestesia y el control de la sepsis hicieron que el manejo quirúrgico de la invaginación fuera el que dominará el panorama entre las diversas terapias(2).

La primera cirugía que con éxito logró reducir una invaginación en un niño fue realizada por Johnatan Hutchinson en 1871. Al presentar el caso, él no resistió la tentación de arremeter contra los tratamientos no quirúrgicos y escribió "... las posibilidades de éxito terapéutico, cuando se inyecta aire o agua son excesivamente pequeñas". Por aquel entonces la cirugía no estaba muy desarrollada y Sir Frederick Treves, mejor conocido por ser el protector de John Merrick, el hombre elefante; contabilizó un 73% de mortalidad en los primeros 33 casos de intervenciones quirúrgicas por invaginación. Además, admitió que "un considerable número de éxitos fue obtenido con el tratamiento por enemas e insuflación por aire". La reducción quirúrgica ganó aceptación con la mejora en las tasas de morbilidad y mortalidad, pero se consideraba aún peligrosa como queda reflejado en la actuación ante un caso de invaginación de H. Cushing en 1906 que decidió diferir la cirugía en el deseo de que la invaginación pudiera autoamputarse y ser eliminada por el recto. A pesar de todo, un giro hacia el tratamiento quirúrgico había comenzado. En 1901 el cirujano inglés E. Owen considera el manejo mediante enema en los siguientes términos "no hay nada más calamitoso, que los clínicos hayan, tanto ahora como antes, manejado para volver atrás un trozo de intestino, que el enema".

Las cifras que publica finalmente en 1905 Hirschsprung de una tasa del 23% de mortalidad entre 84 pacientes tratados solamente mediante enema, son tan dramáticas comparadas con la reconocida cifra del 90% de mortalidad existente en aquel tiempo, que sus contemporáneos pusieron en duda sus resultados. Sus sucesores Kock y Oerum publican 400 casos de reducción hidrostática confirmando los primeros datos de Hirschsprung. En ambas series el tratamiento mediante enema era sin control

radioscópico. Debido a la mejora de las técnicas quirúrgicas y a pesar de los resultados iniciales superiores de la reducción hidrostática, los cirujanos especialmente en Estados Unidos e Inglaterra continuaron operando e incluso incrementando el número de cirugías de invaginación. Fraser publica en 1926 que la reducción de la invaginación por enema de aire o agua tiene únicamente un interés histórico.

Médicos australianos y cirujanos influidos por Sir Charles Clubbe mantuvieron el interés en el tratamiento no quirúrgico de la invaginación. En 1926 Hipsley en Sydney publica una serie de 100 casos de invaginación en la que 62 pacientes fueron tratados solamente con enema hidrostático con una muerte contabilizada entre ellos frente a 38 pacientes que lo fueron quirúrgicamente con cuatro muertes contabilizadas entre ellos. Esta era la menor tasa de mortalidad de cualquiera de las series de casos de invaginación publicada hasta la fecha. Estos excelentes resultados fueron debidos a una técnica escrupulosa y en 18 de los 62 casos tratados con enema el resultado fue confirmado por el autor haciendo una pequeña incisión abdominal.

Tras el descubrimiento de los rayos X en 1895, se hace posible monitorizar la reducción en tiempo real utilizando agentes de contraste: el enema guiado mediante fluoroscopia. Lehman en 1913 publica la primera invaginación diagnosticada por rayos X. En 1927 varios autores entre los que se encuentran Olsson y Pallin en Suecia, Poulquier en Francia y Retan en Estados Unidos describen las primeras reducciones con enema baritado guiado por fluoroscopia. De esta manera la reducción de la invaginación se hizo uno de los primeros procedimientos radiológicos intervencionistas. Con la llegada de la radiografía fueron publicadas imágenes de reducción con éxito por enema baritado en 1928 por Stevens, si bien se decía que la manipulación manual era más decisiva que el propia enema(2).

A pesar estas nuevas habilidades descritas por los radiólogos para diagnosticar y reducir la invaginación, el tratamiento quirúrgico siguió siendo la primera modalidad terapéutica en la mayoría los hospitales americanos. La elección quirúrgica sobre la no quirúrgica no estuvo basada en estudios controlados. Los enemas con suero salino mantuvieron su popularidad en Australia mientras que los enemas de bario se fueron haciendo cada vez

más populares en los Países Escandinavos y Sudamérica por la mayor facilidad con la que la invaginación podía ser visualizada. Ravitch y McCune(9) refieren una mortalidad del 32% en el tratamiento quirúrgico de la invaginación en el hospital de John Hopkins durante el periodo de 1929 a 1938. Estos resultados eran peores que los de Hirschsprung en 1890 y aun peores que los resultados de Hipsley en 1920. Por ello estos autores decidieron reintroducir la reducción hidrostática utilizando como medio de contraste el bario y como medio de control la fluoroscopia. Contra las objeciones sobre los riesgos que había de perforación no reconocida, durante la reducción hidrostática, ellos realizaron una serie de experimentos en perros en los que produjeron una invaginación por laparotomía abierta. Cuando realizaron enemas de suero salino bajo una presión de tres pies (aproximadamente un metro) no ocurrieron complicaciones. Posteriormente lograron la reducción en 20 de 27 casos con sólo una muerte contabilizada entre ellos. Los autores describieron e ilustraron las apariencias clásicas del enema de bario en invaginación y comentaron que "el diagnóstico por fluoroscopia es notablemente sencillo, los criterios son característicos y en breve se adquiere la condición de experto en su reconocimiento". Ravitch, un cirujano pues, lideró la reevaluación de la reducción de la invaginación y estableció el enema de bario con control fluoroscópico como tratamiento de elección en 1948(9).

Este cuidadoso trabajo fue convincente y condujo a una vuelta gradual a la reducción hidrostática. En China y el lejano Este la reducción utilizando aire como medio de contraste se hizo popular, al mismo tiempo que el bario lo hacía en Europa y Estados Unidos. El aire era más barato, más limpio, y con una ligera mayor tasa de éxitos como se probó con posterioridad. Imágenes de un enema reducido con aire fueron publicadas en 1959 por Fiorito y Cuestas, pero la reducción mediante enema por aire no fue reintroducida en Norteamérica hasta 1980 cuando un radiólogo chino, L. Gu, aporta su experiencia recabada en Shangai al ir a trabajar a Toronto. Su trabajo ganó la medalla de oro John Caffey en 1987(26). Justo cuando el entusiasmo en América sobre este método estaba incrementándose se publica una sorprendente serie de 6396 casos de reducción mediante enema con aire realizada en un periodo de 13 años en Shangai (China), que arroja una tasa de 94% de éxitos(84). En cualquier caso, la valoración de tratamientos en

desuso para la invaginación fueron con mucho el resultado de investigaciones científicas y críticas sobre el estudio de las presiones colónicas, el efecto de la maniobra de Valsava, el análisis de resultados finales y efectos en el peritoneo del aire frente al bario en caso de perforación.

### **3.2 Tratamiento no quirúrgico de la invaginación. Reducción mediante enema.**

Antes de que el radiólogo intente la reducción hay dos puntos cruciales: notificación al cirujano, ya que su actuación puede ser requerida, como responsable último del paciente, en caso de que la reducción mediante enema fracase, y reponer las pérdidas de líquidos en el paciente. Esto puede significar resucitar a un niño que esté en un estado límite, es decir, en shock compensado. El volumen de líquido perdido con los vómitos puede ser sustancial y puede por sí mismo conducir a una inestabilidad hemodinámica. Cuando el niño no puede ser adecuadamente resucitado debemos considerar la posibilidad de que una hemorragia interna con pérdida de líquidos secundaria a necrosis intestinal, pueda estar contribuyendo al déficit global de líquidos. Un niño en estado de shock debe ser manejado quirúrgicamente y no debería ser expuesto a enemas. Antes de intentar la reducción radiológica algunos autores administran antibióticos que cubran la flora intestinal de manera profiláctica ante el riesgo de perforación(8).

Hay una continua discusión sin que haya amplio consenso sobre que tipo de enema es el mejor para desinvaginar. Los pocos estudios protocolizados que comparan enemas de aire y de líquido no encuentran diferencias estadísticamente significativas en las tasas de reducción ni de perforación(85). Es probable que las diferencias publicadas en tasas de reducción y perforación estén relacionadas no tanto con el tipo de enema usado, sino con las complicaciones que han ocurrido antes de realizar el enema, la técnica utilizada, las presiones intracolónicas alcanzadas(40), y el criterio en la selección de los pacientes(16;17). Estos factores varían entre las series publicadas no siendo posible determinarlos en muchas de ellas, de ahí la dificultad en comparar diferentes tipos enemas.

*Factores que afectan el desenlace de la reducción no quirúrgica: complicaciones, técnica de reducción y criterios para la selección de pacientes:*

### 3.2.1 Complicaciones

Aunque hay referidas reducciones espontáneas de invaginaciones(86), invaginaciones recurrentes y crónicas y raros casos de expulsión espontánea de un *intussusceptum* gangrenado a través del recto, la evolución natural de la invaginación es hacia la obstrucción intestinal seguida de perforación con peritonitis y shock séptico. Actualmente la tasa global de perforación en países desarrollados es baja (0 -5.9 %)(17).

La perforación podía ya haber ocurrido antes de la realización del enema(13) o puede ocurrir durante el intento de reducción. La presencia de perforaciones antes de la realización de un enema depende fundamentalmente de la prontitud en el diagnóstico y de la calidad de la atención al paciente. Por tanto la frecuencia de estas perforaciones es ampliamente variable en el tiempo y en el espacio en las series publicadas según el momento histórico en el que se haya realizado el estudio y las condiciones sociosanitarias del punto geográfico donde este se haya llevado a cabo. Si la perforación se produce durante el enema esta puede ocurrir tanto en segmentos intestinales normales(30), como isquémicos(23), como de ambos tipos a la vez(23;24;87). Las perforaciones que se producen durante la reducción mediante enema dependen además del estado del intestino, de las presiones alcanzadas por el enema y del tiempo durante el que éstas han sido aplicadas; también dependen parcialmente de la dinámica y propiedades físicas del contraste usado(53).

La mayoría de las publicaciones no diferencian entre perforaciones ya establecidas antes del intento de reducción de aquellas perforaciones inducidas durante el proceso de reducción. Es difícil reconocer una perforación establecida antes del intento de reducción, de hecho no existen casos publicados de invaginación en niños que tengan como hallazgo inicial en la radiografía simple la presencia de un neumoperitoneo que indique perforación(13;16;20;23;24). Una explicación posible para este extraño hecho sería la siguiente: una perforación puede ocurrir en el intestino delgado gangrenado, es

decir en el *intussusceptum* o en el colon sobredistendido, es decir en el *intussusciens*. En el primer caso la perforación ileal quedaría cubierta por el *intussusciens*, que no permitiría al gas escapar hacia la cavidad peritoneal. En el segundo caso por la perforación colónica no podría salir gas, ya que el gas existente en el intestino proximal tendría bloqueado su paso hacia el colon y posterior salida hacia el peritoneo por el propio *intussusceptum* invaginado que se interpondría en su camino, mientras que el gas que pudiera existir en el colon distal y con su salida a través de la perforación generar el neumoperitoneo, habría ya sido eliminado por el recto, en estos casos tan evolucionados, para cuando la radiografía simple se realiza(13).

### 3.2.2 Técnica de reducción

El objetivo de cualquier tipo de enema es el de reducir la invaginación ejerciendo una presión en el extremo distal del *intussusceptum* empujándolo desde su posición patológica hasta su posición original. Tanto las tasas de reducción como de perforación para un tipo específico de enema son directamente proporcionales a la presión aplicada.

Ravitch encontró que la presión intracolónica lograda colocando la bolsa de enema de barro a 105 cm de altura sobre la mesa en la que se sitúa el niño no reduce ninguna invaginación en la que el intestino este necrótico o encarcerado(9). Estudios experimentales posteriormente demostraron que una presión que no supera los 120 milímetros de mercurio para enemas hidrostáticos o los 108 milímetros de mercurio para enemas aéreos no perfora el colon en animales(30). La presión puede ser controlada midiendo la altura de la bolsa que contiene el líquido en los enemas hidrostáticos o usando un manómetro en los enemas aéreos. Una presión de 120 milímetros de mercurio es equivalente a 100 cm de columna de barro o a 150 cm de columna de agua o de contraste hidrosoluble. Esta teórica presión es lograda durante el enema con líquidos solamente si el diámetro de el sistema de tubos es suficientemente grande como para transmitir fácilmente la presión. En los enemas hidrostáticos el uso de sondas rectales y sistemas de gran calibre puede ser más efectivo en incrementar la presión

intracolónica efectiva que el incrementar la altura de la columna líquida subiendo la bolsa de contraste o suero.

Junto a estas teóricas consideraciones ha sido encontrado empíricamente que la presión intracolónica alcanza un " plateau " o meseta durante el enema hidrostático. Esta presión es más constante que la que se ejerce durante la insuflación con aire que tiende a producir oscilaciones en la presión intraluminal con picos que pueden sobrepasar la presión de seguridad. Tales fluctuaciones incrementan el riesgo de perforación(53).

No hay acuerdo en el número y duración de los intentos de reducción mediante enema, la eficacia de premedicación o sedación, el uso de sondas rectales con balones inflables o el uso de manipulación transabdominal(27). La falta de acuerdo refleja el hecho de que no hay estudios extensos que hayan demostrado una mejora definitiva en la tasa de reducción ligados a ninguno de estos factores.

Un componente de la clásica regla de los tres es que el número de intentos de reducción es máximo de tres. Esta regla ha sido descartada en muchas instituciones y algunos autores usan casi un número ilimitado de intentos. Estos autores incluso usan intentos demorados, es decir, ellos repiten intentos de reducción después de que el paciente descansa durante varias horas. El objetivo sería mejorar la tasa de reducción(48;88). El uso de enemas guiados por ultrasonido permite un manejo más liberal o relajado en el número de intentos por no utilizar radiación.

Se pensaba que el uso de sedación mejoraba la tasa de reducción en invaginación. Sin embargo, la tasa de reducción ha resultado ser menor cuando se utiliza sedación parenteral. La sedación impide o al menos dificulta que el paciente realice maniobras de Valsalva durante el esfuerzo. Las maniobras de Valsalva incrementan la presión intraluminal en aproximadamente 60 milímetros de Hg y disminuyen el gradiente de presión transmural colónica. Esta maniobra mejora la efectividad del enema y protege contra la perforación especialmente en los enemas aéreos(30).

En teoría el uso de sondas rectales con balones inflables crea un sistema cerrado que transmite la presión efectiva del material del enema, es decir aire o líquido sin pérdidas de presión. El uso de tales sondas podría incrementar la rapidez y efectividad del enema. Sin embargo, para algunos autores este sistema cerrado podría bloquear la expulsión espontánea de líquido o gas cuando se produzcan bruscos incrementos de presión y por tanto ser peligrosos(49). No es nuestra experiencia. Tanto nosotros como otros autores hemos encontrado que el uso de este tipo de sondas no produce tales sistemas cerrados. Muchos niños pueden fácilmente expulsar el catéter, con los esfuerzos que realizan durante el enema.

El enema es generalmente guiado con radioscopia cuando se utiliza bario, contraste hidrosoluble o aire como medio. El control mediante ultrasonido se puede usar cuando el enema se realiza con agua, suero salino o gas.

### 3.2.3 Criterios para la selección de pacientes

La proporción de pacientes que serán candidatos para un intento de reducción mediante enema, varían en diferentes departamentos y en diferentes partes del mundo dependiendo de lo grave que se encuentren los pacientes cuando son inicialmente evaluados por el médico. En los países desarrollados la mayoría de los pacientes con invaginación, reciben atención médica en un tiempo adecuado y aunque algunos pueden estar deshidratados, la presencia de peritonitis es rara. En contraste, el manejo quirúrgico permanece como tratamiento necesario en la mayoría de los países en desarrollo, como ha sido descrito en recientes artículos desde Nigeria (1996) e Indonesia (1999). En ambas áreas, los niños tenían una duración de los síntomas, así como un incremento en la incidencia de intestino no viable significativamente mayor, junto a una tasa de mortalidad del 18% y 20% respectivamente(89). Meier et al. sienten que el uso de la reducción no quirúrgica mediante enema no habría mejorado la tasa de mortalidad significativamente entre los niños del mundo en desarrollo. Estos autores creen que las tasas de mortalidad podrían ser reducidas mejor mediante un más rápido reconocimiento y tratamiento de la invaginación y por mejoras en los cuidados de enfermería y tras anestesia(90).

Las contraindicaciones absolutas para el enema terapéutico son la presencia shock que no se pueda corregir con hidratación intravenosa y la perforación establecida con signos clínicos de peritonitis. Pero existen algunos criterios que se relacionan con una baja tasa de reducción y una alta tasa de perforación, especialmente si se encuentran asociados. Entre estos criterios están: la edad del paciente menor de tres meses o mayor de cinco años; la larga duración de los síntomas especialmente cuando sobrepasa las 48 horas; el sangrado rectal; la deshidratación; la obstrucción del intestino delgado y, la visualización del signo de la disección durante el enema. Éste último signo se refiere a la visualización del material de contraste dentro de la luz del colon que disecca al menos algunos cm. rodeando la superficie del *intussusceptum*

En algunos centros estos criterios se usan como un score o sistema de puntuación para cuantificar el riesgo y determinar cuando se debe realizar tratamiento no quirúrgico o por el contrario se debe indicar cirugía inmediata(84;91). Este manejo puede ser aconsejable en centros que tratan solamente pocos casos de invaginación por año o que tienen poca experiencia en cirugía infantil. En estos centros puede ser de interés referir los casos de alto riesgo a hospitales terciarios que tengan experiencia y personal adecuado para tratar con este tipo de invaginaciones.

En hospitales terciarios la reducción mediante enema se realiza en casi todos los pacientes, dado que la mayoría de los pacientes en shock pueden ser reanimados con hidratación intravenosa rápida y porque como hemos visto la perforación intestinal es difícil de diagnosticar antes de realizar el enema. Incluso aquellos pacientes que finalmente requerirán cirugía se pueden beneficiar de una reducción parcial de la invaginación. Tal reducción puede disminuir el edema en algunas porciones del intestino facilitando por tanto la reducción completa de la invaginación en la cirugía. Esta conducta puede también reducir la frecuencia de resecciones intestinales pues conlleva un menor compromiso vascular(88).

Una posible crítica a este manejo, que abogaría por la realización del enema en la mayoría de los pacientes, sería que al realizar un enema en un paciente con una

perforación establecida, esta podría ponerse de manifiesto o bien que podríamos inducir perforación en pacientes de alto riesgo. Aunque así pudiera ocurrir en cierto modo, los nuevos medios de contraste no parecen tener tan adversas reacciones como el bario en caso de perforación. Y por otro lado, el beneficio que la terapia no quirúrgica supondría para muchos niños compensaría el posible incremento de contenido peritoneal con el que acudirían a quirófano los niños perforados. En cualquier caso ante factores de alto riesgo clínicos o radiológicos es aconsejable que la reducción mediante enema se realice con más cautela y cuidado de lo habitual.

### **3.3 Tratamiento quirúrgico.**

Está mundialmente aceptado que el tratamiento inicial de la invaginación es la reducción mediante el enema. Cuando éste falla se debe realizar cirugía. En cualquier caso el tratamiento quirúrgico será el elegido en casos de shock que no pueda ser corregido, así como cuando se demuestre la presencia de perforación o necrosis y en la mayoría de las invaginaciones en las que se demuestre un punto de arrastre. Estos casos deben ser estrictamente seleccionados y evitar la cirugía siempre que sea posible por dos motivos fundamentalmente: uno, el no despreciable riesgo acumulado de vólvulos y adherencias como complicación última de la cirugía en un 3 a 6 % de abdómenes operados, otro la mayor estancia hospitalaria que conlleva una cirugía y sus costes asociados.

#### **3.3.1 Cirugía convencional.**

Desenlaces adversos de la reducción mediante enema son la perforación intestinal que ocurre del 0% al 5 9% de las ocasiones y el fallo en la reducción que ocurre del 3% al 20% de las mismas. En ambos casos se requiere intervención quirúrgica de manera que la reducción mediante enema se debería realizar en centros donde se disponga de cirujanos entrenados apropiadamente y radiólogos experimentados en realizar tales reducciones.

El abordaje quirúrgico es generalmente a través de una incisión transversa en el lado derecho del abdomen ligeramente superior o inferior al ombligo. Una presión mantenida y suave sobre el ápex de la invaginación generalmente produce reducción de la misma,

después de lo cual, una vez que se da tiempo para restablecer la perfusión, se inspecciona el intestino para valorar viabilidad(4). La resección con anastomosis término-terminal se realizará ante áreas necróticas, áreas de isquemia persistente, o áreas invaginadas que no se puedan reducir. La mayoría de los cirujanos realizan apendicectomía para evitar futuras confusiones respecto a su existencia. Con tasas de recurrencia para la reducción quirúrgica de tan sólo 1-4%, la apendicectomía no debería representar un riesgo significativo ante la necesidad de reducción mediante enema en caso de que en el postoperatorio se produjera una recurrencia. En el caso de una invaginación postoperatoria aguda, la reducción de la invaginación, mediante enema de bario con éxito sin dehiscencia del muñón apendicular ha sido referida tan precoz como a los seis días tras la reducción abierta de la invaginación con apendicectomía(4). En raras ocasiones, aunque el intestino no esté necrótico o gangrenado este debe ser resecado, porque se identifiquen puntos de arrastre patológicos.

### 3.3.2. Cirugía laparoscópica

Algunos autores creen que la invaginación es mejor tratada por vía laparoscópica.

Laan tras el análisis de 72 pacientes con invaginación, 10 de los cuales fueron tratados mediante laparoscopia y solo 3 pudieron reducirse, concluye que no encuentra beneficios en su realización en niños mayores de 3 años, pues generalmente requieren resección; y en los menores de 3 años no la aconseja si existen buenos equipos para la desinvaginación no quirúrgica. Cree que puede estar indicada en casos de recurrencia y cuando existen dudas acerca de la reducción. La laparoscopia verifica cuando el reflujo de contraste ha fallado en la reducción mediante enema. Si la invaginación persiste se pueden usar instrumentos laparoscópicos para reducir el intestino directamente(92).

La laparoscopia ha sido propuesta además de como método de intervención urgente en la invaginación ileocólica como útil en la prevención efectiva de recurrencias. Boehm (93) publica el caso de un niño de 12 meses, que tras ser desinvaginado con éxito por medios no quirúrgicos, tuvo dos recurrencias consecutivas en los días posteriores y otra a los seis meses de edad, siendo tratadas también todas ellas conservadoramente. Llegados a este punto, se indicó una cirugía preventiva. La laparoscopia demostró un

cierre insuficiente de la válvula ileocecal que permitía al cirujano provocar una invaginación fácilmente. Se realizó una pexia ileocólica fijando el ileon distal al colon ascendente con varias suturas interrumpidas 3-0. No se demostraron recurrencias en el seguimiento a un año. Estudios más amplios serían necesarios para valorar la utilidad de estos procedimientos ya en desuso cuando se realizan laparotomías.

### **3.4 Complicaciones post-reducción mediante enema.**

Una vez que la invaginación esta reducida el niño no tiene ya el riesgo de complicaciones mayores tal como eran la obstrucción, la necrosis, la perforación, la peritonitis, la sepsis, y el shock. Sin embargo, las invaginaciones recurren en un 4% a 19% de las ocasiones, frecuentemente dentro de las primeras 24 primeras horas post-reducción. Algunas de éstas recurrencias se pueden atribuir a reducciones incompletas. Si la invaginación recurre, está de nuevo indicada una reducción no quirúrgica.

Otras complicaciones recientemente descritas son el shock hipovolémico y la bacteriemia. En el 2001 Royal(94) refiere el caso de una niña de siete meses que desarrolló un shock hipovolémico secundario a un enema de aire, que requirió resucitación. Se supuso que la paciente tuvo un tercer espacio dentro de la luz en las asas intestinales que estaba directamente relacionado con la invaginación de la paciente y la obstrucción intestinal, o bien con las suelta de agentes humorales no documentada, tales como las citoquinas o endotoxinas; y no tanto relacionado con una complicación técnica en la realización del enema. Tanto este caso, como el de una muerte, aparentemente debida a inadecuada resucitación antes del enema, en una serie de Campbell (1989) subrayan, en primer lugar, la necesidad de tener a los pacientes clínicamente estables antes de intentar cualquier procedimiento de reducción y además, tal y como enfatiza Royal, que haya un periodo de observación apropiado tras el enema, que permita diagnosticar y tratar efectivamente complicaciones raras como el shock hipovolémico demorado(94).

Somekh et al. en 1996 realizaron hemocultivos seriados antes del enema, inmediatamente tras el enema y una hora después del enema, en 27 niños con la finalidad de determinar

el riesgo de bacteriemia relacionado con el intento de reducción mediante enema de aire. Sus resultados mostraron que, aunque los parientes podían desarrollar fiebre tras intentos de reducción con enema de aire, el riesgo de bacteriemia y sepsis con significado clínico era extremadamente bajo. Sin embargo, Miller et al. refieren el caso de una niña de tres meses cuya condición clínica se deterioró debido a una sepsis severa tras la reducción con éxito de una invaginación mediante enema de aire. Por laparotomía, se encontró inflamación en el área apendicular, que se interpretó como causante de una invaginación apendico-cólica y no se encontró perforación. Estos hechos sugieren que en presencia de un proceso séptico subyacente, un enema puede agravar la sepsis conduciendo a un deterioro clínico tras la realización del mismo(95).

Tras la reducción con éxito de la invaginación y 24 horas de observación hospitalaria, el niño debería ser dado de alta si no se han presentado complicaciones. El pediatra del niño debería realizar un estrecho seguimiento en los próximos dos o tres días. En niños en los que se sospeche un punto de arrastre por ejemplo un neonato o un niño mayor de tres años, algunos autores recomiendan realizar una TC o un estudio isotópico para divertículo de Meckel con la finalidad de buscar masas que pudieran por sí mismas requerir intervención quirúrgica(8).

#### **4. COSTES ECONÓMICOS**

El desarrollo en el manejo quirúrgico y radiológico de la invaginación ha ido acompañado con estudios en el análisis de los costes asociados. Un estudio comparando el tratamiento, los costes totales y el tiempo de estancia en casos de invaginación en Nueva York mostró que los hospitales que disponían de cuidados para un mayor número de niños o que tenían un programa de entrenamiento o formación para pediatras o radiólogos pediátricos tenían un mejor índice costo-eficacia. De hecho, el coste medio para estancia en casos de invaginación en un hospital infantil era de 1530 dólares y 2,2 días comparado con 2308 dólares y 2,8 días de hospitalización en un hospital general no exclusivamente dedicado a niños. Los investigadores concluían que hospitales especializados en cuidados pediátricos es más probable que realicen

reducciones no quirúrgicas exitosas que aquellos hospitales no especializados y que el enviar casos de sospecha de invaginación a un hospital con cirujanos y radiólogos con experiencia pediátrica mejoraría los resultados globales finales y minimizaría el número de intervenciones quirúrgicas(8).

Un estudio en un hospital australiano estimó un ahorro anual de 139.000 dólares debido a cambios en el protocolo de manejo de la invaginación. Una mayor eficacia en el diagnóstico y tratamiento condujo a una reducción en el número de procedimientos quirúrgicos y en la estancia hospitalaria.(43)

El ahorro en los costes, que en el mundo podría tener la mayor confianza en el US como método fiable en el diagnóstico de invaginación, a través de encontrar imágenes específicas sería importante.

## **5. CONSIDERACIONES TÉCNICAS SOBRE LA ULTRASONOGRAFÍA DIAGNÓSTICA**

La etimología del nombre de esta técnica de imagen ecográfica se retrotrae a Eco una ninfa muy hermosa, cantarina y habladora. Según el mito, Eco fue condenada por Era, esposa de Zeus, a repetir las últimas palabras dichas por otras personas como castigo, pues la incesante conversación de Eco distraía la atención de Era de las posibles infidelidades maritales del rey del Olimpo(96).

### **5.1 Relación de ventajas y desventajas del US en el diagnóstico del dolor abdominal según Puylaert , pionero en estudios de US del tubo digestivo, (97):**

La TC helicoidal esta progresivamente reemplazando a la ecografía en la evaluación de pacientes con dolor abdominal agudo. Las mayores ventajas la TC sobre el ultrasonido son: su extrema rapidez siendo su tiempo de realización a menudo menor que el de realización de una ecografía. La TC no es alterada por el gas ni el hueso, y la obesidad es

incluso una ventaja. Y sobre todo, la TC no es una técnica “operador dependiente” y puede ser revisada por otros incluso a distancia.

Ante todas estas ventajas, no es sorprendente que la ecografía esté perdiendo campo en la evaluación del abdomen agudo. La ecografía, sin embargo, tiene ciertas ventajas específicas sobre la TC:

1. La ecografía no requiere radiación ionizante, lo que puede ser importante en pacientes jóvenes (especialmente lactantes) y mujeres embarazadas.

2. La resolución espacial de la imagen de ecografía de alta frecuencia es mayor que la de la imagen de TC. Esto es solamente cierto si el órgano diana a visualizar puede situarse cercano al transductor, lo cual requiere o un paciente delgado o el uso de compresión gradual.

3. Las cualidades de la ecografía en cuanto a exploración dinámica en tiempo real son únicas. La ecografía puede observar los movimientos fetales; la peristalsis; y la ausencia de peristalsis (como en el ileo paralítico). La ecografía puede directamente visualizar el flujo sanguíneo y las pulsaciones y también puede apreciar los efectos de la respiración, la maniobra de Valsalva, la gravedad y la compresión. Esto último es especialmente útil en valorar cuando diferentes órganos o tejidos son rígidos o blandos. También puede, si introducimos contrastes, valorar el comportamiento vascular de la zona origen de estudio.

4. La ecografía permite correlacionar con precisión el área de máximo dolor o de masa palpable con los hallazgos ecográficos.

5. La ecografía es movable y flexible, es decir, portátil. Puede ser hecha en la urgencia, en las unidades de cuidados intensivos, en el quirófano y actualmente, con la nueva generación de pequeños equipos portátiles que se sostienen en las manos y funcionan con baterías, en cualquier lugar.

6. En casos de líquido intraperitoneal, la punción guiada mediante ultrasonidos, es un camino rápido y seguro para determinar si el líquido es sangre, pus, bilis, amilasa, contenido gástrico, etc.

7. La ecografía permite una forma de comunicación con el paciente o familiares, directa y natural. La información recibida del paciente puede conducir a la búsqueda específica de un hallazgo ecográfico determinado, y viceversa, ciertos hallazgos ecográficos pueden llevar a realizar preguntas específicas al paciente. Este aspecto interactivo es quizás, el mayor secreto para realizar con éxito una exploración ecográfica. Si actuamos de esta manera, la ecografía es mucho más que una descripción o representación de órganos abdominales. Tal y conforme estamos procediendo a la exploración, es posible correlacionar los hallazgos ecográficos con los datos clínicos, los resultados de laboratorio, otros estudios de imagen, y la información que recibimos del paciente. Haciendo esto, vamos a ir estrechando una en la larga lista de posibles diagnósticos diferenciales hasta que establezcamos un diagnóstico definitivo, o al menos demos la directriz para estudios de imagen ulteriores(97).

## **5.2 Bases físicas de los ultrasonidos**

### **5.2.1. Conceptos básicos del sonido**

La ecografía, ultrasonografía o sonografía es una técnica basada en la aplicación de ondas de ultrasonidos con la finalidad de obtener una imagen diagnóstica.

El sonido es una forma de energía mecánica que se transmite a través de la materia en forma de onda de presión, produciendo alternativamente fenómenos de compresión y rarefacción en ella. Es una onda sonora, mecánica, plana y longitudinal.

Las perturbaciones vibratorias de este tipo, se propagan por el medio aprovechando las características elásticas del mismo. El medio en su conjunto no sufre movimiento, sino

que son las partículas las que oscilan a una frecuencia determinada, siguiendo trayectorias limitadas, siendo nula la resultante total del movimiento para el medio en su conjunto.

El eco es el fenómeno acústico producido por la reflexión de la onda sonora ante un obstáculo.

A diferencia de la radiación ionizante el sonido no es una onda electromagnética y necesita un medio por el que propagarse (el sonido no se transmite en el vacío y lo hace mal en el aire).

Hay varios tipos de ondas sonoras:

- 1.- Audibles: su frecuencia varía entre 20 – 20.000 Hz.
- 2.- Infrasonidos: frecuencia < 20 Hz;
- 3.- Ultrasonidos: frecuencia > 20.000 Hz.

Denominamos por tanto, ultrasonidos a las ondas mecánicas, de transmisión longitudinal de frecuencias mayores a las que el oído humano es capaz de percibir. Son ondas vibratorias de frecuencia superior a 20.000 ciclos por segundo.

Toda onda queda definida por 5 características:

- **Periodo:** tiempo que tarda en completarse un ciclo (seg).
- **Frecuencia (F):** número de ciclos completos por unidad de tiempo (Hz = 1 ciclo /seg). Es inherente al transductor y depende del tamaño y tipo del material piezoeléctrico del que esté constituido. Las frecuencias usadas para aplicaciones diagnósticas varían de 2-15 MHz
- **Longitud de onda:** distancia que recorre la onda en un ciclo completo (cm; mm). Queda definida por la distancia entre crestas o valles.
- **Amplitud:** Máxima altura de la onda o intensidad relativa de la energía acústica (decibelios: dB)
- **Velocidad de transmisión/propagación en el medio:** distancia que recorre la onda por unidad de tiempo (m/seg). Velocidad = distancia/tiempo:

$$\text{Velocidad} = \text{longitud de onda } (\lambda) \times \text{frecuencia } (1/\text{periodo})$$

Al aumentar la frecuencia, disminuye la longitud de onda y aumenta la resolución axial, pero existe una mayor atenuación por lo que ultrasonido penetra menos.

1.- La velocidad de transmisión de la perturbación, depende de la intensidad de la onda incidente y de las características propias del tejido donde debe propagarse (densidad, temperatura, impedancia...).

En la mayoría de los tejidos corporales, la velocidad es similar a la que existe en el agua, con excepción del tejido óseo compacto donde es 3 veces mayor, y de los gases, donde es menor. La velocidad de propagación viene determinada en gran medida por la resistencia del medio a la compresión, que depende de la densidad, rigidez y elasticidad del medio. En general, de modo muy elemental, podemos resumir que para medios biológicos a 35°C de temperatura y con las frecuencias ultrasónicas usadas en medicina, la velocidad de propagación en estos medios se considera globalmente de 1540 m/seg (está así ya prefijada de forma constante en todos los ecógrafos) y se particulariza según el órgano en:

- 1541 metros/seg para el cerebro.
- 1585 metros/seg para el músculo en general.
- 1549 metros/seg para el hígado.
- 1561 metros/seg para el riñón.
- 1570 metros/seg para la sangre.
- 4080 metros/seg para hueso.
- 330 metros/seg para el aire.

La velocidad de propagación es un dato esencial en la aplicación clínica de los US. Gran parte de la información necesaria para generar una imagen con US depende de la medición precisa del tiempo. Ya que conocemos la velocidad de propagación del sonido en el medio (1.540 m/seg), cuando enviamos un pulso de US a través de un tejido y controlamos el tiempo que tarda en regresar el eco, podemos calcular la profundidad de la interfase generadora del eco. La precisión será tanto mayor cuanto menos diferencia

exista entre el valor supuesto y el real de la velocidad del US en el medio estudiado. Por eso, cuando el haz de US atraviesa medios con velocidades distintas a la velocidad media programada de forma constante por el aparato, se pueden producir errores de medición.

2. Impedancia acústica (Z) es la resistencia que ofrece un medio a ser atravesado por el sonido. Depende de la densidad del medio (D) y de la velocidad de propagación la onda en el mismo (V).

$$Z=DV$$

Cada tejido tiene un valor de Z, y por tanto, una distinta capacidad de reflejar ondas sónicas. Para los tejidos biológicos comunes, la impedancia media es de 1,63 gr/s. cm<sup>2</sup>. Para el hueso es muy alta: 7,80 gr/s. cm<sup>2</sup> y para el aire muy baja: 0,0004 gr/s. cm<sup>2</sup>.

Muy simplificada podemos decir que estas diferencias hacen que en el aire, prácticamente no se transmita la onda ultrasónica, debido a la escasa densidad de partículas para transmitir las vibraciones.

En el hueso por el contrario, la elevada impedancia, dificulta mucho la transmisión y penetración, por lo que la escasa reflexión de ultrasonidos en las zonas más distales, hace prácticamente invalorable las imágenes ecográficas obtenidas a través de este tejido.

3.- Interfase acústica es la frontera entre dos medios con distinta impedancia acústica y es, por tanto, donde se van a generar los " ecos". La intensidad del sonido reflejada en una interfase es proporcional a la diferencia de impedancia acústica entre los medios. Esto explica porqué prácticamente todo el sonido es reflejado cuando encontramos una interfase aire-tejido (0.0001 vs. 1.5) o hueso-tejido (8 vs. 1.5).

Hay varios tipos de interfases:

- Especular: Cuando la interfase es acusada (gran diferencia de Z) se producen ecos de gran intensidad (igual que un espejo reflejando la luz). Requieren un ángulo de incidencia de 90° para su óptima imagen, ya que los reflectores especulares sólo envían ecos de vuelta al transductor cuando el haz de US es perpendicular a la interfase. Los ejemplos típicos son el diafragma, la pared de la vejiga y las paredes de los vasos.
- Dispersa: Cuando la interfase es pequeña (Z similares), se producen ecos de baja intensidad y en todas las direcciones, por ejemplo, los parénquimas.

4. Reflexión: Cuando un haz de US llega a una interfase entre dos medios de distinta Z, una parte es transmitida y otra reflejada. La cantidad de energía reflejada puede expresarse como una fracción de la energía que incide y que se denomina “coeficiente de reflexión” R. La reflexión depende del ángulo de incidencia y de la diferencia en la impedancia entre los medios:

$$R = (Z_2 - Z_1)^2 / (Z_2 + Z_1)^2$$

$Z_1$  y  $Z_2$  son las impedancias acústicas de los medios que forman las interfases

5.- Refracción es el cambio de dirección de la onda acústica producido por el paso de una interfase. Está gobernada por la ley de Snell:

$$\text{sen } \theta_1 / \text{sen } \theta_2 = c_1 / c_2$$

donde  $\theta_1$  es el ángulo de incidencia del sonido que se aproxima a la interfase;  $\theta_2$  el ángulo de refracción, y  $c_1$  y  $c_2$  velocidades de propagación del sonido de los 2 medios de la interfase.

Este fenómeno puede suponer una causa de registro inadecuado de la imagen. Para evitarlo, hay que intentar incidir con un ángulo de 90° a la interfase.

**6.-Atenuación:** Es la disminución en la intensidad que sufre el sonido al atravesar un medio, y es el resultado de los siguientes fenómenos:

- **Absorción:** Parte de la energía se transfiere al medio en forma de calor, debido al trabajo que supone el movimiento de la energía acústica por el medio. Este fenómeno se usa con fines terapéuticos.
- **Reflexión:** Parte de la energía es devuelta al transductor tras chocar con diversas interfases generadoras de "ecos". Es el único fenómeno que genera la imagen y es el usado con fines diagnósticos.
- **Dispersión:** Parte de la energía no es útil en la formación de la imagen, debido a que el sonido se propaga por el medio cambiando de dirección.

La atenuación depende de la frecuencia del sonido y por tanto del transductor y, de la naturaleza del medio por el que se propague (densidad, heterogeneidad y número de interfases). A mayor frecuencia utilizada, mayor atenuación del sonido y por tanto, menor profundidad a la que se puede obtener información útil. Sin embargo, aunque existe una menor penetración, con altas frecuencias se consigue una mayor resolución al disminuir la longitud de onda ( $\lambda$ ).

La atenuación se mide en decibelios (dB) que es una medida relativa, que compara niveles de potencia o intensidad.

La atenuación media estimada en los tejidos humanos es de 1dB por cada cm atravesado y por cada Mhz usado.

**7.-Intensidad (I):** la intensidad de una onda ultrasónica se define como la energía por unidad de superficie. La intensidad describe la distribución espacial de la potencia acústica. Cuando la onda se trasmite en un medio, esta va perdiendo progresivamente intensidad, por efecto del rozamiento, la atenuación, etc. La intensidad se calcula dividiendo la potencia entre el área sobre la que se distribuye aquella:

$$I (\text{w/cm}^2) = \text{Potencia (w)} / \text{área (cm}^2)$$

La dirección de propagación variará en un medio biológico, cualquiera que este sea pues está constituido por diferentes tejidos con distintas densidades e impedancias. Parte de la intensidad de la onda incidente se reflejará y por tanto la onda transmitida verá reducida su intensidad de manera progresiva y proporcional a la distancia propagada.

Asimismo las propiedades elásticas del material, hacen necesario una cierta cantidad energía, para inducir el movimiento vibratorio a las partículas con las que chocan las ondas arrancándolas de su situación de equilibrio. Esta pérdida de energía es acumulativa a medida que aumenta el número de partículas vibrantes. Por ello la amplitud es menor cuanto más lejos nos situemos del transmisor.

El rozamiento entre las partículas al oscilar, produce una pérdida de energía por calentamiento, que también es acumulativa como la anterior. En los medios líquidos también influye su viscosidad.

Todas estas características explican que cuando incidimos sobre un medio biológico con un haz ultrasónico y obtenemos imágenes visuales por la reflexión del mismo, a través de la computadora; ésta pierde en calidad y resolución a medida que nos alejamos en profundidad de la superficie emisora (transductor). Igualmente la imagen es nula o con artefactos cuando se interpone en la dirección del haz tejido óseo o contenido gaseoso.

Para compensar en parte la atenuación que se va produciendo en el haz ultrasónico y que es máxima en los tejidos más distales, en todos los equipos hay un sistema de compensación: la curva de compensación de la ganancia con la profundidad (CTG).

8.- La potencia acústica (vatios –w- o milivatios –mW-) mide la cantidad de energía acústica por unidad de tiempo.

### 5.2.2. Instrumentación

Todos los equipos de ultrasonidos tienen 3 elementos básicos: sonda, equipo electrónico y sistema de representación de la imagen.

1. La sonda está formada por un transductor (disco de material piezoeléctrico), conexiones eléctricas, lentes focalizadoras, material absorbente... todo rodeado por una carcasa de plástico.

El transductor convierte la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa debido al “efecto piezoeléctrico” (Pierre Curie, 1880). El material piezoeléctrico es un tipo de cristal que tiene la capacidad de modificar su forma (vibra y se deforma, comprimiéndose y dilatándose) cuando se le somete a un campo eléctrico, así como de generar potenciales eléctricos cuando es comprimido. El grado de deformación mecánica es directamente proporcional a la magnitud del voltaje aplicado.

La frecuencia de vibración depende del material del transductor (espesor, tipo y forma de polarización), constituyéndose un rango o banda de frecuencias tras la estimulación eléctrica que se denomina “amplitud de banda”.

El cristal puede generar ondas de forma continua lo que requiere dos cristales o pulsada. En este último caso un sólo cristal que es emisor y receptor a la vez. Emite ondas el 1% del ciclo y recibe el 99% del tiempo restante.

#### ***Características del haz de US:***

El haz de ultrasonidos se desplaza perpendicular a la superficie del transductor. Su tamaño depende del diámetro del cristal y de la longitud de onda  $\lambda$ , variando su forma con la profundidad: suele ser cilíndrico en la zona proximal (campo cercano, próximo o *zona de Fresnel*: es el espacio entre el transductor y el foco), y cónico divergente en la parte

distal (campo lejano o *zona Fraunhofer*: zona más allá del foco). Ambas zonas están separadas por la *zona focal* (la de mayor resolución).

Actualmente se utilizan transductores electrónicos que están compuestos por múltiples elementos, obtenidos a partir del corte fino de una pieza de material piezoeléctrico en numerosas pequeñas unidades, cada una de ellas con sus propios electrodos y asociando múltiples focos.

Una misma sonda puede disponer de varios cristales que son pulsados electrónicamente de manera que una misma sonda puede emitir en varias frecuencias.

También se puede seleccionar electrónicamente la profundidad del campo que se desea focalizar (transductores en disposición en fase). Y además con la técnica confocal, es posible mantener una focalización continua en toda la profundidad del campo.

2. Equipo electrónico: La llegada de ecos a la superficie del transductor hace que se produzcan pequeños voltajes a través de los elementos piezoeléctricos. El receptor es capaz de detectar y amplificar (CGT) las señales, enviándolas al sistema de representación.

Aunque los ecos procedentes de tejidos profundos son más débiles que aquellos procedentes de estructuras más superficiales, es posible amplificar la señal de los primeros o suprimir las originadas en los tejidos más superficiales, para conseguir una apariencia uniforme gracias a la curva de compensación ganancia – tiempo (CGT).

El rango dinámico es la relación entre las amplitudes más altas y las más bajas. Se expresa en dB. En la práctica clínica es de hasta 120dB. Sin embargo, las representaciones en escala de grises se limitan a un rango dinámico de 30-40 dB.

Incluye el monitor, sistemas de impresión y de almacenaje (vídeo, CD). La imagen se puede representar en el monitor de distintos modos: modo A (Amplitud), modo M (Movimiento), modo B (Brillo) y Modo D (Doppler).

El modo B representa la imagen en tiempo real y en escala de grises. Genera imágenes bidimensionales (2D) de los ecos que parten del objeto estudiado, con un brillo proporcional a su amplitud. Dependiendo de la intensidad de la corriente eléctrica inducida por el cristal en cada punto biológico, se le adjudica a este un determinado tono de gris dentro de la gama preestablecida. La labor del ecógrafo o sistema computador, consiste en elaborar una imagen ecográfica, visible en la pantalla de un monitor en gama de grises dependiendo de las características del tejido sobre el que incide el haz de ultrasonidos.

Los equipos actuales de tiempo real, reproducen imágenes estáticas, obtenidas sucesivas y muy rápidamente (15-60 cortes por segundo), de forma que el ojo humano las percibe con movimiento como una secuencia cinematográfica. Dependiendo del número de imágenes por segundo que pueda mostrar el aparato, obtendremos mayor información del órgano explorado, sobre todo de aquellos que tienen movimiento como latidos vasculares, cambios con maniobras específicas, etc. Los aparatos tienen una memoria digital de 512x512 o de 512 x 640 píxeles de almacenamiento de valores de intensidad de eco, con 28-256 matices de grises por cada píxel.

### 5.2.3. Calidad de la imagen

Los factores que determinan la calidad de la imagen de US son la resolución espacial, resolución de contraste, resolución temporal y la ausencia de artefactos en general.

**Resolución espacial:** Es la capacidad que tiene el equipo de discernir entre 2 puntos próximos. Se refiere fundamentalmente a la resolución axial y a la lateral:

La resolución axial es aquella que permite discriminar entre 2 puntos situados en el eje de transmisión del haz de US (longitudinal). Depende de la longitud de onda  $\lambda$  y por tanto no se pueden diferenciar dos puntos que estén situados a una distancia menor que la longitud de onda utilizada. Por tanto, a menor  $\lambda$  (mayor frecuencia), mayor resolución axial.

La resolución lateral es aquella que permite discriminar entre 2 puntos situados en el eje perpendicular al haz de US (transversal). Depende de la anchura del haz US. Cuanto menor sea la anchura, mayor resolución. Puede controlarse mediante el enfoque del haz, de forma que se adecue la menor anchura del haz a la profundidad que se desee explorar.

**Artefactos:** Son errores en la representación de la señal que no están presentes en la interfase que les dio origen. Se pueden producir en la apreciación de la localización de la interfase o en la intensidad del eco que proviene de ella. Su producción se relaciona con el hecho, de que la formación de la imagen se fundamenta en varios supuestos que no son totalmente ciertos, tales como:

1. La velocidad del US en el organismo es constante (1.540 m/seg)
2. El sonido avanza en línea recta
3. Los ecos detectados por el transductor, están localizados en el eje principal del haz US
4. Los ecos que tardan más tiempo en llegar al transductor proceden de zonas más profundas.

No siempre los artefactos tienen un efecto negativo en la interpretación de la imagen. De hecho, los artefactos de atenuación se utilizan habitualmente en la caracterización de lesiones, tal es el caso de la "sombra acústica" por ausencia de señal distal al reflector que atenúa el sonido y que se produce típicamente tras el hueso, los cálculos, el aire.... Por el contrario el refuerzo acústico o aumento de la amplitud del sonido detrás de una estructura, indica que esta es homogénea con pocas interfases y en la mayoría de los casos líquida.

**Caracterización tisular:** La caracterización tisular de un determinado tejido, se determina según todas sus características de comportamiento frente a los ultrasonidos.

Aquellos tejidos con mayor velocidad de transmisión y menor impedancia y rozamiento son los que menor reflexión de ondas producen. El cristal receptor experimenta escasa vibración. Esto produce una mínima corriente eléctrica o ausencia de ella, que se transmite al computador central y éste su vez, lo traduce a la pantalla del monitor en áreas casi negras o negras, llamadas por éste motivo las primeras hipoecogénicas o hipoecoicas y las segundas anecoicas o sonolucetas.

Por otro lado en aquellos tejidos con elevada impedancia y velocidad de propagación como el hueso, la absorción y reflexión del haz de ultrasonidos es muy alta. La onda mecánica reflejada en cada punto, hace vibrar el cristal e induce una corriente eléctrica que el computador del ecógrafo traduce como una imagen blanca más o menos brillante. La gran cantidad de ondas ultrasónicas reflejada determina la denominación de hiperecogénicas a estas imágenes.

Dentro del margen de niveles de eco detectables (rango dinámico), pueden encontrarse ecos de cualquier valor. Cada uno de estos valores debería dar en la pantalla un punto con un nivel de luminosidad o gris proporcional.

Sin embargo, el ojo humano no es capaz de discernir más de 20 a 25 valores diferentes de luminosidad y por otro lado la codificación de tantos niveles encarecería innecesariamente los equipos. Por estos motivos se divide el rango dinámico en una serie de escalones y se asigna un determinado valor de gris a todos los ecos comprendidos en cada uno. El número de bandas corresponde a los niveles de gris y representa la capacidad del equipo para diferenciar los valores de eco muy próximos.

En la práctica se suele trabajar con escalas entre 32-64 niveles diferentes. Un número menor restaría información y un número mayor no sería apreciado por el explorador. La valoración estos niveles de grises, permite aproximarse a una interpretación tisular, ante una imagen ecográfica concreta. El brillo o luminosidad del tejido es proporcional a la amplitud (en decibelios) de las ondas ultrasónicas reflejadas.

El aire, por tener una impedancia tan baja (0,0004 gr/s. cm<sup>2</sup>), dificulta mucho la propagación de ondas mecánicas en general y en particular del ultrasonido, por lo que constituye una barrera a su transmisión. La presencia de gas en un órgano produce un efecto de reverberación muy brillante. Si es abundante, además, impide la visión de los tejidos situados en profundidad a él, siguiendo la dirección del haz.

#### 5.2.4. Ecografía Doppler

##### 5.2.4.1.- Efecto Doppler

Cuando un sonido de alta frecuencia choca con una interfase estacionaria, el US reflejado tiene esencialmente la misma frecuencia o  $\lambda$  que el sonido transmitido. Pero si la interfase causante de la reflexión se mueve con respecto al haz de US emitido, existe un cambio en la frecuencia del sonido dispersado por dicha interfase; este efecto es conocido como efecto Doppler.

Este cambio de frecuencia es directamente proporcional a la velocidad de la interfase causante de la reflexión, según la siguiente ecuación (ecuación Doppler), descrita en 1842 por Christian Doppler:

$$DF = FR - FT = 2 FT v \cos \theta / c$$

donde:

DF = cambio de frecuencia Doppler (diferencia entre FR y FT: Doppler shift)

FR = frecuencia del sonido reflejado

FT = frecuencia del sonido emitido

v = velocidad de la estructura móvil con respecto al transductor (hematíes)

c = velocidad del sonido en el medio (cte: 1540 m/seg)

$\cos \theta$  = Ángulo Doppler: ángulo entre el eje del flujo y el haz de US que incide

Siempre que se pueda medir el ángulo Doppler, es posible calcular la velocidad del flujo.

Cuando el ángulo Doppler ( $\theta$ ) se aproxima a  $90^\circ$  (la sangre circula perpendicular a la línea de exploración, es decir paralela al transductor), su cos tiende a 0 y por ello, no existe movimiento relativo de la estructura hacia o desde el transductor, como consecuencia de lo cual, no se detecta frecuencia Doppler y no hay efecto Doppler.

El máximo de DF ocurre cuando el haz incidente es paralelo al eje del flujo sanguíneo ( $\theta$   $0^\circ$ ) porque el flujo se dirige frontalmente hacia el transductor, pero para esto la sangre debería circular paralela a la dirección del movimiento y esto es muy difícil de conseguir en la práctica clínica. El ángulo Doppler  $\theta$  suele estar entre  $40-60^\circ$ .

La modalidad Doppler habitualmente manejada en el estudio abdominal es la que utiliza onda pulsada en la que un solo cristal emite y recibe la señal. Permite registrar y analizar los DF que ocurren a una profundidad determinada sin sobreponer la señal Doppler procedente de otras regiones. El demodulador compara la fase de los ecos recibidos con la fase de las ondas emitidas, obteniendo la DF. La selección de la profundidad en la cual se desea registrar DF se hace en función del tiempo que se permite al cristal "escuchar el eco" (range gated). Un cursor electrónico permite seleccionar la muestra de flujo (volumen de muestra), en el área en que se desea interrogar al vaso en estudio; se controla así la morfología, profundidad y posición del flujo a estudiar.

Frecuencia de Repetición de Pulso (PRF): Es la cantidad de pulsos emitidos por el transductor en la unidad de tiempo. Determina el intervalo de tiempo entre pulsos y es importante a la hora de determinar la profundidad útil de la exploración. Así puede espaciarse la emisión de los pulsos de forma que haya tiempo suficiente para permitir al sonido alcanzar la profundidad de interés y regresar antes del envío del siguiente pulso. Se utilizan PRF entre 1-10 KHz que suponen un tiempo de 0.1-1 mseg entre pulsos.

#### 5.2.4.2.- Representación de la señal Doppler

**Modo acústica:** Es subjetivo (depende de un explorador experto) y no se puede cuantificar.

**Modo color:** la información del flujo (presencia, dirección y velocidad) se representa como una característica de la imagen en si misma, mediante un código de color. Permite un cálculo semicuantitativo del flujo a través de parámetros tales como: la cromancia (tono) según la dirección del flujo (rojo se acerca al transductor; azul se aleja), la saturación según la velocidad del flujo y la luminosidad.

Permite fundamentalmente observar la posición y orientación del vaso, detectando zonas patológicas y mejora la visualización de vasos pequeños no identificables en modo B.

**Modo espectral:** Determina la presencia, dirección y características del flujo sanguíneo. La gráfica muestra la amplitud relativa de cada una de las frecuencias que componen la señal Doppler. Mediante la transformada rápida de Fourier se obtiene una gráfica o espectro de onda de las distintas velocidades y direcciones de los hematíes dentro de los vasos. La gráfica representa la variación en el tiempo (eje x) de las frecuencias Doppler (eje y: rango de frecuencias o anchura de espectro), siendo las frecuencias máximas en un determinado momento los límites del espectro. La amplitud del espectro es la intensidad que indica donde se localiza el mayor número de hematíes.

**Modo Doppler-duplex:** imagen bidimensional en tiempo real en modo B y Doppler (color y/o espectro)

**Angio-Doppler (Power Doppler; Doppler de amplitud; Doppler energía):** Representa la potencia integrada de la señal Doppler empleando la información sobre amplitud de señal Doppler (en vez de su cambio de frecuencia media en una posición determinada). Así, detecta la densidad de la masa de eritrocitos en vez de su velocidad. La amplitud depende del número de hematíes, tamaño del vaso y atenuación de los tejidos.

Tiene una sensibilidad 3-5 veces mayor que el Doppler color, por lo que detecta flujos lentos en vasos pequeños y distales. Además es menos dependiente del ángulo Doppler y no se produce aliasing. Tiene el inconveniente de no ofrecer información sobre la velocidad o la dirección del flujo.

#### 5.2.4.3.- Interpretación de la señal Doppler

**Índices espectrales:** se obtienen con velocidades (cm/seg) o frecuencias (KHz). Como son una relación entre frecuencias o velocidades Doppler, no dependen del ángulo. Calculan la impedancia distal del lecho vascular.

Índice de pulsatilidad  $IP = \frac{VPS - VTD}{VM}$

Índice de resistencia  $IR = \frac{VPS - VTD}{VPS}$

Ratio sístole-diástole  $S-D = \frac{VPS}{VTD}$

donde:

VPS: Velocidad pico sistólico: velocidad en cm/seg en el pico sistólico del trazado espectral.

VTD: Velocidad telediastólica: velocidad en cm/seg en el punto mínimo de la diástole del trazado espectral

VM: Velocidad media: promedio de los picos de velocidad en el tiempo (trazado espectral)

**Onda venosa:** En general ofrece un trazado espectral continuo monofásico (sin sístole ni diástole) de baja frecuencia, con variaciones suaves debidas a la respiración y a la presión abdominal.

**Onda arterial:** Es una onda espectral multifásica (componentes sistólico y diastólico). Básicamente existen 2 tipos:

-De alta resistencia (flujo tapón, plug-flow,): el prototipo es el flujo de las extremidades. Todos los hematíes se mueven a la misma velocidad en el centro y la periferia del vaso. Se distinguen 3 componentes: sistólico marcado, inicio de diástole bajo/invertido y final diastólico anterógrado; de gran pulsatilidad, con reducido ancho de banda y ventana espectral abierta. Estos flujos están definidos por una marcada diferencia entre velocidad pico sistólica y la telediastólica.

-De baja resistencia (flujo laminar, parénquimas): los hematíes por el centro del vaso van a mayor velocidad que los de la periferia. La onda espectral tiene baja pulsatilidad, con una diástole alta.

***Fenómeno de aliasing*** Es un término, no traducible al español que designa una limitación de los sistemas Doppler pulsado para medir el flujo en los vasos situados en la profundidad. En principio, un pulso no debe emitirse hasta que haya retornado el eco del pulso precedente; conforme aumenta la profundidad, es necesario disminuir la frecuencia de repetición de pulsos (PRF) para permitir que cada uno tenga tiempo suficiente para un viaje ida y vuelta, y así calcular la DF.

La PRF también determina la profundidad máxima a la que pueden obtenerse datos no ambiguos.

Cuando el PRF es menor que 2 veces el máximo cambio de frecuencia producido por el movimiento de la estructura que se explora (límite Nyquist), surge el fenómeno de aliasing, que se manifiesta en el espectro como un pico por debajo de la línea de base y representa un valor erróneo tanto de la velocidad como de la frecuencia.

Cuando el PRF es menor que 2 veces el cambio de frecuencia detectado, los cambios de frecuencia representados son menores a los que realmente existen. Debido a la necesidad de utilizar PRF bajos en el estudio de vasos profundos, las señales obtenidas a partir de las arterias abdominales profundas están sujetas al fenómeno de aliasing, cuando existe un flujo de alta velocidad.

Para evitar el aliasing se puede aumentar la PRF, aumentar el ángulo Doppler (disminuye el cambio de frecuencia), disminuir la profundidad del campo de visión, o disminuir la frecuencia de emisión (aumenta la profundidad).

## **II.- JUSTIFICACIÓN DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS**

## **ORIGEN DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Tras diez años de experiencia en ecografía general nos enfrentamos al diagnóstico y tratamiento de la invaginación en niños. En los primeros casos encontramos problemas para diferenciar por ecografía asas engrosadas o incluso asas normales colapsadas de verdaderas invaginaciones. El enema baritado que realizábamos a continuación, en ocasiones, caso de no ver claramente la cabeza de la invaginación, tampoco aclaraba el diagnóstico. Era difícil saber si no había habido invaginación o si ésta se había reducido muy rápidamente. Por otro lado, en invaginaciones manifiestas las imágenes ecográficas parecían características con un centro en semiluna muy ecogénico que recordaba al de las lesiones grasas vistas en otras patologías, como el mesoapéndice inflamado en apendicitis o el quiste dermoide ovárico. La búsqueda de información acerca del diagnóstico ecográfico de la invaginación evidenciaba opiniones discrepantes, aceptándose en general que las imágenes de invaginación eran inespecíficas y el centro ecogénico de la invaginación era debido a la mucosa.

Sin embargo, además de nuestra experiencia, trabajos experimentales habían ya demostrado que la mucosa no era hiperecogénica, sino hipoecoica. Los casos observados por US generaron dibujos explicativos de los posibles componentes de la invaginación que resultaban aparentemente satisfactorios. Sin embargo, la hipótesis formulada discrepaba de la teoría mundialmente aceptada en cuanto a los componentes de la invaginación y a la especificidad en lo que a la imagen se refiere. La supuesta falta de especificidad era argumentada por algunos para desechar el US como arma diagnóstica.

Ante esta situación que no nos parecía razonable, diseñamos un trabajo que pudiera hacer frente a una interpretación aceptada pero no comprobada, y que provenía de uno de los más prestigiosos radiólogos pediátricos mundiales (64). La única forma de que la hipótesis pudiera ser admitida, sería su demostración fehaciente mediante cortes histológicos. Llevar esto a cabo en un niño era casi imposible y en cualquier caso, nunca se resecó en bloque una invaginación no complicada. Invaginamos intestinos de animales

cedidos por un carnicero, pero estaban demasiado limpios, no tenían mesenterio, ni mucosa. En vista de ello, provocamos tres invaginaciones intestinales en cerdos anestesiados con la ayuda del Dr. Passas y colaboradores mediante la introducción en un primer caso, del ileon terminal en el ciego. En días sucesivos realizamos otras dos invaginaciones, una de intestino delgado introduciendo lo que podría ser un ganglio o un acúmulo graso mesentérico, y de nuevo otra invaginación ileocólica intentando dejarla durante un tiempo para valorar cambios isquémicos. Por desgracia, esta última invaginación evolucionó solo unas horas. Con las piezas en bloque realizamos el estudio de ecografía *in vitro*. Con ciertas dificultades finalmente conseguimos obtener aquellas imágenes que con mayor fidelidad representaban las imágenes vistas con anterioridad en niños. Ya sólo quedaba obtener los cortes histopatológicos adecuados. José Luis González, profesor de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense, realizó con gran destreza en los lugares precisos y de una forma totalmente desinteresada los cortes adecuados. Conseguimos una correlación magnífica. La posibilidad de llegar a identificar las 15 capas que componían los diferentes anillos de la invaginación era un logro que demostraba la alta capacidad de resolución de la ecografía y por tanto sus posibilidades, además de en la clínica, en la investigación. Algo impensable para algunos grupos para los que la ecografía estaba desprestigiada.

## **JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS.**

El diagnóstico de la invaginación se fundamenta en el enema con medios de contraste o aire bajo radioscopia, que es una técnica de alta precisión, pero que tiene dos inconvenientes importantes: utiliza radiación y por tanto puede incrementar el número de cánceres en la población infantil a largo plazo, y por otro lado es un método potencialmente lesivo (riesgo de perforación) o al menos incómodo para el paciente.

El US es una técnica inocua a la que se atribuye que puede resultar confusa, aunque por experiencia sabemos que manejado adecuadamente y adquiriendo experiencia en su uso puede aportar un buen rendimiento en el diagnóstico de la invaginación. Las teorías

vigentes sobre las imágenes US de invaginación pensamos que no concuerdan con los conocimientos generales de US: la grasa es hiperecogénica no así la mucosa. Creemos que puede mejorarse mucho la interpretación de las imágenes, con lo que podemos mejorar la precisión diagnóstica.

Con la finalidad de evitar radiación hemos planteado un trabajo clínico y experimental que mejore el diagnóstico con US, afinando más el método y tratando de encontrar interpretaciones de imágenes objetivas que minimicen el problema que supone el ser una técnica “operador dependiente”. En este trabajo nos hemos propuesto los objetivos que se exponen en el siguiente capítulo.

### **III.- OBJETIVOS**

## **OBJETIVO GENERAL**

Incrementar la precisión diagnóstica de la ultrasonografía en la invaginación, generando confianza en el uso de la misma para el cribaje de esta patología, e igualmente contribuir a la disminución de la radiación y de los costes en el manejo de la invaginación en niños.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar los rasgos distintivos característicos de la imagen US de la invaginación, que permitan diferenciarla de otras patologías del tubo digestivo.
2. Encontrar una explicación satisfactoria de los componentes ultrasonográficos de las imágenes básicas de invaginación, hasta ahora origen de controversia dada su complejidad, y hecho fundamental para comprender los diferentes signos descritos para el diagnóstico tanto de la invaginación no complicada como de la isquémica.
3. Determinar la frecuencia y el significado de la presencia de líquido en el interior de la invaginación detectado mediante ecografía y valorar su relación con irreductibilidad e isquemia en el intestino involucrado.
4. Objetivar, detallar y explicar las diferentes variantes que se pueden observar en la imagen US de la invaginación para optimizar su diagnóstico.

## **IV. PUBLICACIONES**

**US findings with pathologic correlation—the crescent-in-doughnut sign.**

del-Pozo G, Albillos JC, Tejedor D.

Radiology 1996; 199:688-692 Copyright © 1996 by Radiological Society of North America

Radiology es la revista con mayor difusión y prestigio en la radiología mundial.

Factor de impacto Radiology 1996: 4,698

COMENTARIOS DE LOS CORRECTORES

El editor de la revista Stanley. S. Siegelman adjuntó con la aceptación del manuscrito, los siguientes comentarios de los 3 correctores del artículo:

1. “The goal of the authors of this report is to define the sonographic depiction of the layers of the *intussusceptum/ intussusciens* complex. In order to do this, they surgically created an intussusception in three porcine subjects, and correlated the sonographic findings to the histopatological information. They further analyze the sonographic findings in 44 pediatric patients who underwent saline-guided reduction of their intussusceptions. In doing so, the authors have succeeded admirably in their stated goal. This is an excellent and timely report, which terminates much conjectural information currently permeating this portion of the radiological, pediatric and surgical literature”.
2. “The pig model work is elegant and the histopathologic correlations are descriptive....I believe this manuscript will add to the current thinking about the diagnosis of intussusception with ultrasound.... The histopathologic correlation with ultrasound in the pig model is admirable.”
3. “The applicability of these findings in North America is somewhat limited because US is not routinely used for either the diagnosis or treatment of intussusception. Nonetheless, US has been used successfully for this purpose in Europe for at least a decade, and knowledge of US appearances specific for intussusception would be important to all radiologists dealing with children.”

## CITACIONES EN PUBLICACIONES, LIBROS E INTERNET

### **1-Publicaciones**

El trabajo ha sido citado en 30 publicaciones posteriores.

a) Recientemente ha sido referido en artículos de autores acreditados como expertos en la materia, en los siguientes términos:

“The imaging diagnosis of IT can be made with sonography....This article highlights the current concepts and some controversial issues related to the imaging diagnosis of IT. The detailed imaging appearances of IT using the various modalities are beyond the scope of this article, as these have already been documented in the literature exceptionally well (citas del-Pozo et al).

An extremely useful differentiating sonographic feature is the fact.....del-Pozo et al. have call this characteristic feature of IT the “crescent in doughnut” sign”.

Daneman A, Navarro O. Intussusception. Part 1: A review of diagnostic approaches. *Pediatr Radiol* **2003**; 33:79-85(98). Daneman es uno de los autores que más ha publicado sobre invaginación en el mundo (más de 100 “entradas” en google)

b) Ha contribuido a la mejora del diagnóstico de la invaginación en niños. Artículos recientes proponen un cambio en el manejo de los niños con sospecha de invaginación hacia el screening sonográfico (38). Hasta ahora esta patología había sido manejada con enema aéreo o con contraste para su diagnóstico en buena parte del mundo y en la mayoría de los hospitales de EE.UU, con la consiguiente irradiación, molestias y enmascaramiento de otras patologías que podía conllevar este proceder.

“Intussusception can be readily diagnosed by sonography in de hands of skilled sonographers familiar with the diagnosis and his findings.” (citas del-Pozo et al.)....At our institution, sonography is used to identify patients with IT and has considerably decreased de number of negative enemas performed”. Strouse P J. Imaging and the child

with abdominal pain. Singapore Med J 2003 Vol 44(6):312-322(99). Universidad de Michigan.

c) Carta al editor por una de las más prolíficas autoras europeas que han investigado sobre invaginación, Rohrschneider W.K. Universidad de Heidelberg, defendiendo el interés de nuestro trabajo frente al de Britton and Wilkinson (mal interpretación de nuestros hallazgos):

The authors measured “colonic wall thickness” and found that it “was not a significant prognostic factor in determining outcome.” However, the over 7- mm-thick structure marked in the figures represents more likely the returning limb of the intussuscepted small bowel than the colon. This assumption is supported by a study by del-Pozo et al. who presented a beautiful pathologic correlation of the US appearance of intussusception...

Rohrschneider W.K., Ultrasound features of intussusception predicting outcome or air enema by Britton and Wilkinson. *Pediatr Radiol* 2000; 30:716.

Ha sido origen de otros trabajos, ayudando al diagnóstico de la invaginación también en adultos y citado en publicaciones de las más prestigiosas revistas de radiología (Radiology, AJR, *Pediatric Radiol*), ecografía (JCU), pediatría, cirugía, veterinaria etc. A continuación se detallan las publicaciones en las que este artículo ha sido citado:

*Joseph, T; Desai, AL*

Retrograde intussusception of sigmoid colon  
*J ROY SOC MED*, 97 (3): 127-128 MAR 2004

*Henrikson, S; Blane, CE; Koujok, K; et al*

The effect of screening sonography on the positive rate of enemas for  
intussusception  
*PEDIATR RADIOL*, 33 (3): 190-193 MAR 2003

*Dean, AJ; Lafferty, K; Villanueva, TC*

Emergency medicine bedside ultrasound diagnosis of intussusception in a patient with chronic abdominal pain and unrecognized Peutz-Jeghers syndrome  
J EMERG MED, 24 (2): 203-210 FEB 2003

*Daneman, A; Navarro, O*

Intussusception - Part 1: A review of diagnostic approaches  
PEDIATR RADIOL, 33 (2): 79-85 FEB 2003

*O'Malley, ME; Wilson, SR*

US of gastrointestinal tract abnormalities with CT correlation  
RADIOGRAPHICS, 23 (1): 59-72 JAN-FEB 2003

*Scivani, PV*

Assessing diagnostic accuracy in veterinary imaging  
VET RADIOL ULTRASOUN, 43 (5): 442-448 SEP-OCT 2002

*Babcock, DS*

Sonography of the acute abdomen in the pediatric patient  
J ULTRAS MED, 21 (8): 887-899 AUG 2002

*Koumanidou, C; Vakaki, M; Pitsoulakis, G; et al*

Sonographic detection of lymph nodes in the intussusception of infants and young children: Clinical evaluation and hydrostatic reduction  
AM J ROENTGENOL, 178 (2): 445-450 FEB 2002

***Mirilas, P; Koumanidou, C; Vakaki, M; et al***

Sonographic features indicative of hydrostatic reducibility of intestinal intussusception in infancy and early childhood

EUR RADIOL, 11 (12): 2576-2580 2001

***Sofia, S; Casali, A; Bolondi, L***

Sonographic diagnosis of adult intussusception

ABDOM IMAGING, 26 (5): 483-486 SEP-OCT 2001

***Tiao, MM; Wan, YL; Ng SH; et al***

Sonographic features of small-bowel intussusception in pediatric patients

ACAD EMERG MED, 8 (4): 368-373 APR 2001

***Yoon, CH; Kim, HJ; Goo, HW***

Intussusception in children: US-guided pneumatic reduction - Initial experience

RADIOLOGY, 218 (1): 85-88 JAN 2001

***Rozycki, GS; Cava, RA; Tchorz, KM***

Surgeon-performed ultrasound imaging in acute surgical disorders

CURR PROB SURG, 38 (3): 151-212 MAR 2001

***Balci, NC; Radjazi, S; Polat, H***

Adult intussusception secondary to inflammatory fibroid polyp: demonstration by MRI

EUR RADIOL, 10 (11): 1708-1710 2000

*Pumberger, W; Hornmann, M; Pomberger, G; et al.*

Sonographic diagnosis of intussusception of the appendix vermiformis  
J CLIN ULTRASOUND, 28 (9): 492-496 NOV-DEC 2000

*Rohrschneider, WK*

Ultrasound features of intussusception predicting outcome of air enema by Britton  
and Wilkinson  
PEDIATR RADIOL, 30 (10): 716-716 OCT 2000

*Ledermann, HP; Bomer, N; Strunk, H; et al.*

Bowel wall thickening on transabdominal sonography  
AM J ROENTGENOL, 174 (1): 107-117 JAN 2000

*Heller, RM; Hernanz-Schulman, M*

Applications of new imaging modalities to the evaluation of common pediatric  
conditions  
J PEDIATR, 135 (5): 632-639 NOV 1999

*Peh, WCG; Khong PL; Lam, C; et al.*

Reduction of intussusception in children using sonographic guidance  
AM J ROENTGENOL, 173 (4): 985-988 OCT 1999

*John, SD*

Trends in pediatric emergency imaging  
RADIOL CLIN N AM, 37 (5): 995-+ SEP 1999

***Britton, I; Wilkinson, AG***

Ultrasound features of intussusception predicting outcome of air enema  
PEDIATR RADIOL, 29 (9): 705-710 SEP 1999

***Anderson, DR***

The pseudokidney sign  
RADIOLOGY, 211 (2): 395-397 MAY 1999

***Dide, O; Erbay, G; Hacıyanli, M; et al.***

Inflammatory fibroid polyp presenting with intestinal invagination: Sonographic and  
correlative imaging findings  
J CLIN ULTRASOUND, 27 (2): 89-91 FEB 1999

***Ballard, RB; Rozycki, GS; Knudson, MM; et al.***

The surgeon's use of ultrasound in the acute setting  
SURG CLIN N AM, 78 (2): 337-+ APR 1998

***McAlister, WH***

Intussusception: Even Hippocrates did not standardize his technique enema  
reduction  
RADIOLOGY, 206 (3): 595-598 MAR 1998

***Steinberg ML; Nisenbaum, HL; Horii, SC; et al.***

Post-Cesarean section pain secondary to intussuscepting colonic adenocarcinoma  
ULTRASOUND OBST GYN, 10 (5): 362-365 NOV 1997

*Lopez-Kostner, F; Hool, GR; Lavery, IC*

Management and causes of acute large-bowel obstruction  
SURG CLIN N AM, 77 (6): 1265-+ DEC 1997

*Peh, WCG; Khong PL; Lam, C; et al.*

Ileoileocolic intussusception in children: diagnosis and significance  
BRIT J RADIOL, 70 (837): 891-896 SEP 1997

*Rohrschneider, W*

Intussusception  
RADIOLOGE, 37 (6): 446-453 JUN 1997

*Daneman, A; Myers, M; Shuckett, B; et al.*

Sonographic appearances of inverted Meckel diverticulum with intussusception  
PEDIATR RADIOL, 27 (4): 295-298 APR 1997

**2. Libros.** Este trabajo forma parte de los estudios incluidos en los libros de consulta habitual en radiología y ecografía entre los que se encuentran:

Jamieson D. and Stringer D.A. Small bowel. En Stringer D.A. and Babyn P.S. Pediatric Gastrointestinal Imaging and Intervention. Ed. Decker Inc. Hamilton. Second edition 2000 : 311-450.

Swischuk L.E. The Abdomen. En Swischuk L.E. Emergency Imaging of the Acutely Ill or Injured Child. Ed. Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia. Fourth Edition. 2000 Ch. 3: pag. 146-289.

Brooke Jeffrey R.Jr. and McGahan J.P. Gastrointestinal Tract and Peritoneal Cavity. En McGahan J.P. and Goldberg B.B. Ed. Diagnostic Ultrasound a Logical Approach. Ed. Lippincott-Raven. Philadelphia. 1997. Ch. 19: pag. 495-560.

John S.D. and Swischuk L.E... The Pediatric Gastrointestinal Tract. En Rumack C.M. , Wilson S.R. and Charboneau J.W.. Diagnostic Ultrasound. Mosby-Year Book Ed. Second edition. 1998. Vol 2: Ch . 60, Pag. 1717-1748.

Swischuk L.E. Imaging of de Newborn, infant and young child. Willians and Wilkins. Ed Marban S.L. Fifth edition. 2004. Pag. 421-425. (Edición original en inglés y traducida al español).

Cohen and Sivit. Ecografía fetal y Pediátrica. Casos y Syllabus. Ed. traducida al español Marban Libros S.L., pag. 441.

Siegel. Ecografía Pediátrica. Raven Pres New York. Ed. traducida al español Marban 2004. pag 356.

Kirks. Practical Pediatric Imaging, Diagnostic Radiology of Infants and Children 3ª ed. 2004 Ed The little Brown and Company. Boston. Pag. 317.

### **3.-Internet**

Existen 87 “páginas indexadas” en la búsqueda en google: “del Pozo G” intussusception. (Incluye los tres trabajos editados).

Esta incluido en la Web de cursos de enseñanza y guías de actuación de sociedades científicas como:

La Americana ACR nº 75.731. MedPix Radiology teaching files, cases and Medical Image Database...

La Británica: British Society of Paediatric Radiology draffy guidelines for suggested safe practice, Intussusception reduction. April2003

La española (SERAM).

Universidad de Michigan.Evidence-based pediatric web Site.

Seminaire D'Enseignement d' Imagerie Pédiatric. Dr, A, Couture. Epu Marseille

eMedicine consumer health.

Les nouvelles Scientifiques

Contemporary Pediatric R Archive...

### PREMIOS

Este trabajo ha recibido:

- Primer Premio en la XX Edición del Premio Philips de Ultrasonografía Diagnóstica, concedido por la Sociedad Española de Ultrasonidos (Sección de la SERAM) y Philips Sistemas Médicos, S.A. Madrid. España. 1997.

### CONFERENCIAS

He sido invitada para presentar estos trabajos sobre invaginación (incluye los tres trabajos editados) en distintos foros Nacionales e Internacionales:

#### *Internacionales:*

"Invaginación, diagnóstico y consideraciones terapéuticas". VII Curso de Radiología Pediátrica. Organizado por el Servicio de Radiología do Hospital Pediátrica de Coimbra. Portugal. 14 - 15 marzo 1997.

"Insusception in Children". 9<sup>th</sup> Annual Meeting and Postgraduate Course of European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology (ESGAR). Marbella. Málaga. España. 24 - 28 mayo 1998.

Update of Pediatric GI (gastrointestinal). Refresher Course. Educational Program Speaker. European Congress of Radiology. ECR'99. Vienna, Austria. 7 - 12 Marzo 1999.

#### *Nacionales:*

"Invaginación intestinal. Nuevos signos ecográficos". XIII Curso Internacional de Actualización en Ultrasonografía Diagnóstica (SEUS). Madrid. España. Abril 1997.

"Invaginación intestinal". III Congreso de Radiólogos de la Región Centro. Mérida. España. Mayo 1997.

"Invaginación intestinal. Diagnóstico ecográfico y consideraciones terapéuticas". Curso de actualidades en Radiodiagnóstico. Servicio de Radiología de la Clínica Universitaria de Navarra y Facultad de Medicina. Pamplona. España. Mayo 1997.

"Abdomen agudo infantil no traumático". XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM). Salamanca. España. Septiembre 1998.

"Abdomen agudo no traumático en la infancia". IX Jornada Diagnòstic per la imatge "Memorial Dr. Lluís Canosa". Curs D'Ecografic. Girona. España. Abril 1999.

"Diagnóstico por imagen en el abdomen agudo no obstructivo". XI Curso Monográfico de Urgencias de Pediatría avalado por la Sociedad Española de Urgencias Pediátricas. Hospital San Rafael. Madrid. España. Junio 2001.

Congreso Nacional de Radiología Pediátrica. Barcelona. febrero. 2003.

## RESUMEN DEL ARTICULO:

### US findings with pathologic correlation—the “crescent-in-doughnut” sign.

#### Propósito

Nuestro objetivo es hallar rasgos distintivos en la imagen ecográfica de la invaginación y dar una explicación satisfactoria a sus diferentes componentes. Clásicamente, la radiografía simple de abdomen y el enema baritado han sido los únicos métodos radiológicos usados en el diagnóstico de invaginación. Más recientemente se ha propugnado el uso de ultrasonidos (US) por diferentes autores tanto para el diagnóstico como para controlar la terapéutica con enema salino. Sin embargo, la mayoría de los autores coinciden en señalar que los signos US más utilizados como criterios diagnósticos de invaginación (“doughnut” en corte axial y “pseudorriñón” en corte longitudinal) no son patognomónicos. Por este y los motivos antes citados algunos autores llegan a no recomendar su uso en el screening de rutina, mientras que otros piensan que está por determinar su absoluta fiabilidad. Por otro lado, se han dado varias explicaciones a la imagen US de la invaginación sin que exista unanimidad al respecto.

#### Material y métodos

Se hizo una descripción comparativa entre el estudio ecográfico *in vitro* y el histológico en tres invaginaciones provocadas quirúrgicamente en animales, confrontándose sus resultados con los hallazgos ecográficos obtenidos en 44 casos de invaginación en niños, comprobada mediante enema de suero.

#### Resultados

En corte axial, la imagen ecográfica de la invaginación presenta un patrón en “doughnut”. La parte externa es un anillo hipoeoico compuesto por el *intussusceptum* evertido al regresar y, en menor grado, por el *intussuscipiens*. El centro del “doughnut” varía según el nivel al que se efectúe el corte. En la zona media y/o en la base de la invaginación se visualiza una imagen característica en semiluna ecogénica debida al

mesenterio abrazando al *intussusceptum* entrante, que hemos denominado signo del “crescent-in-doughnut”. En la punta de la invaginación solo se observa un centro hipoecoico debido al *intussusceptum* entrante por no existir mesenterio en esta zona.

### **Conclusión**

En este estudio se evalúan de forma detallada los diferentes componentes que conforman la imagen de invaginación. Describimos un signo que denominamos "crescent-in doughnut", producido por el mesenterio atrapado en la invaginación, que da rasgos distintivos a la imagen y puede significar una potencial mejora en el diagnóstico diferencial.

**Intussusception: trapped peritoneal fluid detected with US-- relationship to reducibility and ischemia**

G del-Pozo, J Gonzalez-Spinola, B Gomez-Anson, C Serrano, M Miralles, G Gonzalez-deOrbe, I Cano and A Martinez

Radiology, Vol 201, 379-383, Copyright © 1996 by Radiological Society of North America

Radiology es la revista radiológica de mayor difusión y prestigio mundial en el ámbito radiológico. Factor de impacto: 4.698 Radiology año 1996.

COMENTARIOS DE LOS CORRECTORES

El editor de la revista Stanley. S. Siegelman adjuntó el siguiente comentario de uno de los correctores del artículo, con la aceptación del manuscrito:

“I think that this is a very interesting work that enhances our understanding of the pathophysiology and imaging of intussusception.”

CITACIONES EN PUBLICACIONES, LIBROS E INTERNET

**1.-Publicaciones**

Los hallazgos originales de este trabajo han sido validados por otros trabajos con posterioridad en diferentes partes del mundo, colaborando al desarrollo del diagnóstico de la invaginación complicada, tanto en niños como en adultos y con otros métodos diagnósticos distintos del US, como son la TC y el enema aéreo:

1) Las imágenes de TC y las piezas quirúrgicas corroboran con gran fidelidad nuestros esquemas y trabajos:

“The fluid collection is considered to be extraluminal because the returning wall of the *intussusceptum* is everted. The order of the intraluminal and extraluminal spaces is reversed, and this reversed orientation should be kept in mind to realize that fluid or gas surrounded by the bowel wall is extraluminal. An en bloc resected specimen confirmed that the extraluminal fluid was trapped in the invaginated portion. In 1996, del-Pozo et al.

proposed the concept of trapped peritoneal fluid on sonography in cases of intussusception in infants. These authors speculated that the fluid was peritoneal transudate caused by vascular compromise. Our results agree with their speculation in the location of the fluid collection, its origin, and the association with vascular compromise... Therefore, in our series of adults, the significance of these factors, as reported by del-Pozo et al., appears to be almost the same in practice”.

T. Fujimoto, T. Fukuda, M. Uetani, Y. Matsuoka, K. Nagaoki, N. Asoh, I. Isomoto, T. Okimoto, H. Ohtani, N. Matsunaga, H. Mori, and K. Hayashi. Universidad de Nagasaki. Unenhanced CT Findings of Vascular Compromise in Association with Intussusceptions in Adults. *Am. J. Roentgenol.*, May 1, 2001; 176(5): 1167 - 1171.

2) Corroboran nuestros hallazgos en la desinvaginación con aire:

“The role of US in the assessment of patients with suspected intussusception is indisputable (cita “crescent in doughnut” del-Pozo)...The phenomenon of fluid trapped within the intussusception has been examined by del-Pozo et al..Whatever the aetiology of trapped fluid, it appears to be the most reliable factor in predicting incarceration in our study”.

Britton I, Wilkinson A.G. Glasgow. UK. Ultrasound features of intussusception predicting outcome of air enema. *Pediatr Radiol* 1999; 29:705-710.

3) Carta al editor por una de las más prolíficas autoras europeas que han escrito sobre invaginación (Rohrschneider W.K. Universidad de Heidelberg) defendiendo el interés de nuestro trabajo frente al de Britton and Wilkinson (mal interpretación de nuestros hallazgos):

The authors measured “colonic wall thickness” and found that it” was not a significant prognostic factor in determining outcome.” However, the over 7- mm-thick structure marked in the figures represents more likely the returning limb of the intussuscepted small bowel than the colon. This assumption is supported by a study by del-Pozo et al. who presented a beautiful pathologic correlation of the US appearance of intussusception...

The authors examined the ultrasound feature of trapped fluid and stated that this fluid is “trapped between the *intussusceptum* and the colonic wall.” Del-Pozo et al. also evaluated the influence of trapped fluid on conservative reducibility. They found this trapped fluid to be located between the entering and the returning limbs of the *intussusceptum* and stated that it represents peritoneal transudate.

Rohrscheneider W.K., Ultrasound features of intussusception predicting outcome or air enema by Britton and Wilkinson. *Pediatr Radiol* 2000; 30:716.

4) Recientemente ha sido referido en artículos de autores acreditados como expertos en la materia, en los siguientes términos:

“The imaging diagnosis of IT can be made with sonography....This article highlights the current concepts and some controversial issues related to the imaging diagnosis of IT. The detailed imaging appearances of IT using the various modalities are beyond the scope of this article, as these have already been documented in the literature exceptionally well (citas del-Pozo et al.).

Fluid trapped between ...has been shown to be associated with significantly lower reduction rate (Cita del-Pozo et al.), but del-Pozo et al. have shown that 26% of such cases could still be reduced.”

Daneman A, Navarro O. Intussusception. Part 1: A review of diagnostic approaches. *Pediatr Radiol* 2003; 33:79-85. Daneman es uno de los autores que más ha publicado sobre IT (más de 100 paginas en google)

Este artículo ha sido citado a su vez en 15 publicaciones de las más prestigiosas revistas de radiología (*Radiology*, *AJR*, *Pediatric Radiol*), ecografía (*JCU*), etc. A continuación se detallan las publicaciones en las que este artículo ha sido citado:

*Sirinelli D, Guilley C, Lardy H, et al.*

Reduction of acute intussusception: when and how?

*J RADIOL* 84 (3): 269-274 MAR 2003

*Daneman A, Navarro O*

Intussusception - Part 1: A review of diagnostic approaches  
PEDIATR RADIOL 33 (2): 79-85 FEB 2003

*Babcock DS*

Sonography of the acute abdomen in the pediatric patient  
J ULTRAS MED 21 (8): 887-899 AUG 2002

*Crystal P, Hertzanu Y, Farber B, et al.*

Sonographically guided hydrostatic reduction of intussusception in children  
J CLIN ULTRASOUND 30 (6): 343-348 JUL-AUG 2002

*Koumanidou C, Vakaki M, Pitsoulakis G, et al.*

Sonographic detection of lymph nodes in the intussusception of infants and young children: Clinical evaluation and hydrostatic reduction  
AM J ROENTGENOL 178 (2): 445-450 FEB 2002

*Mirilas P, Koumanidou C, Vakaki M, et al.*

Sonographic features indicative of hydrostatic reducibility of intestinal intussusception in infancy and early childhood  
EUR RADIOL 11 (12): 2576-2580 2001

***McHugh K***

Survey of intussusception reduction in England, Scotland and Wales: How and why we could do better - Reply (vol 55, pg 986, 2000)

CLIN RADIOL 56 (10): 866-866 OCT 2001

***Sofia S, Casali A, Bolondi L***

Sonographic diagnosis of adult intussusception

ABDOM IMAGING 26 (5): 483-486 SEP-OCT 2001

***Fujimoto T, Fukuda T, Utani M, et al***

Unenhanced CT findings of vascular compromise in association with intussusceptions in adults

AM J ROENTGENOL 176 (5): 1167-1171 MAY 2001

***Rohrschneider WK***

Ultrasound features of intussusception predicting outcome of air enema by Britton and Wilkinson

PEDIATR RADIOL 30 (10): 716-716 OCT 2000

***Pfunder A, Hahn H, Hopner F, et al***

Childhood intussusception: ultrasound guided reduction without x-ray exposure

MONATSSCHR KINDERH 147 (12): 1100-1105 DEC 1999

*John SD*

Trends in pediatric emergency imaging  
RADIOL CLIN N AM 37 (5): 995-+ SEP 1999

*Britton I, Wilkinson AG*

Ultrasound features of intussusception predicting outcome of air enema  
PEDIATR RADIOLOGY 29 (9): 705-710 SEP 1999

*McAlister WH*

Intussusception: Even Hippocrates did not standardize his technique enema  
reduction  
RADIOLOGY 206 (3): 595-598 MAR 1998

*Peh WCG, Khong PL, Lam C, et al.*

Ileocecolic intussusception in children: diagnosis and significance  
BRIT J RADIOLOGY 70 (837): 891-896 SEP 1997

## **2.-Libros**

Este trabajo forma parte de los estudios y esquemas (esquema de líquido atrapado solicitado por la Ed. Lippincott-Raven) incluidos en los libros de consulta habitual en radiología y ecografía entre los que se encuentran:

- Brooke Jeffrey R.Jr. and McGahan J.P. Gastrointestinal Tract and Peritoneal Cavity. En McGahan J.P. and Goldberg B.B. Ed. Diagnostic Ultrasound a Logical Approach. Ed. Lippincott-Raven. Philadelphia. 1997. Ch. 19: pag. 495-560. Fig. 19-29. pag. 532.

- Swischuk L.E. The Abdomen. En Swischuk L.E. Emergency Imaging of the Acutely Ill or Injured Child. Ed. Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia. Fourth Edition. 2000 Ch. 3: pag. 146-289.
- Swischuk L.E. Imaging of de Newborn, infant and young child. Williams and Wilkins. Ed Marban S.L. Fifth edition 2004. Pág. 421-425. (Edición original en inglés y traducida al español).
- Cohen and Sivit. Ecografía fetal y Pediátrica. Casos y Syllabus. Ed. traducida al español. Marban Libros S.L., Pág. 441.
- Siegel. Ecografía Pediátrica. Raven Pres New York. Ed. traducida al español Marban 2004. Pág. 356.

### **3.- Internet**

Existen 87 “páginas indexadas” en la búsqueda en google:

“del Pozo G” intussusception. (Incluye los tres trabajos editados).

Esta incluido en la Web de cursos de enseñanza y guías de actuación de sociedades científicas como:

- La Americana: ACR nº 75.731. MedPix Radiology teaching files, cases and Medical Image Datebase..,
- La británica: British Society of Paediatric Radiology draff guidelines for suggested safe practice, Intussusception reduction. April2003
- La española: SERAM.
- Universidad de Michigan.Evidence-based pediatric web Site.
- Seminaire D’Enseignement d’ Imagerie Pédiatric. Dr, A, Couture. Epu
- eMedicine consumer health.
- Les nouvelles Scientifiques
- Contemporary Pediatric R Archive

## PREMIOS

Este trabajo ha recibido los siguientes premios:

- Premio "Fundación Dr. J.M. Sánchez- Pérez" del Ilustre Colegio Oficial de Médicos de la Autonomía de Madrid a la investigación radiológica. 1997.
- Primer Premio en la XX Edición del Premio Philips de Ultrasonografía Diagnóstica, concedido por la Sociedad Española de Ultrasonidos (Sección de la SERAM) y Philips Sistemas Médicos, S.A. Madrid. España. 1997.

## CONFERENCIAS

He sido invitada para presentar estos trabajos sobre invaginación (incluye los tres trabajos editados) en distintos foros Nacionales e Internacionales:

### *Internacionales*

- "Invaginación, diagnóstico y consideraciones terapéuticas". VII Curso de Radiología Pediátrica. Organizado por el Servicio de Radiología do Hospital Pediátrica de Coimbra. Portugal. 14 - 15 marzo 1997.
- "Insusception in Children". 9<sup>th</sup> Annual Meeting and Postgraduate Course of European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology (ESGAR). Marbella. Málaga. España. 24 - 28 mayo 1998.
- Update of Pediatric GI (gastrointestinal). Refresher Course. Educational Program Speaker. European Congress of Radiology. ECR'99. Viena, Austria. 7 - 12 Marzo 1999

### *Nacionales:*

- "Invaginación intestinal. Nuevos signos ecográficos". XIII Curso Internacional de Actualización en Ultrasonografía Diagnóstica (SEUS). Madrid. España. Abril 1997.

- "Invaginación intestinal". III Congreso de Radiólogos de la Región Centro. Mérida. España. Mayo 1997.
- "Invaginación intestinal. Diagnóstico ecográfico y consideraciones terapéuticas". Curso de actualidades en Radiodiagnóstico. Servicio de Radiología de la Clínica Universitaria de Navarra y Facultad de Medicina. Pamplona. España. Mayo 1997.
- "Abdomen agudo infantil no traumático". XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM). Salamanca. España. Septiembre 1998.
- "Abdomen agudo no traumático en la infancia". IX Jornada Diagnòstic per la imatge "Memorial Dr. Lluís Canosa". Curs D'Ecografic. Girona. España. Abril 1999.
- "Diagnóstico por imagen en el abdomen agudo no obstructivo". XI Curso Monográfico de Urgencias de Pediatría avalado por la Sociedad Española de Urgencias Pediátricas. Hospital San Rafael. Madrid. España. Junio 2001.
- Congreso Nacional de Radiología Pediátrica. Barcelona. febrero. 2003.

## RESUMEN DEL ARTICULO

### **Intussusception: trapped peritoneal fluid detected with US-- relationship to reducibility and ischemia**

**OBJETIVOS.** El tratamiento no quirúrgico de la invaginación está ampliamente descrito. El objetivo de cualquier tipo de enema terapéutico es lograr el mayor número posible de reducciones sin producir perforación o ponerla de manifiesto. Sin embargo, existen dudas acerca de qué pacientes deberían pasar a cirugía directamente. Se han estudiado numerosos factores pronósticos como predictores de irreductibilidad e isquemia: la menor edad del paciente, la mayor duración de los síntomas, la deshidratación, la rectorragia, los signos de obstrucción del intestino delgado en la placa simple y el signo de la disección durante el enema de bario solo tienen valor predictivo si se asocian entre ellos. La existencia de un “doughnut” con un anillo grueso e hipoeoico en las imágenes US y la falta de visualización de las distintas capas de la pared intestinal debido al edema se han propuesto como factores predictivos de irreductibilidad, aunque no hay acuerdo acerca del significado del grosor de este anillo. De igual forma, la detección mediante US de líquido peritoneal libre no parece estar claramente relacionada con perforación o irreductibilidad. En estudios recientes se ha propuesto que la ausencia de flujo en los estudios Doppler-color puede ser un buen factor para predecir la no viabilidad del intestino. A pesar de todas estas investigaciones, la única contraindicación absoluta para la reducción mediante enema de una invaginación es la presencia de perforación, shock o peritonitis. Los objetivos de este trabajo son evaluar la frecuencia y el significado del LII, y verificar las relaciones de estos hallazgos US con irreductibilidad y compromiso vascular del intestino involucrado. En nuestro conocimiento, estos temas no habían sido previamente estudiados.

#### **MATERIAL y MÉTODOS:**

Mediante ultrasonido se diagnosticaron 145 episodios de invaginación. Se determinó la morfología y los dos diámetros mayores del líquido en el interior de la invaginación. En 144 casos se intentó la reducción hidrostática guiada por ultrasonido.

#### RESULTADOS:

En 20 casos (14 %) se observó en los cortes axiales líquido en el interior de la invaginación en forma de semiluna sonoluciente entre las serosas de las dos porciones del *intussusceptum* evertido y doblado sobre sí mismo que representaba líquido peritoneal. En la cirugía no se observó ninguna lesión quística orgánica. Las tasas de reducción fueron del 81% (116 de 144) en total y del 26% (5 de 19) en los casos con líquido en el interior de la invaginación. En la cirugía no se observó isquemia en ninguno de los 14 casos sin líquido en el interior de la invaginación, mientras que existía en 10 de los 20 casos con líquido en el interior de la invaginación llegando en dos a la necrosis. Las diferencias en las tasas de reducción y de isquemia en presencia de líquido en el interior de la invaginación fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ). Las semilunas de líquido en el interior de la invaginación mayores de 14 por 5 milímetros, especialmente si se asociaban con líquido en el ápex dilatado, se relacionaron fuertemente con irreductibilidad e isquemia (odds ratio: 67.5).

#### CONCLUSIÓN:

En nuestro estudio, el líquido en el interior de la invaginación representó líquido peritoneal atrapado. Cantidades significativas de líquido en el interior de la invaginación se relacionan con irreductibilidad e isquemia.

**Intussusception in Children: Current Concepts in Diagnosis and Enema Reduction**

G. del-Pozo, J. C. Albillos, D. Tejedor, R. Calero, M. Rasero, U. de-la-Calle, and U. López-Pacheco  
RadioGraphics, March 1, 1999; 19(2): 299 - 319.

Este trabajo ha sido publicado en una de las revistas radiológicas de mayor prestigio docente en el ámbito mundial, por la calidad de sus trabajos de revisión: Radiographics. Índice de impacto 1999: 1.615.

COMENTARIOS EDITORES DE LA REVISTA

Dr. Robert. J. Starshak, RadioGraphics Editorial board member,” the assistant in the copy editing process”, asignado por el editor de la revista RadioGraphics Dr. Olmsted, adjuntó a sus sugerencias los siguientes comentarios:

“I am the member of the editorial board for pediatric imaging. I have been asked by the editor to review your paper. I had the privilege of the seeing the prior papers. You are to be congratulated on a major contribution to the literature on this subject.” 3-12-97.

“I welcome to prospect of working with you to make this important contribution to the literature a shining gem”. 4-12-97.

“I think it is nearly in final form. You are to be congratulated on a truly monumental work. It is going to be the definitive article in this topic, one to which all will refer”. 18-12-97.

CITACIONES EN PUBLICACIONES, LIBROS E INTERNET

**1-Publicaciones**

Recientemente ha sido referido en artículos de autores acreditados como expertos en la materia, en los siguientes términos:

“The imaging diagnosis of IT can be made with sonography....This article highlights the current concepts and some controversial issues related to the imaging diagnosis of IT.

The detailed imaging appearances of IT using the various modalities are beyond the scope of this article, as these have already been documented in the literature exceptionally well (Citas del-Pozo et al.).

Daneman A, Navarro O. Intussusception. Part 1: A review of diagnostic approaches. *Pediatr Radiol* 2003; 33:79-85. Daneman es uno de los autores que más ha publicado sobre invaginación (más de 100 páginas en google).

Este artículo ha sido citado en 19 publicaciones posteriores de las más prestigiosas revistas de radiología (*Radiology*, *AJR*, *Pediatric Radiol*), ecografía (*JCU*), pediatría (*Pediatrics*), cirugía etc. A continuación se detallan las publicaciones en las que este artículo ha sido citado:

***Biarge, MM; García-Alix, A; del Hoyo, ML; et al***

Intussusception in a preterm neonate; a very rare, major intestinal problem - systematic review of cases

*J PERINAT MED*, 32 (2): 190-194 2004

***Daneman, A; Navarro, O***

Intussusception - Part 2: An update on the evolution of management

*PEDIATR RADIOL*, 34 (2): 97-108 FEB 2004

***El-Dhuwaib, Y; O'Shea, S; Ammori, BJ***

Laparoscopic reduction of an ileoileal intussusception and resection of an inverted Meckel's diverticulum in an adult

*SURG ENDOSC*, 17 (7): - JUL 2003

***Sirinelli, D; Guilley, C; Lardy, H; et al***

Reduction of acute intussusception: when and how?

*J RADIOL*, 84 (3): 269-274 MAR 2003

*Daneman, A; Navarro, O*

Intussusception - Part 1: A review of diagnostic approaches  
PEDIATR RADIOL, 33 (2): 79-85 FEB 2003

*Roche, CJ; O'Keefe, DP; Lee, WK; et al.*

Selections from the buffet of food signs in radiology  
RADIOGRAPHICS, 22 (6): 1369-1384 NOV-DEC 2002

*Koumanidou, C; Mirilas, P*

Intussusception in children: Observation transformed into irrefutable "fact" - Reply  
AM J ROENTGENOL, 179 (5): 1349-1349 NOV 2002

*Ko, SF; Lee, TY; Ng, SH; et al.*

Small bowel intussusception in symptomatic pediatric patients: Experiences with 19  
surgically proven cases  
WORLD J SURG, 26 (4): 438-443 APR 2002

*Koumanidou, C; Vakaki, M; Pitsoulakis, G; et al.*

Sonographic detection of lymph nodes in the intussusception of infants and young  
children: Clinical evaluation and hydrostatic reduction  
AM J ROENTGENOL, 178 (2): 445-450 FEB 2002

*Kombo, LA; Gerber, MA; Pickering, LK; et al.*

Intussusception, infection, and immunization Summary of a workshop on rotavirus  
PEDIATRICS, 108 (2): art. no.-e37 AUG 2001

*Petit, P; Pracros, JP*

Role of ultrasound in children with acute abdominal pain  
J RADIOL, 82 (6): 764-778 Sp. Iss. SI JUN 2001

*Chang, HGH; Smith, PF; Ackelsberg, J; et al.*

Intussusception, rotavirus diarrhea, and rotavirus vaccine use among children in  
New York State  
PEDIATRICS, 108 (1): 54-60 JUL 2001

*Tiao, MM; Wan, YL; Ng SH; et al.*

Sonographic features of small-bowel intussusception in pediatric patients  
ACAD EMERG MED, 8 (4): 368-373 APR 2001

*Yoon, CH; Kim, HJ; Goo, HW*

Intussusception in children: US-guided pneumatic reduction - Initial experience  
RADIOLOGY, 218 (1): 85-88 JAN 2001

*Pumberger, W; Hormann, M; Pomberger, G; et al.*

Sonographic diagnosis of intussusception of the appendix vermiformis  
J CLIN ULTRASOUND, 28 (9): 492-496 NOV-DEC 2000

*Dugoucat, F; Navarro, O; Daneman, A*

The role of sonography in children with abdominal pain after recent successful  
reduction of intussusception  
PEDIATR RADIOL, 30 (9): 654-654 SEP 2000

*Navarro, O; Dugoucat, F; Daneman, A*

Sonographic signs that characterize the gastrointestinal origin of abdominal  
neoplasms in children: 4 case reports  
CAN ASSOC RADIOL J, 51 (4): 250-253 AUG 2000

*Kornecki, A; Daneman, A; Navarro, O; et al.*

Spontaneous reduction of intussusception: clinical spectrum, management and  
outcome  
PEDIATR RADIOL, 30 (1): 58-63 JAN 2000

*John, SD*

Trends in pediatric emergency imaging  
RADIOL CLIN N AM, 37 (5): 995-+ SEP 1999

## **2- Libros.**

Este trabajo forma parte de los estudios incluidos en los libros de consulta habitual en radiología y ecografía entre los que se encuentran:

- Swischuk L.E. The Abdomen en Swischuk L.E. Emergency Imaging of the Acutely Ill or Injured Child. Ed. Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia. Fourth Edition. 2000 Ch. 3, pag. 146-289.
- John S.D. and Swischuk L.E. The Pediatric Gastrointestinal Tract. En Rumack C.M., Wilson S.R. and Charboneau J.W. Diagnostic Ultrasound. Mosby-Year Book Ed. Second edition 1998. Vol 2: Ch. 60, Pag. 1717-1748.
- Swischuk L.E. Imaging of de Newborn, infant and young child. Williams and Wilkins. Ed Marban S.L. Fifth edition 2004. Pág. 421-425. (Edición original en inglés y traducida al español).
- Siegel. Ecografía Pediátrica. Raven Pres New York. Ed. traducida al español Marban 2004. Pág. 356.
- Kirks. Practical Pediatric Imaging, Diagnostic Radiology of Infants and Children 3<sup>a</sup> ed. 2004 Ed The little Brown and Company. Boston. Pag. 914.

## **3.-Internet**

Existen 87 “entradas” en la búsqueda en google: “del Pozo G” intussusception. (Incluye los tres trabajos editados)

Esta incluido en la Web de cursos de enseñanza y guías de actuación de sociedades científicas como:

La Americana ACR nº 75.731. MedPix Radiology teaching files, cases and Medical Image Database...

La británica: British Society of Paediatric Radiology draft guidelines for suggested safe practice, Intussusception reduction. April 2003.

La española: SERAM.

Universidad de Michigan.Evidence-based pediatric web Site.

Seminaire D'Enseignement d' Imagerie Pédiatric. Dr, A, Couture. Epu Marseille  
eMedicine consumer health.

Les nouvelles Scientifiques

Contemporary Pediatric R Archive..

### PREMIOS:

Este trabajo fue presentado como Panel en el 82nd Scientific Assembly and Annual Meeting de la RSNA (Radiological Society of North America) en Chicago en 1996 (Congreso mundial con máxima participación), recibiendo el máximo galardón PREMIO MAGNA CUM LAUDE. Galardón concedido solo a 7 *posters* de los 929 exhibidos: "Intussusception in children: US imaging and Therapeutic Considerations"

### CONFERENCIAS

He sido invitada para presentar estos trabajos sobre invaginación (incluye los tres trabajos editados) en distintos foros Nacionales e Internacionales:

#### ***Internacionales:***

- "Invaginación, diagnóstico y consideraciones terapéuticas". VII Curso de Radiología Pediátrica. Organizado por el Servicio de Radiología do Hospital Pediátrica de Coimbra. Portugal. 14 - 15 marzo 1997.
  
- "Intussusception in Children". 9<sup>th</sup> Annual Meeting and Postgraduate Course of European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology (ESGAR). Marbella. Málaga. España. 24 - 28 mayo 1998.

- Update of Pediatric GI (gastrointestinal). Refresher Course. Educational Program Speaker. European Congress of Radiology. ECR'99. Viena, Austria. 7 - 12 Marzo 1999

***Nacionales:***

- "Invaginación intestinal. Nuevos signos ecográficos". XIII Curso Internacional de Actualización en Ultrasonografía Diagnóstica (SEUS). Madrid. Abril 1997.
- "Invaginación intestinal". III Congreso de Radiólogos de la Región Centro. Mérida. Mayo 1997.
- "Invaginación intestinal. Diagnóstico ecográfico y consideraciones terapéuticas". Curso de actualidades en Radiodiagnóstico. Servicio de Radiología de la Clínica Universitaria de Navarra y Facultad de Medicina. Pamplona. Mayo 1997.
- "Abdomen agudo infantil no traumático". XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM). Salamanca. Septiembre 1998.
- "Abdomen agudo no traumático en la infancia". IX Jornada Diagnòstic per la imatge "Memorial Dr. Lluís Canosa". Curs D'Ecografic. Girona. Abril 1999.
- "Diagnóstico por imagen en el abdomen agudo no obstructivo". XI Curso Monográfico de Urgencias de Pediatría avalado por la Sociedad Española de Urgencias Pediátricas. Hospital San Rafael. Madrid. Junio 2001.
- Congreso Nacional de Radiología Pediátrica. Barcelona. Febrero. 2003

## RESUMEN DEL ARTÍCULO:

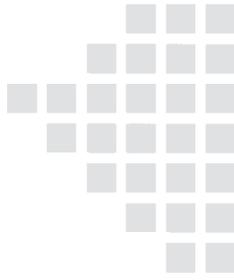
### **Intussusception in Children: Current Concepts in Diagnosis and Enema Reduction**

Este artículo revisa ampliamente el diagnóstico y tratamiento de la invaginación y aporta como original en cuanto al diagnóstico ultrasonográfico la descripción y explicación detallada de las variantes en la imagen. El conocimiento de las variaciones en la imagen básica de ultrasonido hace posible optimizar el diagnóstico y la explicación de los diferentes componentes de estas variantes, basada en el modelo animal previamente realizado, permite a diferentes investigadores hablar el mismo idioma. Es decir, es factible interpretar de forma objetiva los resultados del análisis de variaciones en distintos componentes de la invaginación como pueden ser el grosor del anillo externo o la existencia de adenopatías en relación con irreductibilidad.

Los componentes de la invaginación dan apariencias características en las imágenes de ultrasonido. Estas apariencias incluyen el signo de los múltiples anillos concéntricos y el signo de la semiluna dentro del “doughnut” (“crescent in doughnut”) si el corte es axial. El “signo del sandwich” y el de la “horca de heno” serían las variantes que podríamos observar en el corte longitudinal con respecto a la clásica imagen de “pseudorriñón”. En corte axial podríamos observar variantes en el anillo externo (hiperecogénico, múltiples capas o con anillo punteado hiperecogénico intercalado), en el mesenterio (complejo ceco-apendicular, adenopatías o vasos) y en la porción central del *intussusceptum* (aire o líquido). Presentamos las diversas apariencias ecográficas de la invaginación utilizando un esquema que facilita la interpretación de los cortes por ultrasonido a diferentes niveles de la invaginación.

Se consideran factores de riesgo para isquemia e irreductibilidad valorables por ultrasonografía, la presencia de líquido atrapado en el interior de la invaginación y la ausencia de flujo detectado en estudios Doppler. El objetivo del tratamiento no quirúrgico mediante enema es el de reducir el mayor número de invaginaciones sin producir perforación. Se pueden usar diferentes medios de contraste como el bario, el

contraste hidrosoluble, el agua, las soluciones electrolíticas o el aire bajo control radioscópico o con ultrasonido. Las diferencias observadas en las tasas de reducción y perforación en diferentes series publicadas con diferentes tipos de enema probablemente están más en relación con las perforaciones que hayan podido ocurrir antes de realizar el enema y las presiones que se logren dentro del colon que con el tipo de contraste utilizado. Las presiones alcanzadas dentro del colon son más constantes en la reducción con medios líquidos que cuando se utiliza aire; este hecho puede explicar el menor riesgo de perforación con enemas hidrostáticos. La radiación es menor en el enema de aire controlado por fluoroscopia que en el enema baritado y está ausente cuando el control es mediante ultrasonidos.



# Intussusception in Children: Current Concepts in Diagnosis and Enema Reduction<sup>1</sup>

*Gloria del-Pozo, MD • José C. Albillos, MD • Daniel Tejedor, MD  
Rosa Calero, MD • Miguel Rasero, MD • Urbano de-la-Calle, MD  
Ulpiano López-Pacheco, MD*

Intussusception cannot be reliably ruled out with clinical examination and plain radiography. However, a contrast material enema study and ultrasonography (US) allow definitive diagnosis of intussusception. The components of an intussusception produce characteristic appearances on US scans. These appearances include the multiple concentric ring sign and crescent-in-doughnut sign on axial scans and the sandwich sign and hayfork sign on longitudinal scans. Indicators of ischemia and irreducibility are trapped fluid at US and absence of blood flow at Doppler imaging. The aim of enema therapy is to reduce the greatest number of intussusceptions without producing perforation. Barium, water-soluble contrast media, water, electrolyte solutions, or air may be used with radiographic or US guidance. The differences in reduction and perforation rates between the various types of enemas are probably due more to perforations that occurred before enema therapy and the pressure exerted within the colon than to the contrast material used. The pressure within the colon is more constant with hydrostatic reduction than with air reduction; this fact may explain the lower risk of perforation with hydrostatic reduction. Radiation exposure is lower with air enema therapy than with barium enema therapy and is absent in US-guided enema therapy.

**Index terms:** Children, gastrointestinal tract, 70.73 • Infants, gastrointestinal tract, 70.73 • Intestines, US, 70.1298 • Intussusception, 70.73

**RadioGraphics 1999;** 19:299-319

<sup>1</sup>From the Section of Pediatric Radiology, Department of Diagnostic Radiology, Hospital Universitario Infantil 12 de Octubre, Carretera de Andalucía Km 5,400, 28041 Madrid, Spain (G.d.P., J.C.A., R.C., M.R., U.d.l.C., U.L.P.); and the Department of Diagnostic Radiology, Hospital Universitario de la Princesa, Madrid, Spain (D.T.). Recipient of a Magna Cum Laude award for a scientific exhibit at the 1996 RSNA scientific assembly. Received April 21, 1997; revision requested July 11; final revision received March 30, 1998; accepted April 13. **Address reprint requests to G.d.P.**

©RSNA, 1999

## ■ INTRODUCTION

Intussusception is one of the most common causes of acute abdomen in infancy. Intussusception occurs when a portion of the digestive tract becomes telescoped into the adjacent bowel segment. This condition usually occurs in children between 6 months and 2 years of age. In this age group, intussusception is idiopathic in almost all cases. The vast majority of childhood cases of intussusception are ileocolic; that is, the ileum becomes telescoped into the colon. In the past, intussusception was a severe condition with high morbidity and mortality rates. Currently, prompt diagnosis and effective treatment lead to a favorable outcome in most cases.

In many cases, the clinical symptoms can be confusing. In fact, only 30%-68% of children with clinical findings suggestive of intussusception are shown to have this condition (1-8). Therefore, it is desirable to use diagnostic tools that are as innocuous as possible to avoid potential harm to these children, to diminish any adverse effects on the actual diseases, and to lessen the discomfort to the children who are not shown to have intussusception. To this end, the traditional diagnostic approach to childhood intussusception of plain radiography and enema examination (9) is being changed to plain radiography and ultrasonography (US) at some institutions (1,2,5,7,10-18).

US is highly accurate in the diagnosis of intussusception with a sensitivity of 98%-100% and a specificity of 88%-100% (1,5,7,11,13,15,17,19,20). Furthermore, use of US may lead to an alternative diagnosis, which is not readily achieved with a contrast material enema study (1,10). Therefore, the enema could be reserved for therapeutic purposes when US is available (1,5,10,11,18). There is continuing controversy as to which type of enema is most efficacious.

In this article, the diagnosis and treatment of intussusception are reviewed. The clinical features of intussusception are described, and diagnosis with plain radiography, enema examination, and US is discussed. The various appear-



**Figure 1.** Target sign. Plain radiograph shows a round soft-tissue mass in the right upper quadrant. The mass contains a ringlike area of lucency.

ances of intussusception at US are presented by using a diagram that facilitates the interpretation of US scans at different levels of the intussusception. Variants of the US findings and the appearances of complicated intussusception are also presented. Treatment is discussed in general, and factors that affect the outcome of reduction are presented. The advantages and disadvantages of the various types of enema therapies are compared. Finally, a management algorithm for childhood intussusception that is based mainly on the US findings is proposed.

The information in this article is derived from our experience and a review of the literature. Our experience comprises approximately 70 cases per year of intussusception diagnosed with US during the past 10 years. In these cases, reduction of the intussusception was attempted with a barium enema (during the first 5 years), a saline solution enema under US guidance (during the last 5 years), or occasionally an air enema (17,18).



**Figure 2.** Meniscus sign. Plain radiograph shows the meniscus sign: a rounded soft-tissue mass (the intussusceptum) protruding into the gas-filled transverse colon.

### ■ CLINICAL FEATURES

The classic clinical triad of acute abdominal pain (colic), currant-jelly stools or hematochezia, and a palpable abdominal mass is present in less than 50% of children with intussusception (10). The onset of nonspecific abdominal symptoms in which vomiting predominates, the absence of passage of blood via the rectum (usually in cases of less than 48 hours duration), and the inability to obtain a reliable history from these nonverbal children lead to dismissal of the diagnosis of intussusception in almost 50% of cases (21).

Furthermore, in some instances lethargy or convulsion is the predominant sign or symptom; this situation results in consideration of a neurologic disorder rather than intussusception (22). Finally, some cases in which the diagnosis is considerably delayed manifest as shock of unknown origin. To further cloud the clinical picture, other common conditions (infantile colic,

gastroenteritis) or less common conditions (appendicitis, complicated Meckel diverticulum) may initially mimic intussusception. Given the uncertainty of achieving an accurate clinical diagnosis, a diagnosis based on imaging findings is required in the majority of cases.

### ■ DIAGNOSIS WITH PLAIN RADIOGRAPHY

Many plain radiographic signs of intussusception have been described. The most common is a soft-tissue mass, which is most often seen in the right upper quadrant effacing the adjacent hepatic contour. Other signs include reduced air in the small intestine or a gasless abdomen, air in a displaced appendix, and obstruction of the small intestine (8,9,23,24). The most specific plain radiographic findings are the target sign and meniscus sign. The target sign consists of a soft-tissue mass that contains concentric circular or nearly circular areas of lucency, which are due to the mesenteric fat of the intussusceptum. The mass is most often seen in the right upper quadrant projecting over the right kidney (23,25) (Fig 1). The meniscus sign consists of a crescent of gas within the colonic lumen that outlines the apex of the intussusception (the intussusceptum) (26) (Fig 2). Conversely, identification of a cecum filled with gas or feces in the normal location is the finding that allows exclusion of intussusception with the most confidence (8). The accuracy of plain radiography in diagnosis or exclusion of intussusception ranges from 40% to 90% (8,27,28).

The traditional role of plain radiography in the evaluation of children suspected to have intussusception is threefold: (a) When the clinical suspicion is low, the role of plain radiography is to allow exclusion of intussusception and diagnosis of other pathologic processes that are responsible for the patient's symptoms. (b) When the clinical suspicion is high, the role of plain radiography is to allow confirmation of intussusception. (c) If intussusception is present, the role of plain radiography is to allow exclusion of intestinal obstruction or perforation.



a.



b.

**Figure 3.** Meniscus and coiled spring signs. (a) Image from a barium enema study shows the meniscus sign in the contrast material-filled distal colon. (b) Image from a barium enema study performed after partial reduction of the intussusception shows the coiled spring sign. Contrast material outlines the facing mucosal surfaces of the intussusciptum and the intussusceptum. (c) Image from a barium enema study performed after complete reduction of the intussusception shows barium flowing freely into the ileum.



c.

When vague abdominal symptoms predominate and the clinical suspicion of intussusception is low, plain radiography may lead to the diagnosis of other conditions. The discovery of a large amount of air in otherwise normal bowel loops including the cecum suggests the diagnosis of infantile colic or adynamic ileus caused by an intra- or extraabdominal infection. In these cases, no further imaging is required. Infrequently, detection of pneumonic consolidation in one of the lower lobes or of an appendicolith leads to a diagnosis other than intussusception. Owing to the low sensitivity of any imaging modality in the setting of nonspecific abdominal symptoms, plain radiography could serve as the initial screening procedure.

When there are two or more of the cardinal symptoms of intussusception, the clinical suspicion is high. In this potentially fatal disorder, a false-negative diagnosis is untenable; such a diagnosis may occur when only plain radiography is performed (8,26,27). Therefore, in cases with high clinical suspicion, use of a diagnostic tool with high sensitivity (eg, US, enema examination) is mandatory. In these cases, we and other investigators believe that it is not necessary to perform plain radiography, particularly if the symptoms are of short duration (<8 hours) (8,10,13,16).

The third purpose of plain radiography is to check for complications of prolonged intussusception: intestinal obstruction and perforation. Intestinal obstruction is readily detected on plain radiographs. The presence of intestinal obstruction does not preclude attempts at nonsurgical reduction or necessarily change the patient's treatment. If perforation is detected, primary surgery is indicated. However, to our knowledge, there are no reported cases of intussusception in which pneumoperitoneum was an initial radiographic finding, even in cases in which obvious perforation was found

at surgery (8,10,29-35). Therefore, there is a low probability that perforation will be excluded with plain radiography.

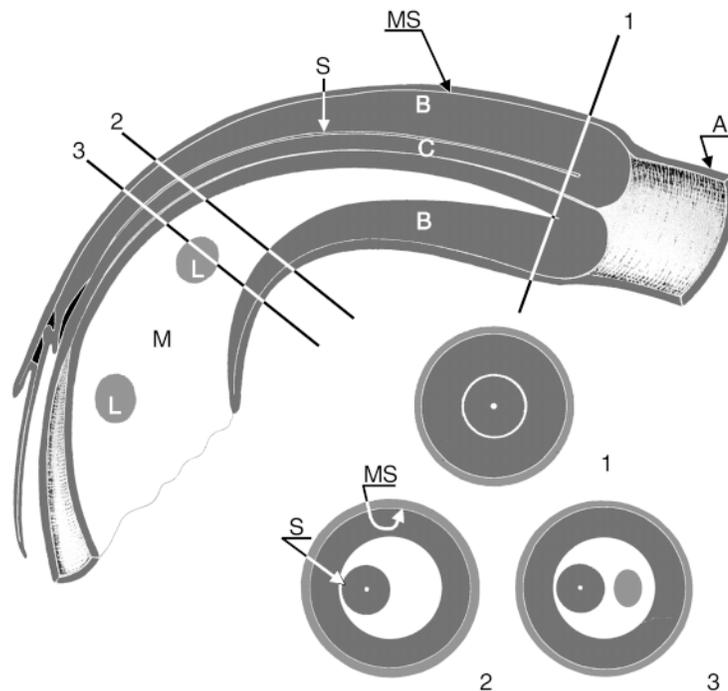
For the aforementioned reasons, it does not seem advisable to routinely perform plain radiography when the clinical suspicion of intussusception is high. In this setting, we believe that it would be better to use US as the initial imaging modality. However, when the clinical findings are confusing and the symptoms are vague or of unknown origin, it would be reasonable to perform plain radiography as the initial diagnostic procedure.

#### ■ DIAGNOSIS WITH ENEMA EXAMINATION

Barium enema examination has been the standard of reference for the diagnosis of intussusception for many years. In fact, liquid enema or air enema examination is the principal diagnostic tool at many institutions. The classic signs of intussusception at enema examination are the meniscus sign and coiled spring sign. The meniscus sign at enema examination is analogous to the meniscus sign at plain radiography and is produced by the rounded apex of the intussusceptum protruding into the column of contrast material (Fig 3a). The coiled spring sign is produced when the edematous mucosal folds of the returning limb of the intussusceptum are outlined by contrast material in the lumen of the colon (Fig 3b).

The superior performance of US in the diagnosis of intussusception, the high level of patient comfort and safety allowed by US, and the ability to arrive at alternative diagnoses with US has led us and other investigators to reserve enemas for therapeutic purposes. A potential shortcoming of this approach is that US is not available 24 hours a day at all institutions.

**Figure 4.** Structure of an intussusception. Diagram shows a longitudinal view and three axial views of an intussusception; three bowel loops and the mesentery can be seen. The intussusciens (A) contains the two limbs of the intussusceptum: the everted returning limb (B), which is edematous, and the central entering limb (C), which is located at the center of the intussusception with the accompanying mesentery (M). The mesentery contains some lymph nodes (L). MS = contacting mucosal surfaces of the intussusciens and everted limb, S = contacting serosal surfaces of the everted limb and central limb.



#### ■ DIAGNOSIS WITH US

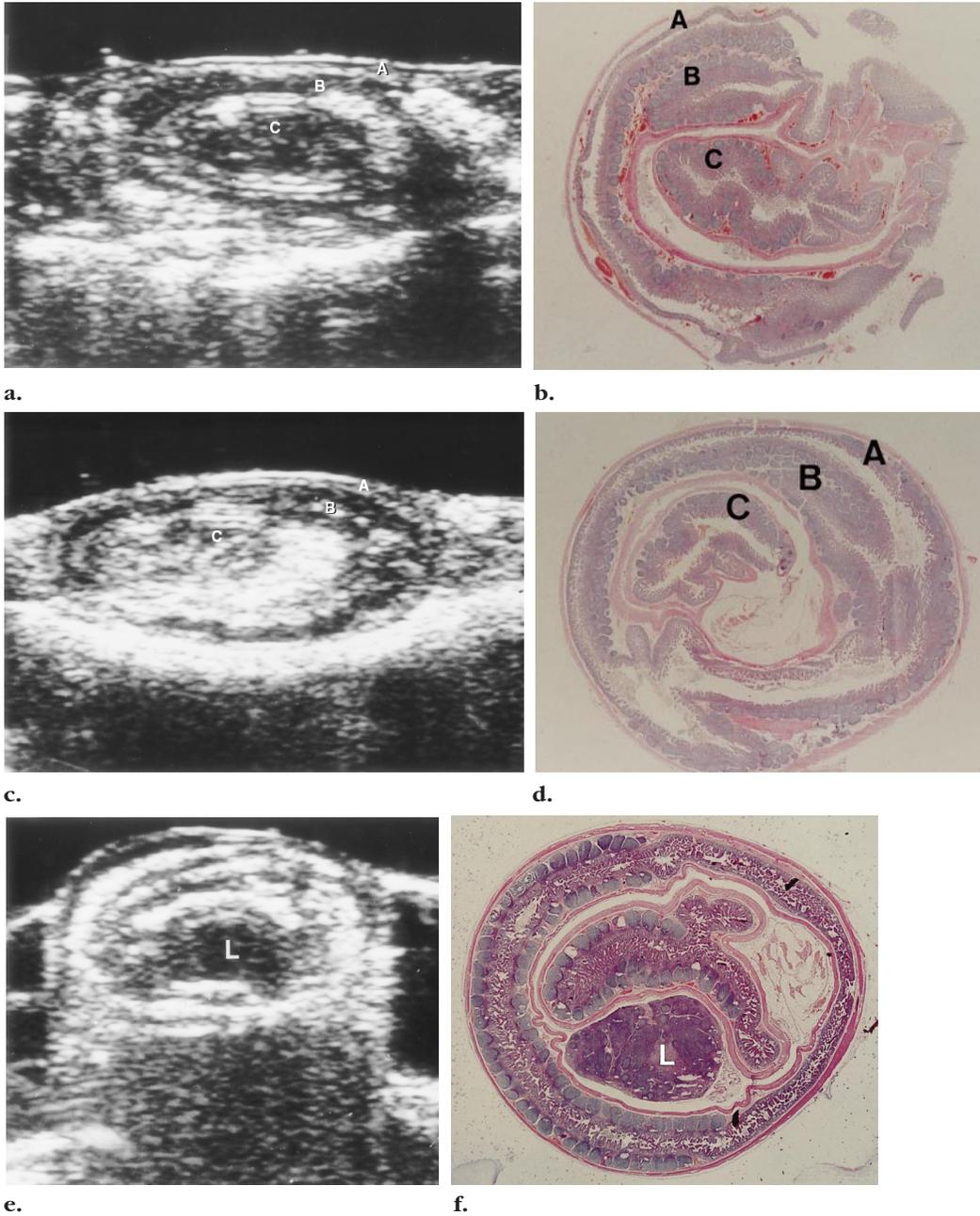
US has a high sensitivity for the diagnosis of intussusception (98%–100%) (1,5,7,11,13,15,17,19,20). The intussusception mass is a large structure, usually greater than 5 × 2.5 cm, that often displaces adjacent bowel loops; it is readily identified, even by inexperienced operators (5,10). The majority of intussusceptions (ie, the ileocolic type) occur in the subhepatic region. Because deep penetration of the ultrasound beam is not necessary in small children, a high-resolution transducer (5–10 MHz) can be used to improve the definition of the image.

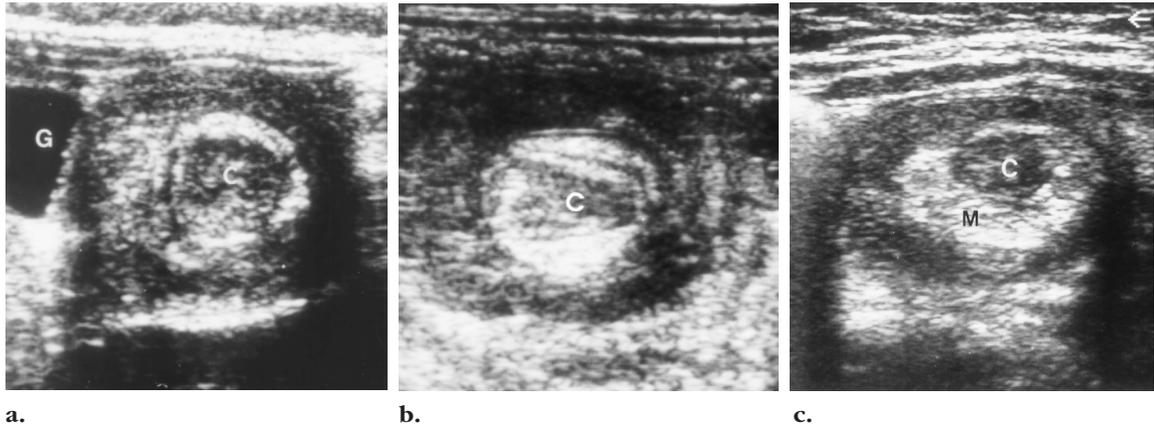
Early studies of the US appearance of intussusception reported a doughnut or pseudokidney appearance composed of a hypoechoic outer ring and a hyperechoic center. This appearance is similar to the US findings in other pathologic conditions of the gastrointestinal tract that cause thickening of the bowel wall (12,36–39). Appearances that are characteristic

of intussusception have also been reported. These include the multiple concentric ring sign (40) and crescent-in-doughnut sign (17) on axial scans and the sandwich sign (1,41) and hayfork sign (42) on longitudinal scans. (In US of intussusception, the terms *axial* and *longitudinal* refer to the axis of the intussusception.)

An intussusception is a complex structure (Figs 4, 5). The intussusciens (the receiving loop) contains the folded intussusceptum (the donor loop), which has two components: the entering limb and returning limb. The attached mesentery is dragged between the entering and returning limbs. The thickest component of the intussusceptum is the everted returning limb, which—together with the thin intussusciens—forms the hypoechoic outer ring seen on axial scans. The center of the intussusception contains the central or entering limb, which is of normal thickness and is eccentrically surrounded by the hyperechoic mesentery (17).

**Figure 5.** Structure of an intussusception. Axial US scans and corresponding pathologic specimens from pigs with intussusception show the doughnut sign: a hypoechoic outer ring formed by the everted limb of the intussusceptum (*B*) and the intussuscipti (*A*) and a center that varies with the section level. *C* = central limb of the intussusceptum. (Reprinted, with permission, from reference 17.) (**a**, **b**) US scan (**a**) and pathologic specimen (**b**) obtained at the apex of an intussusception (section 1 in Fig 4) show a hypoechoic center, which represents the central limb of the intussusceptum with no mesentery present. Note the multilayered appearance, which is due to the demonstration of the five layers of the three bowel loops involved. (**c**, **d**) US scan (**c**) and pathologic specimen (**d**) obtained at the base of the intussusception (section 2 in Fig 4) show a hyperechoic, crescent-shaped center. This appearance occurs when the mesentery encloses the central limb of the intussusceptum (the crescent-in-doughnut sign). (**e**, **f**) US scan (**e**) and pathologic specimen (**f**) obtained at a different level of the base (section 3 in Fig 4) show an additional hypoechoic area in the hyperechoic, crescent-shaped center. This additional hypoechoic area represents a lymph node (*L*).





**Figure 6.** Variable appearance of intussusception on axial US scans. *C* = central limb of the intussusceptum. **(a)** US scan obtained at the apex of an intussusception shows a hypoechoic outer ring separated from a hypoechoic center by a thin hyperechoic ring, which likely represents the opposed serosal surfaces of the intussusceptum (cf Figs 4 [section 1], 5a, 5b). *G* = gallbladder. **(b)** US scan obtained near the apex shows multiple concentric rings (a hypoechoic ring surrounding a hyperechoic ring, which surrounds another hypoechoic ring). The hyperechoic central ring is probably formed by the addition of the hyperechoic opposed submucosal and serosal surfaces of the intussusceptum. **(c)** US scan obtained at the base of an intussusception shows the central limb of the intussusceptum eccentrically surrounded by the hyperechoic mesentery (*M*), a situation that produces the crescent-in-doughnut sign (cf Figs 4 [section 2], 5c, 5d).

#### ● Axial US Scans

On axial US scans, intussusception has a variable appearance, which is primarily due to the amount of enclosed mesentery. Enclosed mesentery is absent at the apex of the intussusception and progressively increases toward the base (Figs 4, 5). Conversely, the everted limb of the intussusceptum is thicker at the apex than at the base. Therefore, an axial US scan obtained at the apex shows a hypoechoic outer ring with a hypoechoic center (Fig 6a). In some instances, multiple concentric rings can be seen near the apex (Fig 6b). As the axial US study proceeds toward the base, the appearance changes gradually as increasing amounts of mesentery are included in the image. At the base, the amount of enclosed mesentery is maximal; the result is a hypoechoic outer ring with a hyperechoic, crescentic center (the crescent-in-doughnut sign) (Fig 6c).

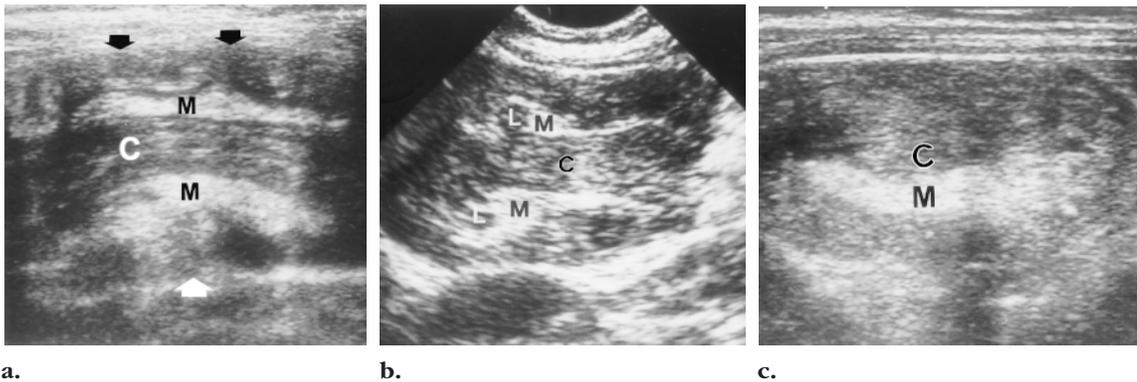
#### ● Longitudinal US Scans

On longitudinal US scans, it is the arrangement of the mesentery, which may be demonstrated on one or both sides of the central limb of the intussusceptum, that causes variation in the appearance. If the middle of the intussusception is imaged along the longitudinal axis, three parallel hypoechoic bands separated by two nearly parallel hyperechoic bands are seen. The outer

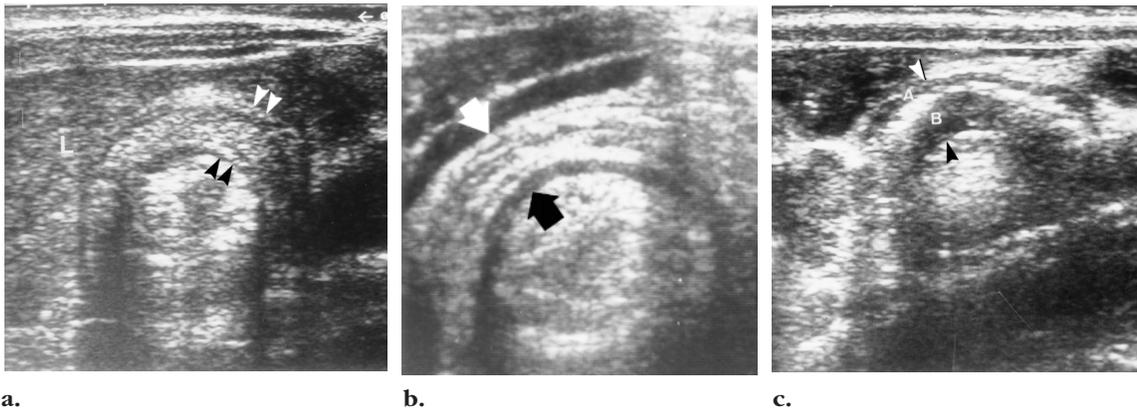
hypoechoic bands represent the edematous everted limb of the intussusceptum and the thin intussusciptens; the central hypoechoic band is the central limb of the intussusceptum. The hyperechoic bands are caused by the mesentery that is dragged along with the bowel loop. This appearance is known as the sandwich sign (Fig 7a). The hayfork sign is a variant of the sandwich sign that is seen at the apex of the intussusception (42). The hayfork sign consists of three nearly parallel hypoechoic areas (the “prongs” of the hayfork), which correspond to those in the sandwich sign. The prongs are separated by two hyperechoic bands formed by the mesentery. The prongs join at the apex where the intussusceptum folds (Fig 7b). The pseudokidney sign occurs if the intussusception is curved or is imaged obliquely and the mesentery (at the point of maximal thickness) is demonstrated on only one side of the central limb of the intussusceptum (Fig 7c).

#### ● Variants on Axial US Scans

**Outer Ring.**—The outer ring seen on axial US scans is usually homogeneously hypoechoic, especially at the apex of the intussusception. Occasionally, the ring is isoechoic or even hyperechoic relative to the adjacent hepatic parenchyma (Fig 8a). This variant is most often seen at the base or middle of the intussuscep-



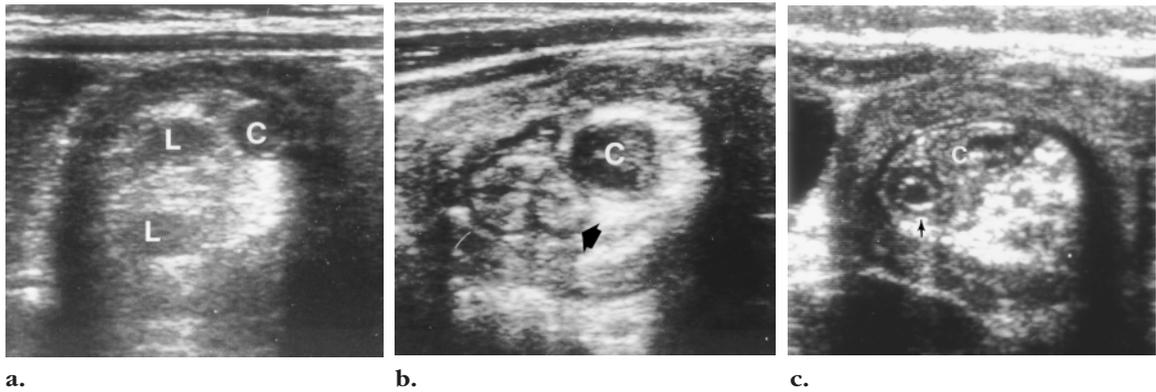
**Figure 7.** Variable appearance of intussusception on longitudinal US scans. *C* = central limb of the intussusceptum, *M* = mesentery. **(a)** US scan obtained in the strict longitudinal plane of an intussusception slightly away from the apex shows the sandwich sign. The outer hypoechoic bands (arrows) represent the everted limb of the intussusceptum beside the intussusciptens. The two hyperechoic bands represent the mesentery. The central hypoechoic band represents the central limb of the intussusceptum. **(b)** US scan obtained at the apex of an intussusception shows the hayfork sign, which differs from the sandwich sign in that the mesentery thins as it approaches the apex. The three hypoechoic prongs of the hayfork represent the involved bowel loops separated by the hyperechoic mesentery. *L* = lymph node. **(c)** US scan shows the pseudokidney sign. The mesentery is demonstrated on one side of the central limb of the intussusceptum.



**Figure 8.** Variant forms of the outer ring. **(a)** Axial US scan shows an outer ring (arrowheads) that is hyper-echoic relative to the adjacent liver (*L*). This appearance was seen when the child had an attack of colicky pain. **(b)** Axial US scan shows alternating hyperechoic and hypoechoic bands (arrows) produced by the layers of the bowel wall of the intussusciptens and the everted limb of the intussusceptum (multilayered image). **(c)** Axial US scan shows a band of hyperechoic dots between the thin intussusciptens (*A*) and the everted limb of the intussusceptum (*B*). Arrowheads indicate the outer ring.

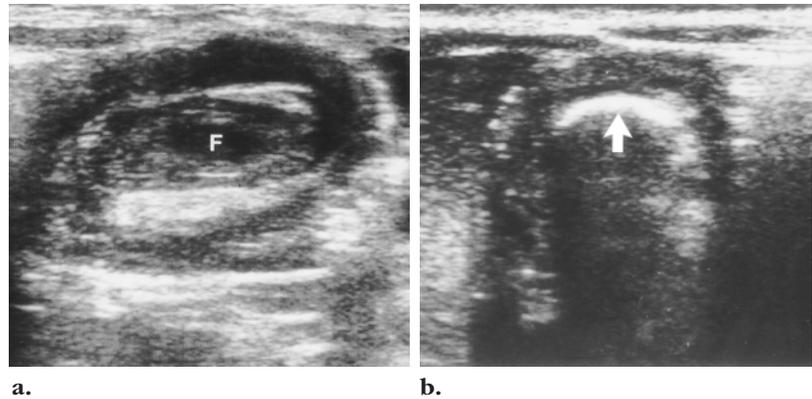
tion. We have observed that the echogenicity of the outer ring increases when the child has an attack of colicky pain. In other instances, the different layers of the bowel wall of the involved loops are demonstrated and produce a multilayered or tree ring appearance (Fig 8b). This appearance may be related to a lesser degree of vascular compromise of the intestine (12). The multilayered appearance usually occurs at the base of the intussusception and oc-

asionally occurs at the apex of an early intussusception. Finally, hyperechoic dots are occasionally seen between the opposed mucosal surfaces of the intussusciptens and the everted limb of the intussusceptum (Fig 8c). These dots may be caused by trapped colonic gas or mucosal ulcers.

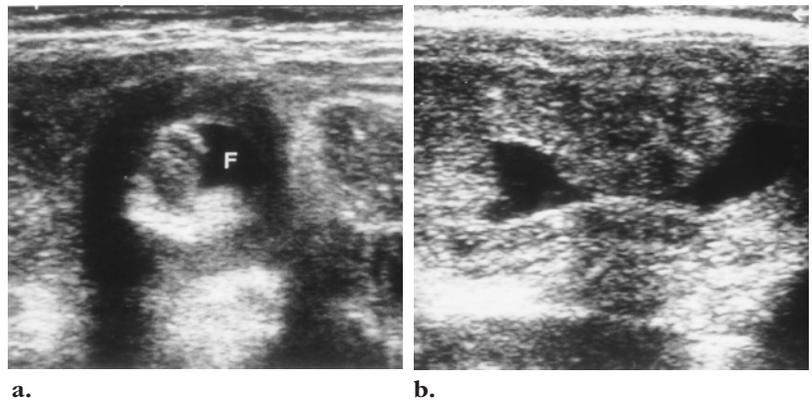


**Figure 9.** Variant forms of the mesenteric crescent. *C* = central limb of the intussusceptum. **(a)** Axial US scan obtained at the base of an intussusception shows the crescent-in-doughnut sign altered by inclusion of two oval mesenteric lymph nodes (*L*) (cf Figs 4 [section 3], 5e, 5f). **(b)** Axial US scan obtained at the base of an intussusception shows the crescent-in-doughnut sign altered by inclusion of the cecoappendiceal complex (arrow). **(c)** Axial US scan obtained at the base of an intussusception shows the crescent-in-doughnut sign altered by inclusion of the appendix (arrow) and vessels, which appear as hypoechoic dots.

**Figure 10.** Variant forms of the central limb of the intussusceptum. **(a)** Axial US scan shows a small amount of fluid (*F*) within the lumen of the central limb. **(b)** Axial US scan shows an intensely echogenic area (arrow) with acoustic shadowing. This appearance is due to gas passing through the lumen of the central limb.

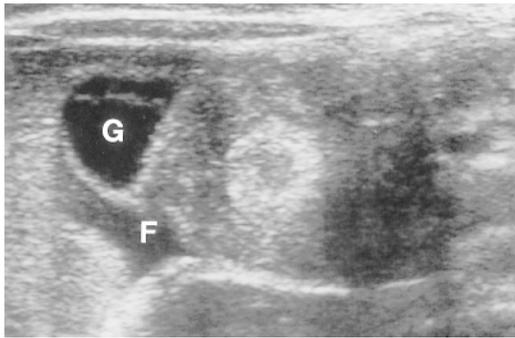


**Figure 11.** Trapped peritoneal fluid. **(a)** Axial US scan shows the double-crescent-in-doughnut sign, which consists of the crescent-in-doughnut sign plus an echo-free crescent due to the trapped fluid (*F*). **(b)** Longitudinal US scan at the apex of the intussusception shows the intussusceptum filled with trapped fluid.

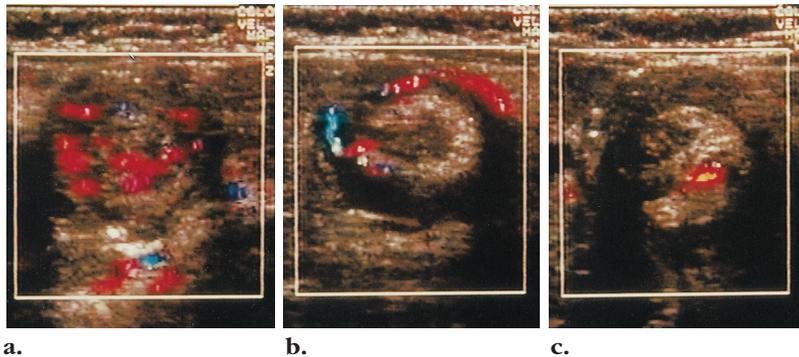


**Mesenteric Crescent.**—The mesentery that is dragged into the intussusception with the intussusceptum is crescentic when imaged in the

axial plane. The mesenteric crescent is hyper-echoic but often contains hypoechoic areas (lymph nodes, the cecoappendiceal complex, vessels) (Fig 9). These variant forms are most often found at or near the base of the intussusception (17).



**Figure 12.** Free peritoneal fluid. Axial US scan shows a small amount of free peritoneal fluid (*F*) adjacent to an intussusception that demonstrates the multiple concentric ring sign. *G* = gallbladder.



**Figure 13.** Use of Doppler US to evaluate intussusception. Doppler US scans obtained at the apex (**a**), middle (**b**), and base (**c**) of an intussusception clearly show blood flow within the intussusception (**a, b**) and mesentery (**c**). This intussusception could be reduced.

**Central Limb of the Intussusceptum.**—The central limb of the intussusceptum is collapsed in most cases. In rare instances, small amounts of fluid can be seen within the lumen of this limb. In addition, with real-time imaging, gas or fluid can be seen passing through the lumen of this limb in cases of unobstructed intussusception (Fig 10).

#### ● Intussusceptions with Trapped Peritoneal Fluid

The presence of trapped peritoneal fluid within an intussusception correlates significantly with ischemia and irreducibility ( $P < .001$ , significant odds-likelihood ratio of 11.6–82.8) (18). Fortunately, in developed countries, this complication is seen in less than 15% of cases. Such fluid, which reflects vascular compromise of the everted limb, accumulates between the serosal layers of both limbs of the intussusceptum. The mesentery acts as a wedge and impedes the exit of fluid into the peritoneal cavity.

On axial US scans, this complication appears as the double-crescent-in-doughnut sign. In addition to the usual crescent-in-doughnut appearance, there is an anechoic crescent that represents the trapped ascites (Fig 11). In advanced stages, the everted bowel loop may be-

come dilated probably due to ischemia and the increasing amount of trapped fluid. The dilatation occurs mainly at the antimesenteric border; the result is asymmetric distribution of the fluid (18). At US, asymmetrically distributed fluid can mimic a dilated bowel loop (eg, a closed-loop obstruction) or duplication cyst (43). Conversely, small amounts of free peritoneal fluid are seen in up to 50% of cases (Fig 12). The presence of this finding alone has not been definitely related to ischemia or an increased risk of perforation (5,44,45).

#### ● Blood Flow at Doppler US

Initial reports suggested that absence of blood flow at the apex of an intussusception at Doppler US correlated with bowel necrosis and was a sign of irreducibility (15,46,47). Subsequently, a larger series demonstrated that when blood flow is not visualized at Doppler US, the rate of reduction is lower (48). However, in that series, bowel necrosis was not statistically correlated with absence of the Doppler signal. The presence of blood flow at Doppler US suggests that the intussusception would be reduced (Fig 13). Unfortunately, Doppler US is not available 24 hours a day at many institutions.

### ● Intussusceptions with Lead Points

Most childhood cases of intussusception are idiopathic; that is, they do not have a demonstrated anatomic abnormality that functions as a lead point except for hypertrophied lymphoid tissue. Intussusception lead points such as a Meckel diverticulum, duplication cyst, polyp, or tumor (eg, lymphoma) are uncommon in infants (<5% of cases). Intussusception lead points are more common in neonates (<30 days old), older children (>5 years old), and cases restricted to the small intestine (49). For example, intussusception of the small intestine is common in Peutz-Jeghers syndrome, in Schönlein-Henoch purpura, and after surgery.

Although lead points can be detected with a contrast enema study (50), they can easily be missed or even reduced with this technique (2,51). US allows better detection and characterization of lead points than does a contrast enema study (2,10,52,53).

### ■ TREATMENT

In 1836, Samuel Mitchell reported nonsurgical reduction of an intussusception. Two years later, John Gorham reported five cases treated by means of rectal insufflation of air. In 1876, Harald Hirschsprung reported reduction of an intussusception by means of a hydrostatic enema with transabdominal manipulation.

After the discovery of x rays, it became possible to monitor the reduction process in real time by using positive contrast agents. Fluoroscopically guided enema therapy was performed in the 1920s but was not scientifically tested and standardized until the studies of Ravitch and McCune (54) in the 1940s (55). Since then, contrast enema therapy has been increasingly accepted as the treatment of choice for the reduction of intussusception.

There is continuing discussion without wide agreement about which type of enema is the best for this purpose. The few randomized studies that have been performed did not show statistically significant differences in reduction and perforation rates between air and liquid enemas (3). It is likely that the reported differences in reduction and perforation rates were

related not to the type of enema used but to complications that occurred before enema therapy, the technique used, the intracolonic pressures (56), and the patient selection criteria (10,22). These factors vary among the reported series. In some reports, it is difficult to ascertain many of these factors.

### ■ FACTORS THAT AFFECT THE OUTCOME OF REDUCTION

#### ● Complications

Although there are reports of spontaneous reduction of intussusception (57,58), chronic and recurrent intussusceptions, and rare cases of spontaneous sloughing of the gangrenous intussusceptum through the rectum (59), the usual course of an untreated intussusception is bowel obstruction followed by bowel perforation with peritonitis and septic shock. Currently, the overall perforation rate in developed countries is low (0%–3%) (22).

Perforation may already have occurred before enema therapy (30–32) or may occur during the reduction process. In the latter case, perforation may occur in normal (33,60) or ischemic (31,34,35) bowel segments or in both types (29,61). The occurrence of perforations before enema therapy depends mainly on the promptness of diagnosis and the quality of patient treatment. Therefore, the frequency of such perforations varies widely. The occurrence of perforations during the reduction process depends mainly on the pressure achieved and how long the pressure is applied and partly on the dynamics and physical properties of the contrast material used (62).

Most published studies do not differentiate between perforations established before reduction and perforations induced during reduction. It is difficult to recognize a perforation established before reduction because no cases of childhood intussusception with pneumoperitoneum as the initial finding have been reported, to our knowledge (8,10,29–35). Perforations may occur in the gangrenous ileum (the intussusceptum) or the overdistended colon (the intussusciens). An ileal perforation is covered by the intussusciens, which does not allow gas to escape into the peritoneal cavity. In a colonic perforation, the intussusceptum impedes the exit of the proximal intestinal contents.

Also, because perforation occurs in cases of intussusception in which the diagnosis is delayed, the distal colonic contents will usually have been expelled by the time plain radiography is performed (30).

### ● **Technique of Reduction**

The goal of any type of enema therapy is to reduce the intussusception by exerting pressure on the apex of the intussusceptum to push it from the pathologic position into the original position. The reduction and perforation rates for a specific type of enema therapy are directly proportional to the pressure applied.

Ravitch (59) found that the intracolonic pressure achieved by placing the barium enema bag 3.5 ft (105 cm) above the table did not reduce any intussusception in which the intestine was necrotic or incarcerated. Further studies found that a pressure that did not exceed 120 mm Hg for hydrostatic enemas and 108 mm Hg for air enemas did not perforate the colon in animals (60). The pressure can be controlled by measuring the height of the bag containing the fluid for a hydrostatic enema or using a manometer for an air enema. A pressure of 120 mm Hg is equivalent to a 100-cm column of barium or a 150-cm column of water or water-soluble contrast material (63). This theoretic pressure is achieved during liquid enema therapy only if the diameter of the tubing of the system is sufficiently large to easily transmit the pressure. In hydrostatic enema therapy, use of tubing and a rectal tube of large caliber may be more effective in increasing the effective intracolonic pressure than use of an increased column height (64).

Besides these theoretic considerations, it has been found empirically that intracolonic pressure reaches a plateau during hydrostatic enema therapy. This pressure is more constant than that exerted during air insufflation, which tends to produce oscillations in the intraluminal pressure with peaks that can surpass the pressure threshold. Such pressure fluctuations increase the risk of perforation (62).

There is no agreement on the number and duration of reduction attempts, the efficacy of premedication or sedation, the use of rectal tubes with inflatable retention balloons, or the use of transabdominal manipulation (65-67). This lack of agreement reflects the fact that no large studies, to our knowledge, have demonstrated a definite improvement in the reduction rate with any of these factors.

One component of the classic "rule of threes" is that the number of reduction attempts is capped at three. This rule has been discarded at some institutions, and some authors use a nearly unlimited number of attempts. These authors even use delayed attempts; that is, they repeat the reduction attempt after the patient rests for up to several hours. The aim is to improve the reduction rate (13,17,18,68-73). Use of US guidance permits an even more liberal approach to enema therapy owing to the lack of radiation exposure (16).

Use of sedation had been thought to improve the reduction rate (9). However, the reduction rate has been found to be lower when parenteral sedation is used (66). Sedation prevents the patient from performing the Valsalva maneuver during straining. The Valsalva maneuver increases the intraluminal pressure (by approximately 60 mm Hg) and decreases the colonic transmural pressure gradient. This maneuver improves the effectiveness of enema therapy and protects against perforation, particularly during air enema therapy (60,74,75).

In theory, use of a rectal tube with a retention balloon creates a closed system that transmits the effective pressure of the enema material (liquid or air) without loss of pressure. Use of such a rectal tube could increase the rapidity and effectiveness of enema therapy. However, this closed system could block the spontaneous expulsion of liquid or gas when the pressure suddenly increases (16). Furthermore, we and other authors (59) have found that use of such a rectal tube does not produce a closed system. Many patients can readily expel the balloon catheter during straining.

Enema therapy is usually guided with fluoroscopy when a barium, water-soluble, or air enema is used. US guidance is used when therapy is performed with a water, saline, or gas enema.

### ● **Patient Selection Criteria**

Absolute contraindications to enema therapy are shock that is not readily corrected with intravenous hydration and an established perforation with clinical signs of peritonitis. Criteria that are linked to a lower reduction rate and a higher perforation rate, especially if more than one is present, are as follows: (a) patient age

**Table 1**  
**Advantages and Disadvantages of Barium Enema Therapy**

**Advantages**

- Maximum experience with this method
- Good results with optimized method (55%-90% of cases)
- Good evaluation of ileoileal residual intussusceptions
- Low perforation rate (0.39%-0.7%)

**Disadvantages**

- X-ray exposure required, thus limiting procedure time
- Perforation causes chemical peritonitis
- Visualization of only intraluminal content

less than 3 months or greater than 5 years; (b) long duration of symptoms, especially if greater than 48 hours; (c) passage of blood via the rectum (hematochezia); (d) significant dehydration; (e) obstruction of the small intestine; and (f) visualization of the dissection sign during enema therapy (70,76-80). The dissection sign refers to contrast material within the lumen of the intussusciens that "dissects" for a long distance over the surface of the intussusceptum.

At some institutions, these criteria are used with a scoring system to quantify the risk and determine whether immediate surgery or non-surgical reduction should be performed (71,81). This approach is advisable for institutions that treat only a few cases per year or lack an experienced surgical team. For these institutions, referral of high-risk cases to a tertiary-care hospital that has the experience and personnel to deal with intussusception may be in the patient's best interest (76).

At tertiary-care hospitals, enema therapy is attempted in almost all cases because most patients in shock can be resuscitated with rapid intravenous hydration and because intestinal perforation is difficult to diagnose before enema therapy. Even those patients who ultimately undergo surgery may benefit from partial reduction of the intussusception. Such reduction may decrease the edema in some portions of the intestine, thereby facilitating complete reduction of the intussusception at surgery. This approach may also reduce the frequency of intestinal resection by lessening vascular compromise (68,82).



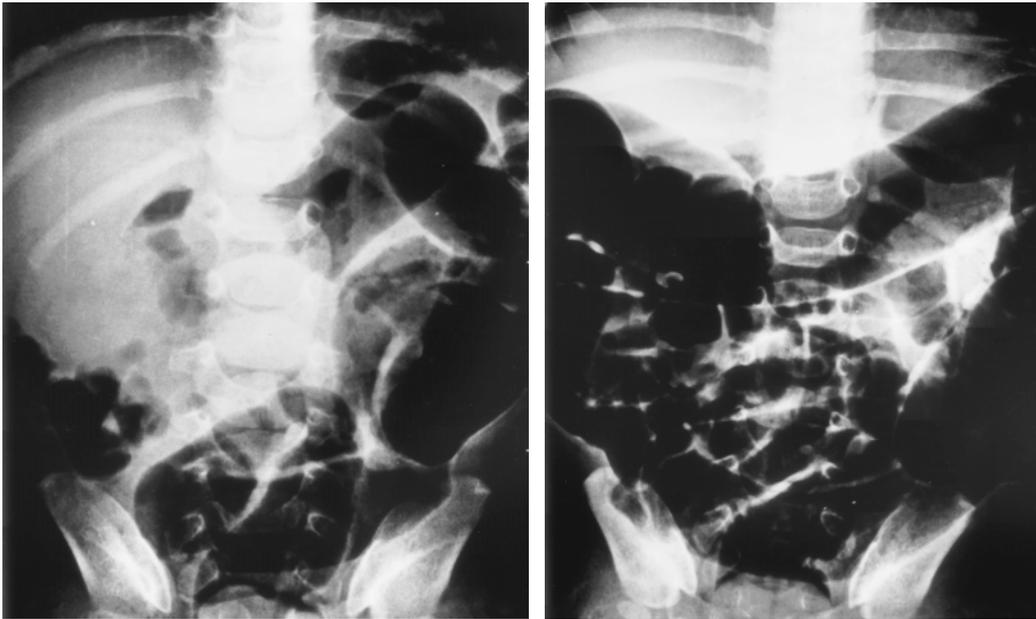
**Figure 14.** Barium enema therapy. Image from a barium enema study shows perforation with free spillage of barium into the peritoneal cavity. The dissection sign is also evident; the intussusceptum is outlined for several centimeters by barium in the colon.

A potential criticism of this approach is that performing enema therapy in a patient with an established perforation could cause the perforation to become manifest or that a perforation could be induced in high-risk cases. Although this criticism has some validity, the new contrast agents do not appear to have the serious adverse consequences of barium in such cases (see the section titled "Types of Enema Therapies") (78). The lesson to be learned is that in cases with clinical or radiologic high-risk factors, a more cautious and gentle approach is advisable during enema therapy.

## ■ TYPES OF ENEMA THERAPIES

### ● Barium Enema

Barium enema has been validated as an effective therapy by extensive experience over a long period. At some institutions, it remains the therapy of choice. However, there is a tendency to replace barium with other contrast agents, primarily because of the sequelae if perforation occurs during barium enema therapy (65). Spillage of barium into the peritoneal cavity produces chemical peritonitis (Fig 14). This is obviously not a desirable outcome because barium remains in the peritoneal cavity forever. However, the long-term consequences of barium spillage do not seem to be any more



**Figure 15.** Air enema therapy. **(a)** Image obtained at the beginning of an air enema study shows the meniscus sign and a mass in the middle of the upper abdomen. **(b)** Image obtained after complete reduction shows gas passing freely into the small intestine.

serious than the formation of granulomas and adhesions. In addition, these complications seem to be related more to fecal contamination than to barium spillage (83).

In older studies, the reduction rate was lower with barium than with the new contrast agents. In more recent studies (49,84), there was no significant difference in the reduction rate between barium and other media (3,85,86). At institutions that treat only a few cases of intussusception per year, it is questionable whether there is a need to replace barium enema therapy with other enema therapies until a worldwide consensus is achieved as to which modality is optimal. This philosophy reflects the difficulty of stabilizing the learning curve for a new method if only a few cases per year are treated (87).

The advantages and disadvantages of barium enema therapy are summarized in Table 1.

#### ● Water-soluble Contrast Enema

The use of water-soluble contrast agents in enema therapy has been supported in North America (56,78). The principal reason for use of these agents is to avoid the chemical peritonitis caused by barium if perforation occurs.

The pathologic changes in the peritoneum (granulomas, adhesions, loculated ascites) appear to be less significant when water-soluble contrast material is used instead of barium (88). There are few reports on the use of water-soluble contrast media. The reduction rate (80%) and perforation rate (3%) do not surpass those of other contrast agents (56,78).

#### ● Air Enema

Air was the first agent used to reduce intussusception, to our knowledge. Air enema therapy was not used for a long time in the Western Hemisphere but recently has become popular in some countries, chiefly in North America (4,6,61,69,70,81,89-92), after successful experiences in Argentina (93) and China (71,72) were reported. This method is quick and clean with a high reduction rate (73%-95%) (Fig 15) and less radiation exposure than barium enema therapy. The decreased radiation exposure is related to the shortened time required to achieve reduction and the milder (in terms of kilovolts and milliamperes) radiographic technique used (4,90,94).

**Table 2**  
**Advantages and Disadvantages of Air Enema Therapy**

<p>Advantages</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Excellent results (70%-95.6% of cases)</li> <li>Less x-ray exposure than with barium enema</li> <li>Easy, quick, clean technique</li> </ul> <p>Disadvantages</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>X-ray exposure required, thus limiting procedure time</li> <li>Higher perforation rate (0.14%-2.8%) with risk of tension pneumoperitoneum</li> <li>Visualization of only intraluminal content</li> <li>Less control of residual ileoileal intussusceptions</li> </ul>
--

Air enema therapy has not been universally adopted because of the increased perforation rate reported (2.8%) (61) and the possibility of tension pneumoperitoneum. In addition, two deaths were reported in one large study (71). The pressure limit used by some authors (120 mm Hg) exceeds the pressure shown to produce perforation in experimental studies (108 mm Hg) (60,86). This fact, along with the oscillations in pressure generated by bulb insufflation (62), could account for the increased perforation rate.

Defenders of air enema therapy argue that (a) the increased perforation rate is not seen in all studies, decreases with experience with the technique, and is not significantly different from the rates of other types of enema therapy; (b) the perforations demonstrated by air enema are small compared with those demonstrated by barium enema and thus less harmful; (c) tension pneumoperitoneum is rare, readily recognized, and easily treated with needle puncture; and (d) the higher perforation rate is accompanied by a significant improvement in the reduction rate. In any case, air enema therapy requires precise control of the pressure and a thorough knowledge of the technique and potential complications (14,84). During the transition from use of barium enema to use of air enema, a conservative approach is preferable. During this transition, the pressure should be raised slowly and progressively (91).

**Table 3**  
**Advantages and Disadvantages of US-guided Saline Enema Therapy**

<p>Advantages</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>No x-ray exposure, thus procedure time not limited</li> <li>Excellent results (76%-95.5% of cases)</li> <li>Visualization of all components of the intussusception</li> <li>Easier recognition of lead points and residual intussusceptions</li> <li>Low perforation rate (0.26%)</li> </ul> <p>Disadvantages</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sonographer or sonologist needed</li> </ul>
---

The advantages and disadvantages of air enema therapy are summarized in Table 2.

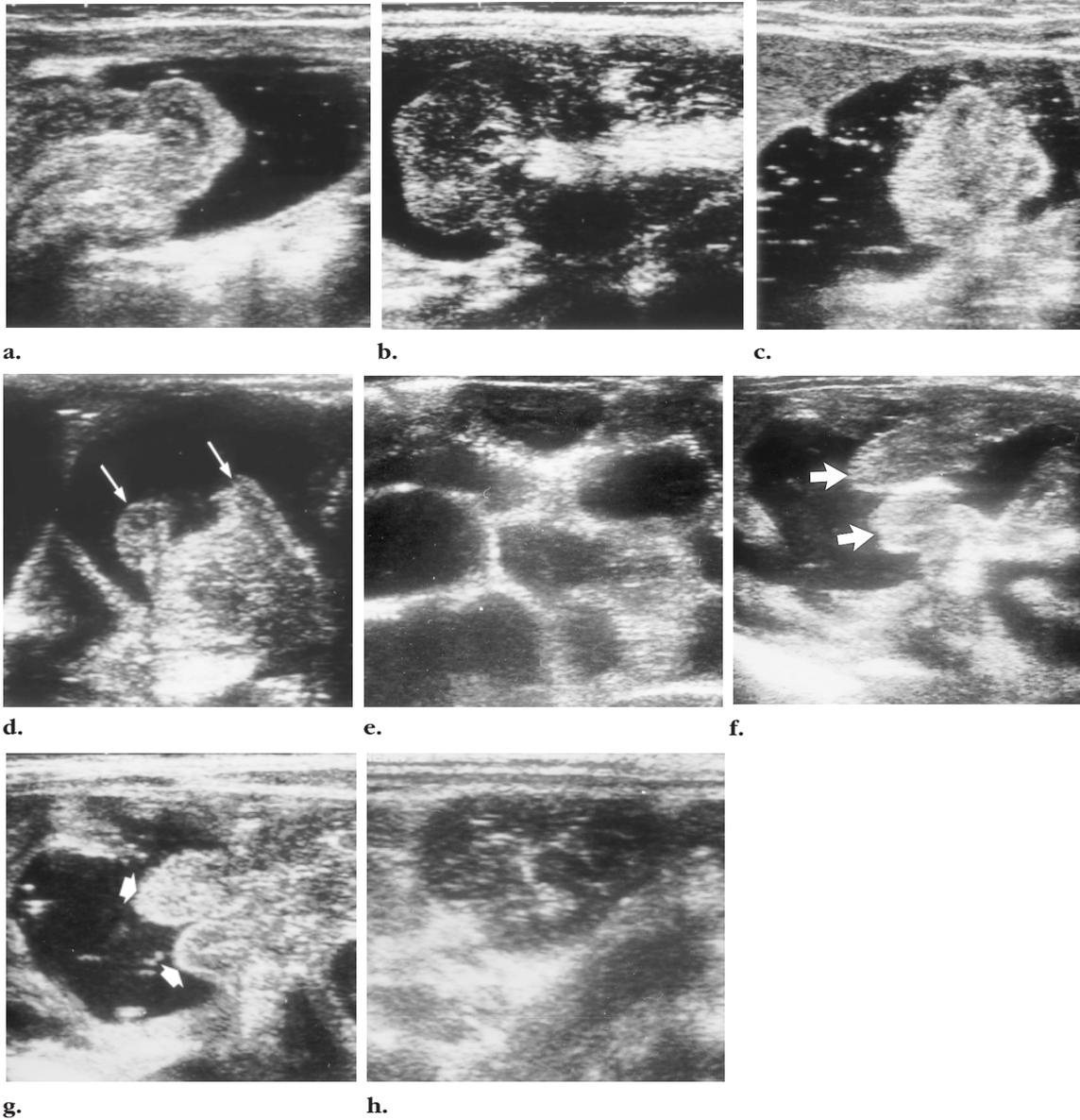
● **US-guided Saline Enema**

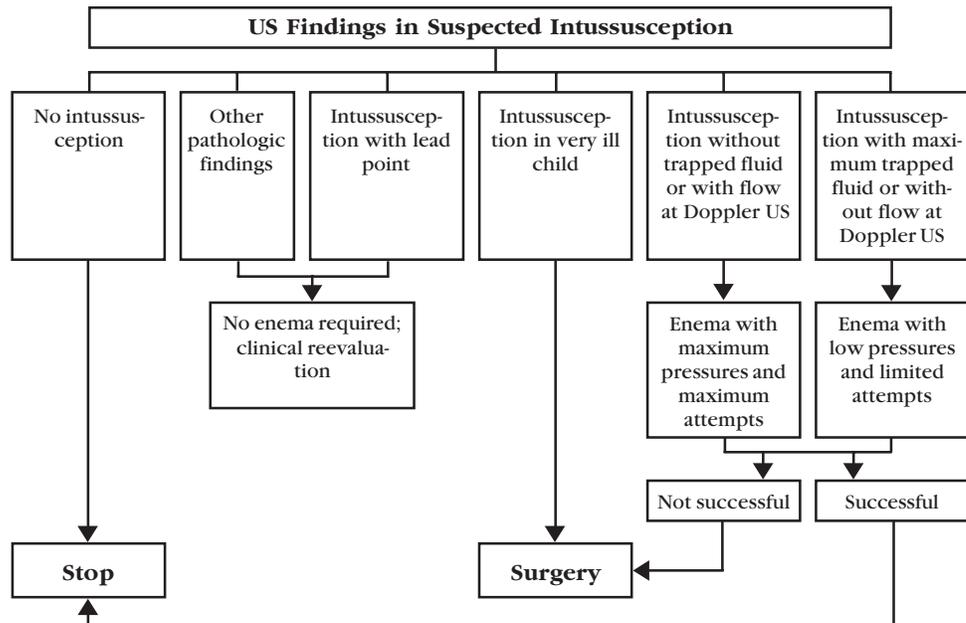
The most important studies of US guidance of intussusception reduction have been performed in the Eastern Hemisphere, where there is extensive experience with the technique. This method is increasingly being used in Europe. The procedure may be performed with water, saline solution, or Hartmann solution (Fig 16). Studies have shown a high reduction rate (76%-95%) with few complications (one perforation in 825 reported cases), results similar to those of other hydrostatic methods (7,13,16-18,20,95-97).

The principal advantage of this technique is the lack of radiation exposure. As a result, there is no limit to the procedure time, a fact that may improve the success rate. A potential disadvantage is that the presence of a sonographer or sonologist is required on a 24-hour basis. Because of the widespread support for use of US to diagnose intussusception (1,2,5,7,10,12,13,15-20,46), this requirement is probably not a real disadvantage. As with any new technique, an alternative method to fall back on may be needed until the learning curve is stabilized. To easily visualize the reduction process, the pressure can be progressively increased from 60 to 120 mm Hg by raising the saline bag.

The advantages and disadvantages of US-guided saline enema therapy are summarized in Table 3.

**Figure 16.** US-guided saline enema therapy. **(a)** Longitudinal US scan shows the fluid outlining the intussusceptum in the transverse colon. This appearance is the US equivalent of the meniscus sign. **(b–d)** Longitudinal US scans show the enema pushing the intussusceptum into the ascending colon **(b)**, into the ileocecal valve **(c)**, and finally through the valve **(d)**. Arrows in **d** = ileocecal valve. **(e, f)** Axial US scans show multiple bowel loops **(e)**, including the terminal ileum **(f)**, filled with fluid. This appearance indicates that complete reduction has been achieved. The thickened and collapsed terminal ileum must not be confused with a residual intussusception. Arrows in **f** = ileocecal valve. **(g)** Longitudinal US scan shows a thickened ileocecal valve (arrows). **(h)** Axial US scan shows the Mercedes-Benz sign, which is produced by the collapsed terminal ileum.





**Figure 17.** Management algorithm for cases with clinical suspicion of intussusception. In this approach, US is the principal imaging modality.

### ● US-guided Air Enema

There has been little experience with US-guided air enema therapy (98). This modality attempts to unite the advantages of air enema therapy (quick and clean method, high reduction rate) with those of US guidance (no radiation exposure). However, because air prevents passage of the ultrasound beam, it can be difficult to visualize the ileocecal valve; therefore, small residual ileoileal intussusceptions can be obscured. Also, it would not be easy to detect perforation with pneumoperitoneum (16). The presence of a large amount of intraluminal or intraperitoneal air could interfere with a subsequent US study if one is required (46).

### ■ MANAGEMENT ALGORITHM

Surgical treatment of an intussusception is indicated if there is shock that cannot be corrected; if lead points, necrosis, or perforation is present; or if the intussusception is irreducible (22). The presence of these features must be determined as far as is possible to minimize unnecessary surgical procedures. Adhesions and volvulus are late complications of surgery in 3%–6% of cases (cumulative risk) (22). Patients who require surgical treatment have a longer hospital stay than those in whom enema therapy is successful (68).

Traditionally, the first imaging study performed when there is clinical suspicion of in-

tussusception is plain radiography. In the setting of vague abdominal symptoms, plain radiography remains the most simple screening test. However, plain radiography does not allow one to confidently rule out intussusception or detect perforation. Therefore, several authors do not recommend plain radiography if there is high clinical suspicion of intussusception (8), especially when the symptoms are of short duration. In such cases, US should be the initial imaging procedure (10,13,16). US allows one to confidently diagnose or rule out intussusception, make alternative diagnoses, and characterize lead points. If US is not available, a contrast enema study must be performed to exclude intussusception.

Formerly, determination of the presence of ischemia or irreducibility was based primarily on clinical criteria. However, US can help identify these high-risk features by demonstrating fluid trapped within the intussusception (18) or absence of blood flow at Doppler imaging (15,46–48). Identification of these features indicates a need to adopt a more cautious and gentle approach.

When there are no high-risk features at clinical examination and US, enema reduction should be attempted with no limits set on the effort. The enema can be guided with fluoroscopy or US. We prefer the latter modality because there are no time constraints as there are with fluoroscopy. An algorithm for the management of childhood intussusception is given in Figure 17.

## ■ CONCLUSIONS

Plain radiography is of limited value in the diagnosis of intussusception. US has permitted a more comprehensive understanding of the anatomy and pathophysiology of intussusception. An accurate and safe modality, US may also allow one to detect lead points and identify alternative diagnoses. Thorough knowledge of the US features characteristic of intussusception (eg, the crescent-in-doughnut, multiple concentric ring, sandwich, and hayfork signs and variants of these signs) is a prerequisite for accurate diagnosis. Indicators of ischemia and irreducibility at US are fluid trapped within the intussusception and absence of blood flow at Doppler imaging.

Nonsurgical treatment of intussusception is possible in most cases, especially at institutions with pediatric surgery facilities and personnel for use as a backup. There is a trend toward performing enema therapy with agents other than barium (eg, water-soluble agents, air, saline solution) because other agents will not persist in the peritoneal cavity if perforation occurs. In the absence of large, randomized studies, the reported differences in reduction and perforation rates are probably due more to complications that occurred before enema therapy, the pressures exerted, and patient selection criteria than to the type of enema used. However, liquid agents appear to cause fewer perforations. Use of US guidance eliminates the disadvantage of radiation exposure, thus allowing a greater number of attempts at hydrostatic reduction.

**Acknowledgments:** We thank the staff and residents of the radiology department at our institution for their collaboration in our work. We also thank Robert J. Starshak, MD, for his valuable assistance in the preparation of the manuscript.

## ■ REFERENCES

1. Pracros JP, Tran-Minh VA, Morin de Finfe CH, Delfrenne-Pracros P, Louis D, Basset T. Acute intestinal intussusception in children: contribution of ultrasonography (145 cases). *Ann Radiol* 1987; 30:525-530.
2. Miller SF, Landes AB, Dautenhahn LW, et al. Intussusception: ability of fluoroscopic images obtained during air enemas to depict lead points and other abnormalities. *Radiology* 1995; 197:493-496.
3. Meyer JS, Dangman BC, Buonomo C, Berlin JA. Air and liquid contrast agents in the management of intussusception: a controlled, randomized trial. *Radiology* 1993; 188:507-511.
4. Gu L, Alton DJ, Daneman A, et al. Intussusception reduction in children by rectal insufflation of air. *AJR* 1988; 150:1345-1348.
5. Verschelden P, Filiatrault D, Garel L, et al. Intussusception in children: reliability of US in diagnosis—a prospective study. *Radiology* 1992; 184:741-744.
6. Shiels WE II, Maves CK, Hedlung GL, Kirks DR. Air enema for diagnosis and reduction of intussusception: clinical experience and pressure correlates. *Radiology* 1991; 181:169-172.
7. Woo SK, Kim JS, Suh SJ, Paik TW, Choi SO. Childhood intussusception: US-guided hydrostatic reduction. *Radiology* 1992; 182:77-80.
8. Sargent MA, Babyn P, Alton DJ. Plain abdominal radiography in suspected intussusception: a reassessment. *Pediatr Radiol* 1994; 24:17-20.
9. Bisset GS III, Kirks DR. Intussusception in infants and children: diagnosis and therapy. *Radiology* 1988; 168:141-143.
10. Daneman A, Alton DJ. Intussusception: issues and controversies related to diagnosis and reduction. *Radiol Clin North Am* 1996; 34:743-756.
11. Shanbhogue RLK, Hussain SM, Meradji M, Robben SGF, Vernooij JEM, Molenaar JC. Ultrasonography is accurate enough for the diagnosis of intussusception. *J Pediatr Surg* 1994; 29:324-328.
12. Swischuk LE, Hayden CK, Boulden T. Intussusception: indications for ultrasonography and explanation of the doughnut and pseudokidney signs. *Pediatr Radiol* 1985; 15:388-391.
13. Riebel TW, Nasir R, Weber K. US-guided hydrostatic reduction of intussusception in children. *Radiology* 1993; 188:513-516.
14. Kirks DR. Diagnosis and treatment of pediatric intussusception: how far should we push our radiologic techniques? *Radiology* 1994; 191:622-623.
15. Lim HK, Bae SH, Lee KH, Seo GS, Yoon GS. Assessment of reducibility of ileocolic intussusception in children: usefulness of color Doppler sonography. *Radiology* 1994; 191:781-785.
16. Rohrschneider WK, Tröger J. Hydrostatic reduction of intussusception under US guidance. *Pediatr Radiol* 1995; 25:530-534.
17. del-Pozo G, Albillos JC, Tejedor D. Intussusception: US findings with pathologic correlation—the crescent-in-doughnut sign. *Radiology* 1996; 199:688-692.
18. del-Pozo G, González-Spinola J, Gómez-Ansón B, et al. Intussusception: trapped peritoneal fluid detected with US—relationship to reducibility and ischemia. *Radiology* 1996; 201:379-386.
19. Bhisitkul DM, Listernick R, Shkolnik A, et al. Clinical application of ultrasonography in the diagnosis of intussusception. *J Pediatr* 1992; 121:182-186.
20. Wang GD, Liu SJ. Enema reduction of intussusception by hydrostatic pressure under ultrasound guidance: a report of 377 cases. *J Pediatr Surg* 1988; 23:814-818.
21. Beasley SW, Auldism AW, Stokes KB. The diagnostically difficult intussusception: its characteristics and consequences. *Pediatr Surg Int* 1988; 3:135-138.
22. Stringer MD, Pablot SM, Brereton RJ. Paediatric intussusception. *Br J Surg* 1992; 79:867-876.

23. Lee JM, Kim H, Byum JY, et al. Intussusception: characteristic radiolucencies on the abdominal radiograph. *Pediatr Radiol* 1994; 24:293-295.
24. Gilsanz V. Displacement of the appendix in intussusception. *AJR* 1984; 142:407-408.
25. Ratcliffe JF, Fong S, Cheong I, O'Connell P. Plain film diagnosis of intussusception: prevalence of the target sign. *AJR* 1992; 158:619-621.
26. Ratcliffe JF, Fong S, Cheong I, O'Connell P. The plain abdominal film in intussusception: the accuracy and incidence of radiographic signs. *Pediatr Radiol* 1992; 22:110-111.
27. Elkof O, Martelius H. Reliability of the abdominal plain film diagnosis in pediatric patients with suspected intussusception. *Pediatr Radiol* 1980; 9:199-206.
28. Meradji M, Hussain SM, Robben SGF, Hop WCJ. Plain film diagnosis in intussusception. *Br J Radiol* 1994; 67:147-149.
29. Daneman A, Alton DJ, Ein S, Wesson D, Superina R, Thorner P. Perforation during attempted intussusception reduction in children: a comparison of perforation with barium and air. *Pediatr Radiol* 1995; 25:81-88.
30. Mitra SK, Rao PLNG, Bhattacharyya NC, Pathak IC. Rupture of intussusciens. *J Pediatr Surg* 1982; 17:300-301.
31. Bramson RT, Blickman JG. Perforation during hydrostatic reduction of intussusception: proposed mechanism and review of the literature. *J Pediatr Surg* 1992; 27:589-591.
32. Armstrong EA, Dunbar JS, Graviss ER, Martin L, Rosenkrantz J. Intussusception complicated by distal perforation of the colon. *Radiology* 1980; 136:77-81.
33. Bashour SB, Pierce RJ. Perforation of normal colon by barium enema in an infant with gangrenous ileocolonic intussusception. *Am J Surg* 1966; 112:787-790.
34. Naylor HG. Hydrostatic perforation of intussusception. *Br J Surg* 1970; 57:69-80.
35. Humphry A, Ein SH, Mok PM. Perforation of the intussuscepted colon. *AJR* 1981; 137:1135-1138.
36. Uhland H, Parshley PF. Obscure intussusception diagnosed by ultrasonography. *JAMA* 1978; 239:224.
37. Weissberg DL, Scheible W, Leopold GR. Ultrasonic appearance of adult intussusception. *Radiology* 1977; 124:791-792.
38. Burke LF, Clark E. Ileocolic intussusception: a case report. *JCU* 1977; 5:346-347.
39. Friedman AP, Haller JO, Schneider M, Schussheim A. Sonographic appearance of intussusception in children. *Am J Gastroenterol* 1979; 72:92-94.
40. Holt S, Samuel E. Multiple concentric ring sign in the ultrasonographic diagnosis of intussusception. *Gastrointest Radiol* 1978; 3:307-309.
41. Montali G, Croce F, de Pra L, Solbiati L. Intussusception of the bowel: a new sonographic pattern. *Br J Radiol* 1983; 56:621-623.
42. Alessi V, Salerno G. The "hay-fork" sign in the ultrasonographic diagnosis of intussusception. *Gastrointest Radiol* 1985; 10:177-179.
43. Kenney IJ. Ultrasound in intussusception: a false cystic lead point. *Pediatr Radiol* 1990; 20:348.
44. Swischuk LE, Stansberry SD. Ultrasonographic detection of free peritoneal fluid in uncomplicated intussusception. *Pediatr Radiol* 1991; 21:350-351.
45. Feinstein KA, Myers M, Fernbach SK, Bhisitkul DM. Peritoneal fluid in children with intussusception: its sonographic detection and relationship to successful reduction. *Abdom Imaging* 1993; 18:277-279.
46. Lam AH, Firman K. Value of sonography including color Doppler in the diagnosis and management of long-standing intussusception. *Pediatr Radiol* 1992; 22:112-114.
47. Lagalla R, Caruso G, Novara V, Derchi LE, Cardinale AE. Color Doppler ultrasonography in pediatric intussusception. *J Ultrasound Med* 1994; 13:171-174.
48. Kong MS, Wong HF, Lin SL, Chung JL, Lin JN. Factors related to detection of blood flow by color Doppler ultrasonography in intussusception. *J Ultrasound Med* 1997; 16:141-144.
49. Eklöf OA, Johanson L, Löhr G. Childhood intussusception: hydrostatic reducibility and incidence of leading points in different age groups. *Pediatr Radiol* 1980; 10:83-86.
50. Ein SH. Leading points in childhood intussusception. *J Pediatr Surg* 1976; 11:209-211.
51. Fecteau A, Flageole H, Nguyen LT, Laberge JM, Shaw KS, Guttman FM. Recurrent intussusception: safe use of hydrostatic enema. *J Pediatr Surg* 1996; 31:859-861.
52. Adamsbaum C, Sellier N, Helardot P. Ileocolic intussusception with enterogenous cyst: ultrasonic diagnosis. *Pediatr Radiol* 1989; 19:325.
53. Lam AJ, Firman K. Ultrasound of intussusception with lead points. *Australas Radiol* 1991; 35:343-345.
54. Ravitch M, McCune RM. Reduction of intussusceptions by barium enema. *Ann Surg* 1948; 128:904-917.
55. McDermott VGM. Childhood intussusception and approaches to treatment: a historical review. *Pediatr Radiol* 1994; 24:153-155.
56. Swischuk LE. The current radiologic management of intussusception: a survey and review (editorial). *Pediatr Radiol* 1992; 22:317.
57. Morrison SC, Stork E. Documentation of spontaneous reduction of childhood intussusception by ultrasound. *Pediatr Radiol* 1990; 20:358-359.
58. Swischuk LE, John SD, Swischuk PN. Spontaneous reduction of intussusception: verification with US. *Radiology* 1994; 192:269-271.
59. Ravitch MM. Intussusception. In: Ravitch MM, ed. *Pediatric surgery*. 4th ed. Chicago, Ill: Year Book Medical, 1986; 868-882.
60. Shiels WE II, Kirks DR, Keller GL, et al. Colonic perforation by air and liquid enemas: comparison study in young pigs. *AJR* 1993; 160:931-935.
61. Stein M, Alton DJ, Daneman A. Pneumatic reduction of intussusception: 5-year experience. *Radiology* 1992; 183:681-684.
62. Zambuto D, Bramson RT, Blickman JG. Intracolonic pressure measurements during hydrostatic and air contrast barium enema studies in children. *Radiology* 1995; 196:55-58.

63. Kuta AJ, Benator RM. Intussusception: hydrostatic pressure equivalents for barium and meglumine sodium diatrizoate. *Radiology* 1990; 175:125-126.
64. Schmitz-Rode T, Müller-Leisse C, Alzen G. Comparative examination of various rectal tubes and contrast media for the reduction of intussusceptions. *Pediatr Radiol* 1991; 21:341-345.
65. Meyer SE. The current radiologic management of intussusception: a survey and review. *Pediatr Radiol* 1992; 22:323-325.
66. Katz ME, Kolm P. Intussusception reduction 1991: an international survey of pediatric radiologists. *Pediatr Radiol* 1992; 22:318-322.
67. Grasso SN, Katz ME, Presberg HJ, Croitoru DP. Transabdominal manually assisted reduction of pediatric intussusception: reappraisal of this historical technique. *Radiology* 1994; 191:777-779.
68. Connolly B, Alton DJ, Ein SH, Daneman A. Partially reduced intussusception: when are repeated delayed reduction attempts appropriate? *Pediatr Radiol* 1995; 25:104-107.
69. Glover JM, Beasley SW, Phelan E. Intussusception: effectiveness of gas enema. *Pediatr Surg Int* 1991; 6:195-197.
70. Katz M, Phelan E, Carlin JB, Beasley SW. Gas enema for the reduction of intussusception: relationship between clinical signs and symptoms and outcome. *AJR* 1993; 160:363-366.
71. Guo JZ, Ma XY, Zhou QH. Results of air pressure enema reduction of intussusception: 6,396 cases in 13 years. *J Pediatr Surg* 1986; 21:1201-1203.
72. Jinzhe Z, Yenxia W, Linchi W. Rectal inflation reduction of intussusception in infants. *J Pediatr Surg* 1986; 21:30-32.
73. Saxton V, Katz M, Phelan W, Beasley SW. Intussusception: a repeat delayed gas enema increases the nonoperative reduction rate. *J Pediatr Surg* 1994; 29:588-589.
74. Bramson RT, Shiels WE II, Eskey CJ, Hu SY. Intraluminal colon pressure dynamics with Valsalva maneuver during air enema study. *Radiology* 1997; 202:825-828.
75. Diner W, Patel G, Texter E, Baker M, Tune J, Hightower M. Intraluminal pressure measurements during barium enema: full column vs air contrast. *AJR* 1981; 137:217-221.
76. den Hollander D, Burge DM. Exclusion criteria and outcome in pressure reduction of intussusception. *Arch Dis Child* 1993; 68:79-81.
77. Reijnen JAM, Festen C, van Roosmalen. Intussusception: factors related to treatment. *Arch Dis Child* 1990; 65:871-873.
78. Barr LL, Stansberry SD, Swischuk LE. Significance of age, duration, obstruction, and the dissection sign in intussusception. *Pediatr Radiol* 1990; 20:454-456.
79. Stephenson CA, Seibert JJ, Strain JD, Glasier CM, Leithiser RE Jr, Iqbal V. Intussusception: clinical and radiographic factors influencing reducibility. *Pediatr Radiol* 1989; 20:57-60.
80. Fishman MC, Borden S, Cooper A. The dissection sign of nonreducible ileocolic intussusception. *AJR* 1984; 143:5-8.
81. Zheng JY, Frush DP, Guo JZ. Review of pneumatic reduction of intussusception: evolution not revolution. *J Pediatr Surg* 1994; 29:93-97.
82. Collins DL, Pinckney LE, Miller KE, et al. Hydrostatic reduction of ileocolic intussusception: a second attempt in the operating room with general anesthesia. *J Pediatr* 1989; 115:204-207.
83. Kleinsasser LRJ, Warshaw H. Perforation of the sigmoid colon during barium enema: report of a case with review of the literature, and experimental study of the effect of barium sulfate injected intraperitoneally. *Ann Surg* 1952; 135:560-565.
84. Girdany BR. Some thoughts on pneumatic reduction of intussusception. *Pediatr Radiol* 1988; 18:103-104.
85. Palder SB, Ein SH, Stringer DA, Alton D. Intussusception: barium or air? *J Pediatr Surg* 1991; 26:271-275.
86. Poznansky AK. Why I still use barium for intussusception. *Pediatr Radiol* 1995; 25:92-93.
87. Franken EA Jr. Nonsurgical treatment of intussusception. *AJR* 1988; 150:1353-1354.
88. Ginai AZ. Experimentation evaluation of various available contrast agents for use in the gastrointestinal tract in case of suspected leakage: effects on peritoneum. *Br J Radiol* 1985; 58:969-978.
89. Tamanaha K, Wimbish K, Talwalkar YB, Ashimine K. Air reduction of intussusception in infants and children. *J Pediatr* 1987; 111:733-736.
90. Phelan E, de Campo JF, Malecky G. Comparison of oxygen and barium reduction of ileocolic intussusception. *AJR* 1988; 150:1349-1352.
91. de Campo JF, Phelan E. Gas reduction of intussusception. *Pediatr Radiol* 1989; 19:297-298.
92. Kirks DR. Air intussusception reduction: "the winds of change." *Pediatr Radiol* 1995; 25:89-91.
93. Fiorito ES, Cuestas LAR. Diagnosis and treatment of acute intestinal intussusception with controlled insufflation of air. *Pediatrics* 1959; 24:241-244.
94. Persliden J, Schuwert P, Mortensson W. Comparison of absorbed radiation doses in barium and air enema reduction of intussusception: a phantom study. *Pediatr Radiol* 1996; 26:329-332.
95. Bolia AA. Diagnosis and hydrostatic reduction of an intussusception under ultrasound guidance. *Clin Radiol* 1985; 36:655-657.
96. Choi SO, Park WH, Woo SK. Ultrasound-guided water enema: an alternative method of nonoperative treatment for childhood intussusception. *J Pediatr Surg* 1994; 29:498-500.
97. Peh WCG, Khong PL, Chan KL, et al. Sonographically guided hydrostatic reduction of childhood intussusception using Hartmann's solution. *AJR* 1996; 167:1237-1241.
98. Todani T, Sato Y, Watanabe Y, Toki A, Uemura A, Urushihara N. Air reduction for intussusception in infancy and childhood: ultrasonographic diagnosis and management without x-ray exposure. *Z Kinderchir* 1990; 45:222-226.

## **V. DISCUSIÓN INTEGRADORA**

## 1. DISCUSIÓN DEL SIGNO DE “CRESCENT IN DOUGHNUT”.

La causa más frecuente de abdomen agudo de 6 meses a 2 años es la invaginación intestinal. La limitación de la morbi-mortalidad ligada a esta patología se basa en la realización de un diagnóstico precoz y certero. Dentro del contexto clínico adecuado, el US tiene referidas altas sensibilidades (98.5%-100%) en el diagnóstico de la invaginación((29;31;32;50;68;100). Sin embargo, aisladamente, los signos US clásicamente utilizados para ello (“doughnut” y “pseudorriñón”) no son patognomónicos, ya que pueden observarse también en asas intestinales normales o patológicas y, por lo tanto, pueden conducir a falsos diagnósticos (18;29;31;61;63;64;71;86). Diversos autores han buscado rasgos distintivos en la imagen US de la invaginación a través de la explicación de sus componentes. Hipótesis previas, limitadas en ocasiones por la inexistencia de equipos de alta resolución y de descripciones sobre la anatomía US intestinal hasta fechas recientes(69), no han podido ser totalmente constatadas y difieren parcialmente de nuestras observaciones (50;54;56;57;60-64). Existe dificultad para hacer una correlación US- anatomía patológica en la invaginación idiopática dada la escasez de resecciones en bloque. Las invaginaciones que son operadas, han de ser, al menos, parcialmente desinvaginadas de forma manual para valorar la viabilidad del asa antes de una posible resección. En nuestro conocimiento no se han realizado estudios de correlación de los hallazgos US *in vitro* e histológicos de la invaginación en animales. Nuestro trabajo demuestra, junto al estudio comparativo *in vivo*, los diferentes componentes de la invaginación.

La imagen US de la invaginación es compleja (Figura.1, pag 112). Aunque son dos asas las involucradas -el *intussusciens* o receptor y el *intussusceptum* o donante-, son tres paredes las que intervienen, ya que el *intussusceptum* es doble y tiene un componente que se sitúa en la zona intermedia de la invaginación, el *intussusceptum* regresando, y otro localizado más internamente, el *intussusceptum* entrante. Además, el *intussusceptum* arrastra

su mesenterio que queda englobado entre sus dos componentes. Según nuestros hallazgos *in vitro*, el telescopaje de un asa intestinal se produce gracias a la eversión de una parte de la misma (*intussusceptum* regresando) ya que no existe pérdida de su continuidad con el resto del tubo digestivo. Esto hace que de los tres segmentos intestinales involucrados, el externo (*intussusciens*) y el medio (*intussusceptum* regresando) contacten por sus mucosas mientras que el medio (*intussusceptum* regresando) y el interno (*intussusceptum* entrante) lo hagan por sus serosas, salvo en la zona en que queda interpuesto el mesenterio. Por lo tanto, en la sección de toda invaginación se visualizan cuatro estructuras que son de fuera a dentro: *intussusciens*, *intussusceptum* regresando evertido, mesenterio e *intussusceptum* entrante o central.

La imagen US axial de la invaginación muestra una morfología en "doughnut". El anillo externo hipoeoico del "doughnut", ha sido relacionado con el *intussusciens* por algunos autores(61;63) y con el *intussusceptum* regresando por otros(60;62). Actualmente, sin embargo, se acepta que está formado por los dos segmentos edematosos del *intussusceptum*(18;64;68;71;100). Ahora bien, según nuestros hallazgos, el *intussusceptum* entrante está incluido en el centro del "doughnut" y, el anillo externo está compuesto por el *intussusceptum* regresando edematoso y evertido y, en menor grado, por el *intussusciens*. Este último dato ha sido también observado aisladamente por otros autores al realizar enemas salinos bajo control US(50).

La zona hiperecoica central del "doughnut" se observa en todos los casos al menos en un nivel del corte como una estructura que característicamente presenta una morfología en semiluna o "croissant". Nuestro estudio confirma que la estructura en forma de semiluna o "crescent" corresponde al mesenterio(63;65), lo cual está de acuerdo con estudios previos realizados mediante TC(70), aunque difiere de la explicación inicial que la relacionaba con la mucosa comprimida del asa interna(57;64). La disposición del mesenterio podría explicarse por el hecho de que es una estructura que se encuentra fija o anclada a un solo borde del asa, por lo que dentro de la invaginación se situaría en paralelo y abrazaría de forma excéntrica al *intussusceptum* entrante como una bandera

colgando de su asta. El “crescent” mesentérico puede ser heterogéneo debido a la presencia de áreas hipoecoicas que básicamente son adenopatías o vasos.

Como otros autores, hemos encontrado variaciones en la imagen de la invaginación según el nivel del corte(60;62;67;75) debido a que el volumen de mesenterio incluido en la invaginación se incrementa a medida que nos aproximamos a su base y también, aunque en menor medida, al *intussusceptum*, cuyo edema aumenta desde la base hacia el ápex(60;62). Por lo tanto, en el vértice de la invaginación, debido a la ausencia del mesenterio, el centro del “doughnut” será un área hipoecoica (*intussusceptum* entrante) como ya sugerían otros autores(60;62). Este patrón del vértice de la invaginación podría variar en los casos en que exista un punto guía, como quistes de duplicación o tumores(66;101).

Este signo del “crescent-in-doughnut” puede observarse en cortes ecográficos de invaginación en artículos previamente publicados(29;54;61-66;75-77), aunque no llamó la atención.

En los cortes US axiales de la invaginación pueden observarse otras variantes, entre las que se incluyen la imagen de múltiples anillos concéntricos(56) y la imagen en múltiples capas o en piel de cebolla(64). La primera podría deberse a la “fusión” de las capas hiperecoicas correspondientes a las submucosas y serosas enfrentadas del *intussusceptum* cuando se obtienen las imágenes en equipos con insuficiente resolución o bien a que el mesenterio gira (dejando de ser excéntrico) en la zona media de la invaginación. En relación a la segunda variante, nuestros hallazgos están de acuerdo con la hipótesis propugnada por otros autores(64) de que, en los casos de invaginaciones con poco edema, las distintas capas de la pared intestinal pueden producir una imagen en múltiples capas o en piel de cebolla (como hemos encontrado en nuestros estudios en animales), de forma que pueden diferenciarse hasta 15 capas. Cuando el edema es mayor y aparecen ulceraciones en la mucosa, estas capas se diferenciarían peor, pudiendo transformarse en un anillo hipoecoico.

Por tanto, la invaginación puede presentar varias imágenes dependiendo de tres factores: (1) longitud de la invaginación (a mayor longitud, mayor grosor del mesenterio englobado), (2) nivel al que se efectúe la sección (cuanto más cercana a la base, mayor es el espesor del mesenterio) y (3) alteraciones vasculares que tienden a producir una pérdida de diferenciación entre las diferentes capas de las asas intestinales.

Creemos que este estudio comparativo entre los hallazgos US objetivados en animales y en pacientes es válido en cuanto al número y disposición de los componentes de la invaginación, pero no así en cuanto al grosor y apariencia de los mismos ya que en los animales, probablemente debido al menor tiempo de evolución y menor longitud de la invaginación, no se logró el mismo grado de edema parietal ni de grosor mesentérico que en humanos.

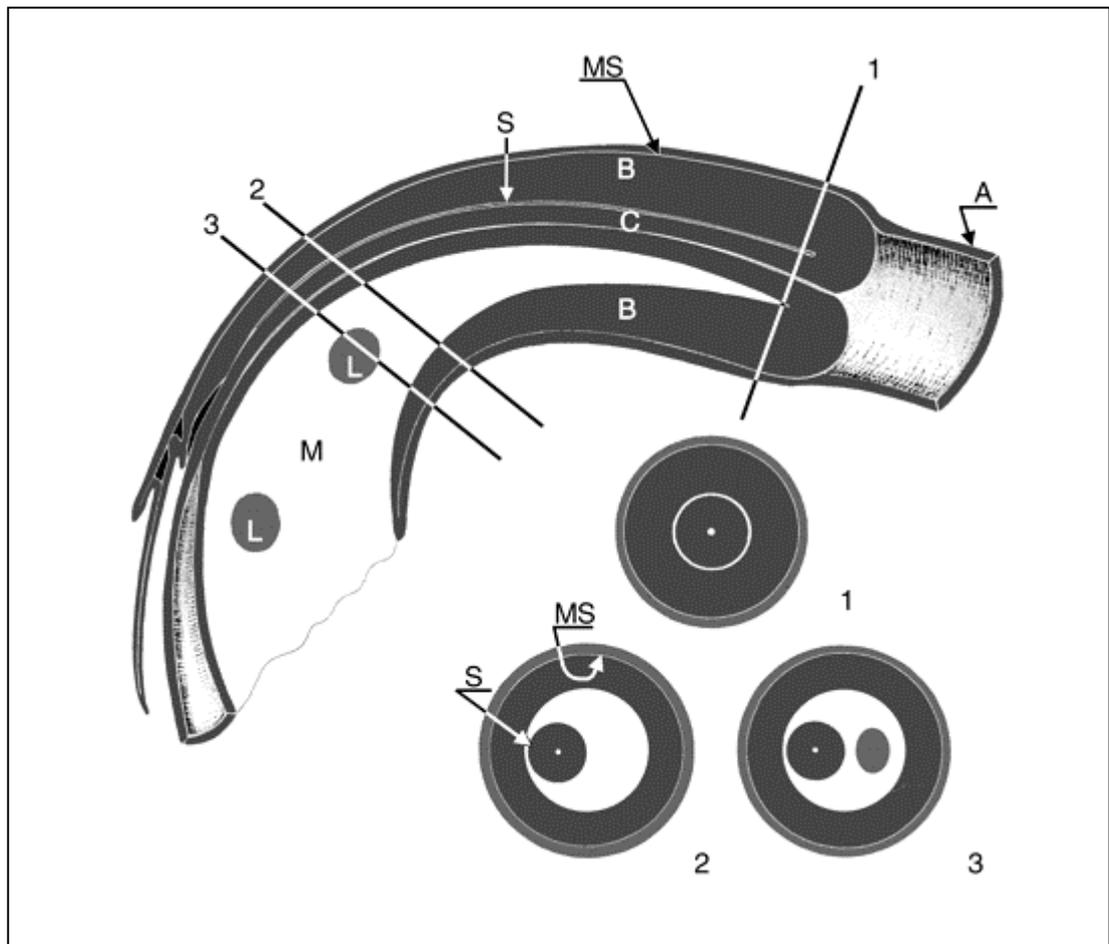


Figura 1. Representación esquemática de una invaginación ileocólica y de las imágenes US obtenidas a diferentes niveles de corte. Pueden observarse tres asas intestinales y el mesenterio. En la sección longitudinal se aprecia el *intussusciens* (A: ITE o pared intestinal más externa) el cual contiene los dos segmentos del *intussusceptum* el que regresa (B: ITUR o pared intestinal media) edematoso y evertido y el que entra (C: ITUE o pared intestinal más interna) localizado en el centro de la invaginación junto al mesenterio (M) arrastrado que contiene algunas adenopatías (L). Debido a la eversión del *intussusceptum* regresando, éste contacta con el *intussusciens* por sus respectivas superficies mucosas (MS) y con el *intussusceptum* entrante por sus serosas (S), salvo en la zona en que se interpone el mesenterio. En las secciones axiales (1, 2, 3) se observa un "doughnut" con un anillo hipocóico periférico (*intussusceptum* regresando e *intussusciens*) y un centro que varía según el nivel de corte: 1 (vértice): centro hipocóico (*intussusceptum* entrante); 2 (base): centro hiperecogénico en forma de semiluna debido al mesenterio abrazando al *intussusceptum* entrante (imagen de "crescent-in-doughnut"); C (base): "crescent" hiperecogénico con un área adicional hipocóica debida a una adenopatía.

## 2. DISCUSIÓN DEL LÍQUIDO EN EL INTERIOR DE LA INVAGINACIÓN

Tanto la perforación como la irreductibilidad, dos aspectos cruciales para el manejo y evolución de la invaginación, son difíciles de determinar. Diagnosticar una perforación basándose en el diagnóstico clínico-radiológico de shock o peritonitis acarrea bastantes dificultades. Hay colapsos que regresan tras la rehidratación(102), y existen presentaciones atípicas de invaginación que simulan shock(17). Además, no se ha publicado la existencia de neumoperitoneo en las radiografías simples previas a la reducción mediante enema, incluso en los casos con perforaciones manifiestas(13;24). De la misma forma, predecir la reductibilidad o el grado de compromiso del intestino de forma previa a la cirugía es casi imposible(102). Por lo tanto, se han establecido unas presiones máximas (108-120 mm Hg) a la hora de la reducción mediante enema, para evitar la perforación del colon normal (30) y la reducción de invaginaciones gangrenadas(9), lo que puede llevar posteriormente a perforaciones ileales o estenosis tardías .

En los últimos años varios estudios ultrasonográficos han intentado evaluar factores pronósticos de irreductibilidad, isquemia y perforación, tales como la presencia de un grueso anillo hipoecoico en la imagen de “doughnut” asociado a mala visualización de las diferentes capas debido al edema(64). La asociación del grosor de este anillo con irreductibilidad demostrada en algunas series(29;75;108) no se ha comprobado en otras (31;75;105;107). Recientemente Ko et al. en una serie de 19 pacientes con invaginación de intestino delgado probada por cirugía, analizan el diámetro transversal de las invaginaciones y el grosor del anillo hipoecoico externo de la lesión en diana no asociando ninguno de ellos valor predictivo con significación estadística para la presencia de complicaciones intestinales(103).

Estas discrepancias podrían ser debidas al menos a dos factores. En primer lugar estos trabajos no precisan donde se han realizado las mediciones del grosor del anillo y es conocido que tanto el edema del *intussusceptum*(9) como la apariencia misma de la invaginación, según muestran nuestros trabajos, varía a lo largo de su longitud. En

segundo lugar, pequeños grosores del anillo pueden relacionarse no sólo con escasos grados de edema, sino también, según nuestros resultados con isquemia y adelgazamiento del *intussusceptum*

Por otro lado, la presencia de líquido libre intraperitoneal detectado ecográficamente tampoco se ha relacionado claramente con perforación o irreductibilidad (31;32;68;76;77). Estos resultados podrían explicarse por el hecho de que al menos parte del líquido que trasuda el asa comprometida puede quedar atrapado dentro del *intussusceptum* como se desprende de los resultados de este trabajo. Finalmente, estudios mediante ultrasonografía con Doppler-color sugieren una asociación entre la ausencia de flujos en la porción más distal de la invaginación y la presencia de gangrena e irreductibilidad(68;78;79). Nuestra experiencia en este campo ha estado limitada debido a la falta de disponibilidad de personal experimentado en Doppler-color durante las 24 horas del día.

El LII es un hallazgo que ha sido referido de forma escasa en la literatura como forma atípica de presentación US de la invaginación(32), habiéndose interpretado por la mayoría de los autores como líquido en el interior de la luz no completamente colapsada del *intussusceptum*(31;64;72). Sin embargo, según la semiología US de la invaginación descrita previamente por nosotros, el líquido observado en todos nuestros casos estaba delimitado por ambas serosas del *intussusceptum* evertido y doblado sobre sí mismo, correspondiendo por tanto a un trasudado peritoneal atrapado. Esta interpretación está apoyada por la cirugía en nuestros casos, así como en uno publicado previamente(104), en donde no se demostró lesión quística orgánica, y sí líquido atrapado dentro de la invaginación.

Además, nuestros resultados muestran una fuerte relación entre la presencia de LII y el compromiso de la pared intestinal. Una posible explicación a este hecho podría ser la siguiente: Como es sabido, de los tres componentes de la invaginación (el *intussusciens*, y los dos componentes del *intussusceptum*), el *intussusceptum* regresando, especialmente en el ápex, es la zona más susceptible al daño vascular(9). El éstasis venoso inicial produce

edema que va en aumento, apareciendo un trasudado a través de las superficies del *intussusceptum* regresando. Debido a que este segmento está evertido, el trasudado a través de su superficie mucosa sale directamente hacia la luz del colon, pudiendo eliminarse fácilmente. Por el contrario, el trasudado a través de su serosa permanece atrapado entre las serosas de ambos segmentos del *intussusceptum*. Este líquido no puede verterse directamente hacia el peritoneo debido al hecho de que el mesenterio edematoso actúa como una cuña, dificultando su salida a través del cuello de la invaginación. Además, el mesenterio también puede producir un trasudado hacia este espacio. Este líquido tiene una morfología en “crescent” en los cortes ecográficos axiales, adaptándose al espacio que deja el “crescent” mesentérico, que solamente está unido a un borde del asa. En los estadios más avanzados, probablemente debido a la isquemia y al aumento de la cantidad de líquido atrapado, el ápex del *intussusceptum* se dilata y adelgaza, tomando una morfología piriforme, en fondo de saco en las imágenes US. La dilatación aparece sobre todo en el borde antimesentérico del asa, lo que puede explicar la curvatura asimétrica del extremo del ápex.

En nuestro conocimiento, no había sido evaluada anteriormente la asociación del LII con irreductibilidad. Hasta ahora, la irreductibilidad había sido relacionada directamente con el edema del *intussusceptum* y las adherencias entre los distintos componentes de la invaginación (9). Sin embargo, de acuerdo con nuestros resultados, el LII puede, por sí mismo, ser un factor que contribuya a la irreductibilidad debido a que aumenta el volumen global del contenido de la invaginación. Aunque pequeñas cantidades de líquido no parecen tener influencia notable en la reductibilidad, las cantidades mayores de 8 x 3 mm y, en especial, si se localiza en el interior del ápex dilatado, están fuertemente asociadas con irreductibilidad. Es posible que al aplicar presión sobre el ápex de la invaginación durante la reducción, el *intussusceptum* lleno de líquido se deforme disminuyendo su diámetro longitudinal y aumentando el transversal, actuando como un globo lleno de líquido. Este comportamiento puede acentuar su morfología cuneiforme, impidiendo la reducción. Si se aplica una presión excesiva, el aumento del diámetro transversal del *intussusceptum* puede sobredistender al *intussusciens*, produciendo su rotura. De hecho, muchas de las

perforaciones descritas en la literatura ocurren en el colon, a pesar de que éste normalmente no tiene compromiso vascular(13;24).

Debido a que las presiones usadas durante la reducción mediante enema en este trabajo no alcanzaron los valores máximos permitidos, el límite superior de LII asociado con irreductibilidad que se obtuvo (8 x 3 mm), podría aumentarse utilizando presiones mayores. En nuestro estudio no se pudieron calcular los volúmenes exactos de LII, debido a que su forma es extremadamente irregular. Además, el LII fue difícil de medir en su diámetro sagital debido a la longitud limitada del campo del transductor y a la propia curvatura de la invaginación. Creemos que los dos diámetros axiales mayores del LII y la presencia de líquido en el ápex dilatado, como se ha determinado en este trabajo, pueden relacionarse con el volumen de una forma práctica y fácilmente reproducible.

Recientemente otros autores han evaluado, basándose en nuestro estudio, la presencia de líquido peritoneal atrapado en el interior de la invaginación.

Britton and Wilkinson(105) presentan un trabajo retrospectivo realizado durante seis años de 117 episodios de invaginación. Encuentran una reductibilidad del 72%, que se eleva al 93% en ausencia de líquido atrapado, líquido libre u obstrucción intestinal. La presencia de líquido atrapado predice una irreductibilidad del 25%. Sólo dos casos de los 14 (14/117, 10%) que presentaban líquido atrapado pudieron ser reducidos mediante enema comparados con los 80 de 103 reducidos con éxito cuando no se detectó líquido atrapado. Por el contrario el grosor de la pared del colon no es predictivo: 7,2 milímetros en reducciones con éxito y 7,6 milímetros en reducciones fallidas. Valoran exclusivamente por ecografía la obstrucción intestinal. Refieren siete casos de perforación (5,9%). Trece de 32 pacientes laparotomizados requirieron resecciones: cuatro tenían puntos de arrastre (divertículo de Meckel en todos los casos), tres tenían segmentos gangrenados y seis tenían desgarros serosos. De las otras 19 invaginaciones, 16 fueron reducidas manualmente y tres se habían reducido espontáneamente antes de llegar a quirófano. Hubo cuatro recurrencias. La media de estancia hospitalaria fue de 2,5 días en casos de enema con aire y de seis días en casos de cirugía. Concluyen que el

100% de las invaginaciones se pueden reducir en ausencia de líquido atrapado, líquido libre u obstrucción intestinal. Por el contrario cuando existe líquido atrapado el enema de aire se debería realizar con cautela para evitar perforaciones causadas por intentos muy vigorosos de reducción con aire en invaginaciones encarceradas(105).

Estos autores interpretan que el líquido esta atrapado entre el *intussusceptum* y la pared del colon: "Líquido atrapado dentro del colon en la región de la invaginación". Miden el grosor de la pared del colon, lo que equivaldría a la medida del anillo del "doughnut" para otros autores, ya que comparan sus resultados en cuanto grosor de la pared del colon con el grosor del anillo del "doughnut" valorado por otros autores. Comentan que el 10% (14/117, 10%) de casos con líquido atrapado que ellos encuentran es significativamente menor que el 20% que nosotros referimos (nosotros referimos un 14%, 20 de 145 casos). Transcriben e interpretan con errores nuestros trabajos (105).

Rohrschneider(106) réplica a Britton and Wilkinson(105) en una carta al editor, diciendo: " Los autores miden el grosor de la pared del colon y encuentran que no es un factor significativo en cuanto al pronóstico. Sin embargo, en las imágenes la estructura de siete milímetros de grosor que marcan representa más probablemente el *intussusceptum* regresando que la pared del colon. Esta deducción se apoya en un estudio de del-pozo et al. que presentan una bella correlación patológica de la apariencia ultrasonográfica de la invaginación... Los autores examinan el hallazgo ultrasonográfico de líquido atrapado y exponen que este líquido está atrapado entre el *intussusceptum* y la pared del colon. del-pozo et al. encontraron que este líquido atrapado estaba localizado entre los extremos entrantes y salientes del *intussusceptum* y mantienen que representa un trasudado peritoneal". Rohrschneider muestra una imagen de una desinvaginación hidrostática guiada por ultrasonido que ilustra claramente lo anteriormente expuesto; mostrando que el líquido atrapado no esta localizado entre el intestino delgado y el colon sino entre los dos extremos del intestino delgado invaginado(106).

Con el propósito de evaluar los hallazgos que en TC sin contraste predijeran el grado de compromiso vascular de la invaginación según posterior cirugía, Fujimoto et al. (107)

revisan los estudios e historias de 25 pacientes. Los resultados fueron: 1-una capa hipodensa fue observada en 16 de 18 invaginaciones con varios grados de compromiso vascular, interpretada como edema. 2-Una colección líquida rodeada por la pared del *intussusceptum* regresando, que se reveló correspondía a líquido peritoneal atrapado, fue observada en ocho de nueve invaginaciones con isquemia o necrosis. 3 -Una colección de gas rodeada por la pared del *intussusceptum* regresando fue observada en dos de cuatro invaginaciones con necrosis. 4-El líquido peritoneal libre coexistía con colección de líquido rodeada por la pared del *intussusceptum* regresando en todas las invaginaciones excepto en una. 5-La obstrucción intestinal fue observada en seis de nueve invaginaciones con isquemia o necrosis. 6-Los máximos grosores de pared no fueron relacionados con el grado de compromiso vascular.

Los autores concluyen que observar en TC la existencia de capa hipodensa en la pared del *intussusceptum* regresando, colección de líquido en el espacio rodeado por la pared del *intussusceptum* regresando y colección de gas en el espacio rodeado por la pared del *intussusceptum* regresando, pueden ser hallazgos útiles en predecir el grado de compromiso vascular en la invaginación. Literalmente comentan: “La colección de líquido se considera extraluminal ya que la pared del *intussusceptum* regresando está evertida. La situación de los espacios intra y extraluminales está dada la vuelta y esta orientación debería estar en mente y caer en la cuenta de que el líquido o el gas que están rodeados por el asa intestinal son extraluminales. Una pieza reseca en bloque confirma que el líquido extraluminal estaba atrapado en el interior de la porción invaginada. En 1996, del-Pozo et al. propusieron el concepto de líquido peritoneal atrapado en ecografía en casos de invaginación en niños. Estos autores conjeturaron que el líquido era un transudado peritoneal causado por compromiso vascular. Nuestros resultados están de acuerdo con estas conjeturas en la localización de la colección líquida, en su origen y en la asociación con el compromiso vascular. El líquido atrapado en la invaginación y el líquido libre en la cavidad peritoneal coexisten en todos los pacientes en nuestra serie excepto en uno. Por tanto, en nuestra serie de adultos el significado de estos factores tal y como fueron referidos por del-Pozo et al. , parece ser casi el mismo en la práctica.”

Las imágenes que presentan los autores respecto al hallazgo de líquido peritoneal atrapado por US, TC y sobretodo la pieza quirúrgica guardan una estrecha relación con el esquema que propuso nuestro trabajo. “En la invaginación, el engrosamiento de la pared del *intussusceptum* regresando ha sido explicada por compromiso vascular asociado a edema parietal. Sin embargo, según nuestras observaciones, el engrosamiento no estaba relacionado con el grado de compromiso vascular. Uno de los factores mayores asociados con el engrosamiento de la pared del *intussusceptum* regresando es presumiblemente las fuerzas de compresión a lo largo del eje de la invaginación. La compresión puede ser causada por la contracción de la pared en el extremo proximal del *intussusciens*, que empuja a la pared del *intussusceptum* regresando hacia el ápex, en contra de la restricción de su mesenterio y el tejido que los conecta”(107).

Mirilas et al.(108) valoran varios signos de irreductibilidad mediante ultrasonido en 71 niños, que son estudiados por ecografía y en los que la reducción de la invaginación se realiza con enema baritado. Los autores encuentran que con grosor en el anillo del “doughnut” menor o igual a 7,2 milímetros obtienen una reducción del 100% de las invaginaciones. Grosos de 7,5- 11,2 milímetros asociaron un 68,9% de irreductibilidad y por último medidas de 14 a 14, 2 milímetros requirieron resección quirúrgica intestinal (dos casos). Cuando pequeñas cantidades de líquido se observaban en la cabeza de invaginación, tal que un "crescent " hipoecoico, la invaginación no se podía reducir. Encuentran líquido atrapado en 3/ 71 casos (4,02%). Describen erróneamente el líquido atrapado entre el *intussusceptum* y el *intussusciens* siguiendo los errores de Britton y Wilkinson. Por el contrario, en su estudio la presencia de líquido peritoneal libre no afecta la reductibilidad(108).

Koumanidou et al.(10) investigan la presencia de líquido y de nódulos linfáticos en el interior de la invaginación y lo intentan relacionar con irreductibilidad. Es un estudio retrospectivo de 65 niños, 28 presentan adenopatías dentro de la invaginación, formando los otros 37 pacientes el grupo de referencia que no presentaban adenopatías dentro de la invaginación. La inclusión en el primer grupo se basaba en la existencia de al menos dos adenopatías, con una de ellas mayor de 11 milímetros. La reducción mediante enema

de bario era del 36.4% en caso de existir adenopatías y del 81.1% en caso de no tenerlas. La irreductibilidad estaba más ligada al tamaño de la adenopatía que a su número. Se observó líquido en el interior de la invaginación en 11 de 65 casos, la reducción en los casos que presentaban líquido atrapado fue del 33% frente al total del 81.1%. Este resultado concuerda con los nuestros. Sin embargo, no encuentran diferencia significativa entre los casos en los que líquido se asociaba adenopatías y los que no presentaban estas (5/6).

El estudio presenta pocos casos y en las imágenes que muestran contabilizan todas las imágenes hipoeoicas en el centro de la invaginación como adenopatías, sin tener en cuenta que el área hipoeoica del *intussusceptum* entrando forma parte siempre del centro de la imagen. Es un estudio retrospectivo en el que no se comenta cuantas imágenes a lo largo de la invaginación han sido evaluadas con la finalidad de contabilizar adenopatías. Además, el radiólogo que realiza el enema no realiza la ecografía y así al desconocer la existencia o no de adenopatías y el historial de gastroenteritis del paciente, elimina una posible selección o sesgo. Entre la ecografía y el enema no media más de una hora. Existen pues dos radiólogos de guardia con un volumen de invaginaciones la mitad que el de nuestro hospital: 65 en 28 meses. Según nuestras interpretaciones, las adenopatías pueden estar relacionadas con la gravedad inicial del cuadro, generalmente de enteritis, que ha generado la invaginación. Es un hallazgo que probablemente corra paralelo al engrosamiento más o menos acusado del ileon terminal; sin embargo, dado que las adenopatías se presentan en la base de la invaginación es difícil imaginar que estas sean el mecanismo directo que produzca la invaginación. Por último, los tejidos incluidos en la invaginación se edematizan, este es otro dato para pensar que si bien los ganglios aumentados puedan reflejar una invaginación evolucionada o comprometida y por tanto más difícil de reducir, no tienen por qué estar inicialmente implicados en la génesis del proceso(10).

Crystal et al (109) presentan un trabajo retrospectivo de 101 casos consecutivos de invaginación en 83 niños estudiados por ecografía y, de 99 intentos de desinvaginación (ultrasonido-líquido), durante un periodo de 40 meses. Obtienen una tasa de

reductibilidad del 89% (88/99 casos). La reductibilidad disminuía en aquellos casos en los que existía líquido atrapado o en los que la reducción no fue realizada por un ecografista experimentado. También, en aquellas invaginaciones situadas en hemiabdomen izquierdo encontraron disminución significativa de la reductibilidad. No hubo complicaciones. El líquido que utilizan es suero salino con contraste (350 mg I/ml ioxitalato de meglumina al 10% por litro de suero salino). Detectan líquido atrapado en 11 casos (11/83, 11% de los casos) y en siete (64%) de estos casos la reducción se hizo con éxito ( $p < 0,02$ ).

En este estudio a pesar de existir una relación estadísticamente significativa entre irreductibilidad y presencia de líquido atrapado en el interior de la invaginación, la tasa de reducciones en presencia de líquido atrapado es alta (64%) y claramente mayor que las que refieren otros estudios, todos ellos por debajo del 26% de irreductibilidad. No refieren las medidas de líquido atrapado y en la imagen que publican éste parece ser escaso. En nuestro estudio, la tasa de reducción varió según las cantidades de líquido atrapado: cuando las cantidades de líquido superaban los ocho por cuatro milímetros todos los casos tuvieron que ser tratados quirúrgicamente; sin embargo, para cantidades de líquido menores de ocho por cuatro milímetros la tasa de reducción fue de 56% (5 de 9 casos). Estos datos concordarían por tanto con los de esta serie en caso de que las cantidades de líquido detectado fueran escasas(109) .

La presencia de líquido atrapado en el interior del *intussusceptum*, uno de los hallazgos originales de nuestra tesis, ha sido corroborado como signo de isquemia e irreductibilidad por todos y cada uno de los estudios que se han realizado con posterioridad(10, 105-109). Es el único signo que aisladamente muestra una marcada significación estadística para irreductibilidad. El resto de los signos ultrasonográficos evaluados por otros autores, tales como la presencia de obstrucción intestinal, la existencia de líquido libre, la detección de adenopatías o el mayor grosor del anillo externo del “doughnut”, o bien muestran resultados contradictorios en las diferentes series publicadas, o bien solamente están ligados a irreductibilidad de forma estadísticamente significativa, cuando se encuentran asociados. Por tanto, hemos

demostrado fehacientemente, que el líquido peritoneal atrapado en interior de la invaginación, que se puede observar cómo un signo de " doble crescent in doughnut ", es el único dato en la imagen ecográfica de la invaginación que por sí solo nos indica que estamos ante una invaginación que ha sufrido isquemia y que será difícil de reducir. Este signo es muy fácil de visualizar y es de alta utilidad. Su existencia exige precaución a la hora de intentar la desinvaginación.

Según nuestro criterio y los datos que se desprenden de la literatura(52,53,105), deducimos que existe alto riesgo de perforación al utilizar aire, aunque sea a bajas presiones, en invaginaciones que presenten gran cantidad de líquido atrapado. En caso de que la situación clínica permitiera intentos de reducción ésta debería hacerse de forma lenta, a muy bajas presiones y preferiblemente con enemas de líquido; de lo contrario, se podría perforar con facilidad el *intussusciens* por sobredistensión. El enema empuja la cabeza del *intussusceptum* llena de líquido que al no poder retroceder se deforma, disminuyendo su diámetro longitudinal y aumentando el transversal. Esta sobredistensión incrementaría en igual forma el diámetro del *intussusciens* que se encuentra ya isquémico por el adelgazamiento, y que se puede perforar fácilmente con ligeros incrementos en su diámetro producidos por el enema, especialmente si este es aéreo.

Aunque, como ya es sabido, el US es una técnica operador dependiente, no es necesaria gran experiencia para diagnosticar una invaginación mediante US (31). Por otro lado, es bien conocida la capacidad del US para detectar líquido. Por lo tanto, recomendamos su uso en el despistaje inicial de la invaginación en niños ya que, según nuestros resultados, la presencia de LII observado por este método de imagen, puede influir en el manejo y la evolución.

#### 4. DISCUSIÓN DE LAS VARIANTES EN LA IMAGEN BÁSICA DE LA INVAGINACIÓN

Variantes de la imagen de la invaginación en cortes longitudinales y transversales. Explicación de los signos previamente descritos por otros autores y de las variantes por nosotros observadas:

##### 3.1. Variantes de la imagen de invaginación en cortes longitudinales:

En los cortes longitudinales se pueden observar variantes en la imagen de la invaginación dependiendo de la situación de la grasa mesentérica, según ésta quede situada en la imagen a uno (“signo del pseudorriñón”) o a ambos lados de la porción central del *intussusceptum* (“signo del sandwich”). Si el corte longitudinal lo realizamos en la porción media de la invaginación donde el espesor es máximo el mesenterio quedará a ambos lados de la porción central del *intussusceptum* dando una imagen en sandwich en donde alternarán las capas paralelas de diferente ecogenicidad. Veremos tres bandas hipoecoicas intercaladas por dos hiperecogénicas; las bandas hipoecoicas externas representan la porción externa del *intussusceptum* edematoso junto al fino *intussuscipiens* mientras que la banda hipoecoica central representa la porción central del *intussusceptum*. Las dos bandas hiperecogénicas representarían la grasa mesentérica. Sería el denominado “signo del sandwich”, descrito por Pracros(29); que quedaría así claramente explicado a la luz de los conocimientos que arroja nuestra correlación US-anatomopatológica.

El signo de la “horca de heno” sería una variante del “signo del sandwich” cuando la imagen se obtiene en el extremo distal de la invaginación. Las tres áreas hipoecoicas casi paralelas que se corresponden con aquéllas vistas en el “signo del sandwich” se unen en la porción del ápex, es decir donde el *intussusceptum* se pliega sobre si mismo. Los dientes del tenedor quedarían separados por la grasa mesentérica entre los mismos. Alessi al describir inicialmente este signo interpretó que los dientes externos de la horca representaban el ITE(63). Nuestros estudios demuestran que no solo el ITE sino también y fundamentalmente el ITUR conforman esta parte de la imagen.

A la luz de nuestra correlación US-anatomopatológica el denominado signo del “pseudorriñón” difiere del descrito en la patología gastrointestinal en general, en la que representa la pared intestinal engrosada rodeando la luz intestinal ecogénica, y difiere también de la interpretación dada por otros autores y en concreto por Swischuck, para el cual en la imagen de la invaginación representaría los dos extremos plegados del ITU con su mucosa central hiperecogénica(64).

Según nuestras observaciones el “signo del pseudorriñón” es apreciado cuando la invaginación es visualizada en su porción curva o bien el corte es realizado oblicuo (efecto salchichón), además el mesenterio es “cortado” en el punto de máximo espesor, y a diferencia del “signo del sandwich”, a un solo lado de la porción central del *intussusceptum*. El grosor del pseudoparénquima renal sería pues asimétrico, ya que estaría sumado al anillo básico (formado por ITE + ITUR), en una de las zonas, el ITUE. Estas dos bandas hipoecoicas estarían separadas entre si por el mesenterio que simularía la grasa del seno renal.

Este “pseudorriñón” se diferencia, pues, del clásicamente descrito para la patología abdominal general en el carácter asimétrico de su banda hipoecoica y en la ausencia de movimiento o de burbujeo en su centro ecogénico ya que no representa luz intestinal. Recientemente este antiguo signo, a luz de nuestras investigaciones, ha merecido expresa publicación por Anderson (Universidad de Virginia) en la revista Radiology(110). El “pseudorriñón” y su correlativo en axial han sido etiquetados por él como muy útiles en el diagnóstico de la invaginación.

### **3.2. Variantes de la imagen de invaginación en cortes transversales.**

#### **3.2.A. Variantes del anillo externo (“doughnut” ecogénico, múltiples capas, anillo punteado hiperecoico entre ITE e ITUR):**

El anillo externo de la invaginación tal y como se ve en cortes transversales es en general homogéneamente hipoecoico, especialmente en el ápex de la invaginación. En ocasiones este anillo se vuelve isoecoico e incluso hiperecogénico en relación con el parénquima

hepático adyacente. Esta variante es observada más a menudo en las porciones medias y basales de la invaginación. Nosotros hemos observado que la ecogenicidad del anillo externo se incrementa cuando el niño tiene un ataque de dolor cólico. La importancia de conocer esta variante en la imagen de invaginación estriba en saber reconocerla y no pasar por alto el diagnóstico. Cuando el "doughnut" se hace isoecogénico o hiperecogénico, este se identifica con dificultad pues sus contornos se difuminan con los tejidos adyacentes, como si de un "signo de la silueta" se tratase. En ocasiones dejamos de ver el anillo por este motivo, y podemos interpretar erróneamente la porción central hiperecogénica con adenopatías de la invaginación, como adenopatías mesentéricas libres, tal que de un cuadro de adenitis mesentérica se tratara. Dado que en nuestra experiencia este hallazgo es pasajero, no suele ser origen de confusión en una exploración cuidadosa. Esta apariencia no había sido referida por otros autores.

Recientemente Navarro la observa también en un caso de invaginación complicada no reducible en un niño de dos meses(111,112). Estudios ulteriores podrán determinar el significado de esta apariencia que al menos en nuestros casos fue transitoria.

En otros casos las diferentes capas de la pared intestinal de las asas afectadas son demostradas y producen una imagen de múltiples capas o de "capas de cebolla". Esta apariencia se observa generalmente en la base de la invaginación y en algunas ocasiones ocurre en la punta de invaginaciones en estadios precoces. La aparición de múltiples capas en los anillos de la invaginación referida por Swischuck(64) fue interpretada como debida a la presencia de las distintas capas o interfases de las paredes intestinales no afectadas aún por el edema, en casos de invaginaciones poco evolucionadas. Esta interpretación fue también apoyada por nuestro estudio en animales, en el que se visualizaban imágenes de múltiples "capas de cebolla" en invaginaciones de corta evolución. Sin embargo, lo contrario no nos parece tan cierto en la mayoría de los casos. El que en el extremo distal de la invaginación no se puedan diferenciar las distintas capas del tubo digestivo, probablemente esté relacionado con el gran predominio de la mucosa del *intussusceptum* que resta importancia, por así decir, a las otras capas, más que con una verdadera pérdida de visualización de las mismas por edema isquémico. Al menos, esto

es lo probable en las invaginaciones ileocólicas idiopáticas no complicadas, que son la mayoría. No olvidemos que el grosor del *intussusceptum* en el ápex de la invaginación se debe fundamentalmente a la hiperplasia folicular linfoide de la lámina propia de la mucosa del ileon terminal invaginado.

Por último, otra variante que podemos observar en el anillo externo de la invaginación es la presencia de pequeños puntos hiperecogénicos entre las mucosas contrapuestas del *intussusciens* y la porción externa o evertida del *intussusceptum*. Estos puntos hiperecogénicos brillantes podrían estar causados por gas colónico atrapado o por úlceras mucosas. Si fueran úlceras, podrían indicar una mayor gravedad del proceso probablemente ligada a un mayor tiempo de evolución. Sería necesario la observación de más casos y su análisis para constatar esta posibilidad. Este hallazgo no ha sido descrito por otros autores, y es otra observación que constata que el anillo del “doughnut” esta formado fundamentalmente por la porción evertida del *intussusceptum*, marcando el anillo punteado hiperecogénico las superficies mucosas enfrentadas de ambas asas (ITE-ITUR).

### 3.2.B. Variantes en la semiluna mesentérica:

El mesenterio que es arrastrado al interior de la invaginación con el *intussusceptum* se presenta en forma de semiluna cuando lo observamos en un plano transversal. Habitualmente la semiluna mesentérica es hiperecoica pudiendo contener con cierta frecuencia áreas hipoeoicas que corresponderían a adenopatías, al complejo ceco-apendicular o a vasos. Estas variantes se observan frecuentemente en la base de la invaginación. La presencia de adenopatías en el interior de la invaginación no había sido objeto de estudio hasta la publicación de nuestra correlación US- anatomopatológica en animales. Recientemente un estudio evalúa su presencia y la relaciona con irreductibilidad de forma estadísticamente significativa(10).

Habitualmente en el centro de la invaginación en la imagen axial, el mesenterio engloba el asa que corresponde al *intussusceptum* entrante, pero en ocasiones identificamos además otra estructura, que por tener característicamente “capas” reconocemos también como

perteneciente al tubo digestivo y que hemos nombrado complejo ceco-apendicular. Esta denominación refleja su variabilidad ya que en ocasiones ocupa gran parte de la imagen y representa probablemente parte del ciego, mientras que en otras se identifica claramente, por su pequeño tamaño y el predominio de su mucosa homogéneamente hipoeoica, como el apéndice. En nuestros estudios con animales este aspecto no pudo ser evaluado por carecer los cerdos de apéndice. En los casos en los que nosotros visualizamos el apéndice lo hicimos en la base de la invaginación por ello interpretamos que este fue arrastrado a su interior de forma pasiva.

Sin embargo, es conocido que el apéndice puede actuar como punto de arrastre en invaginaciones. Al menos dos estudios recientes (7;113) evalúan la presencia de este hallazgo, es decir, la presencia del apéndice en el interior de la invaginación. Koumanidou describe una imagen quística alargada en el centro de la invaginación en dos casos en los que comenta que podría corresponder al apéndice o a un divertículo de Meckel invertido. La cirugía demostró apéndices invertidos como puntos de arrastre en estos dos casos que no se habían podido reducir mediante enema(113). Pumberger et al. presentan dos casos de invaginación del apéndice en niños en los que se aprecia una imagen de múltiples anillos concéntricos con apariencia de múltiples capas añadida. El apéndice estaría en el centro de la imagen. El “doughnut” tendría una porción central prominente que estaría representado por el complejo ceco-apendicular invertido. El enema con contraste hidrosoluble demuestra un defecto de repleción en dedo de guante dentro del ciego(7). La invaginación del apéndice puede presentarse como una invaginación primaria del apéndice sobre sí mismo. La invaginación puede ir desde una simple eversión de la mucosa, hasta una completa inversión del apéndice hacia su propia luz o hacia el ciego. En la mitad de los casos publicados la invaginación del apéndice actúa como un punto de arrastre que da lugar a una invaginación ileocólica. Estos casos claramente difieren de la incorporación del apéndice en una invaginación ileocólica, ya que en tal caso el apéndice es arrastrado hacia el interior de la invaginación junto con el mesenterio del ileon terminal.

Según lo expuesto, el complejo ceco-apendicular por nosotros visualizado, se observa en

los cortes realizados en la base de la invaginación en el centro de la imagen, si bien de forma excéntrica, junto al mesenterio; por el contrario cuando el apéndice actúa como punto de arrastre como en las publicaciones previamente referidas, éste se observa en el centro de la imagen y en el ápex de la invaginación.

El que las pequeñas áreas puntiformes que aparecen en el centro de la imagen de la invaginación englobadas en el mesenterio correspondan a vasos es fácil de constatar con el estudio Doppler color que pone de manifiesto flujo en estas áreas.

### 3.2.C. Variantes en la porción central del *intussusceptum*

La porción central del *intussusceptum* se encuentra colapsada en la mayoría los casos. En contadas ocasiones se pueden apreciar pequeñas cantidades de líquido en el interior de la luz de este asa. Dada la capacidad en tiempo real del ultrasonido podemos también observar el paso de gas y/o líquido a través de este asa cuando la invaginación no es obstructiva.

No debemos confundir la existencia de este líquido en el interior del *intussusceptum* entrante con el líquido que podríamos visualizar situado entre las dos porciones del *intussusceptum*. Su significado es diametralmente opuesto. Si el líquido se encuentra en el interior de la luz del asa probablemente se trata de una invaginación aún no obstructiva, por el contrario si el líquido está entre ambas porciones del *intussusceptum* es ascitis atrapada e indica isquemia. El paso de contenido intestinal a través de la invaginación es infrecuente y suele coincidir con el episodio cólico. La imagen de invaginación puede ser visualizada con dificultad en estos momentos.

#### **4. OTROS ASPECTOS DEL DIAGNÓSTICO US DE LA INVAGINACIÓN: ECO DOPPLER, INVAGINACIONES DE INTESTINO DELGADO, INVAGINACIONES CON PUNTOS DE ARRASTRE.**

**4.1-Eco Doppler en el diagnóstico US de la invaginación.** En nuestros estudios las ecografías Doppler practicadas, se hicieron con la finalidad de confirmar que la heterogeneidad del mesenterio era en parte debida a vasos. Varios autores han evaluado la capacidad del estudio Doppler color para determinar isquemia e irreductibilidad. Si bien las primeras series, cortas en cuanto al número de pacientes, apuntaban positivamente esta posibilidad: Lagalla et al. refieren dos pacientes de 11 y Lam et al. 3 de 15 con ausencia de flujos que tuvieron que ir a cirugía(68;78;79); estudios posteriores más amplios relacionaron de forma significativa la ausencia de flujos vasculares con irreductibilidad pero no así con isquemia. Kong et al.(114) en su serie de 125 pacientes con 134 invaginaciones, encuentra 13 casos en los que no se detectó flujo. El resultado de su análisis fue que sólo el 31% de las invaginaciones sin flujo detectable pudieron ser reducidas con enema de aire, frente al 90% de tasa de reducción cuando el flujo fue detectable. Sin embargo, la falta de visualización de vasos mediante estudio Doppler no llevo aparejado en todos sus casos hallazgos de necrosis intestinal en la cirugía. Ellos concluyeron que la no visualización de flujo sanguíneo mediante ecografía Doppler color, no era una contraindicación para intentar la reducción mediante enema de aire.

En contraste, Hanquinet et al. refieren un caso en el que el power color Doppler, reveló la presencia de flujo en una invaginación irreducible en la cirugía y que tenía necrosis y perforación(115). Daneman comenta(98), que en los últimos siete años usando Doppler en unas 300 invaginaciones no han tenido ni un solo ejemplo de ausencia de flujo en la invaginación en el estudio de Doppler color, o más recientemente usando power Doppler. Esto puede reflejar el hecho de que la isquemia y la necrosis son extremadamente raras en la población de pacientes que ellos ven, pero también puede estar relacionada con un incremento en la sensibilidad de los nuevos equipos de ultrasonido usados(98). En las series estudiadas queda pues reflejada la posibilidad tanto

de diagnósticos falsos positivos como de falsos negativos, en cuanto a la existencia de necrosis valorada por ecografía Doppler.

Por suerte los casos de necrosis intestinal por invaginación en nuestro medio son escasos, y excepto en un caso de los revisados por nosotros, a ninguno de ellos se le había practicado estudio Doppler previamente. Nuestra experiencia en este caso coincide con el estudio últimamente referido(115), se trataba de una invaginación que mostraba vasos en el estudio Doppler color practicado y que no se logró reducir mediante enema. En la cirugía se apreció un divertículo de Meckel en el ápex de la invaginación y una pequeña área de necrosis ileal próxima al mismo que hubo de ser resecada. La probable explicación a estos hallazgos, de diagnósticos falsos negativos para isquemia por estudio Doppler, es que el estudio Doppler difícilmente puede valorar en toda su extensión la viabilidad de las paredes intestinales involucradas; por lo que el estudio puede presentar falsos negativos de necrosis cuando esta es de pequeña extensión, lo que ocurre frecuentemente.

Recientemente Koumanidou(10) publica que "el único criterio prohibiendo el intento de reducción es la ausencia de flujo sanguíneo en el *intussusceptum*" a lo que replica Mchugh (10;116) que la suma de pacientes en las series publicadas que no presentan flujos en el estudio Doppler de la invaginación es sólo de 8, y en ninguno de ellos hubo perforación durante el intento de reducción. El mismo autor refiere dos o tres casos de invaginaciones en las que no se visualizó flujo en los estudios Doppler y, sin embargo, se redujeron con éxito. Piensa que la detención del flujo depende más del aparato que se utilice que de la lesión en si misma, y que con los aparatos actuales la ausencia de flujo en el estudio Doppler se debería considerar sólo como una contraindicación relativa, realizando el enema con cautela en esos casos.

El análisis espectral en estudios Duplex-Doppler en casos de invaginación no ha sido referido en la literatura, hasta donde nosotros sabemos. Nosotros hemos podido esporádicamente realizarlo, encontrando diferencias tanto entre las invaginaciones estudiadas como entre las diferentes porciones de la invaginación. En dos invaginaciones

no obstructivas, en las que se observaba movimiento de sus componentes y progresión de ondas peristálticas con paso de contenido a través del *intussusceptum* entrando, se registraron espectros de ondas con índices de resistencia dentro del rango normal tanto en el mesenterio como en las paredes intestinales analizadas. En el resto de los estudios, correspondientes a invaginaciones establecidas sin paso de ondas peristálticas, se apreciaron diferentes patrones espectrales según la altura del corte: en las paredes intestinales del ápex de la invaginación se observaba riqueza de flujos vasculares en el estudio Doppler color y ondas espectrales normales o con bajos índices de resistencia sugiriendo vasodilatación. Por el contrario, los vasos estudiados en el mesenterio de la base de la invaginación mostraban altos índices de resistencia con inversión de flujo diastólico indicando una importante resistencia al flujo. Aunque los pocos casos estudiados no permiten sacar conclusiones fehacientes, sí que sugieren que las diferencias en los patrones de flujo detectadas reflejan los cambios fisiopatológicos que se producen en la invaginación; pudiendo ayudar, junto con otros datos, a establecer la situación real de la misma en cuanto a isquemia se refiere, hecho de interés a la hora de decidir un abordaje más o menos agresivo.

Más allá de su posible o no interés práctico, los estudios de ecografía Duplex-Doppler espectral no han sido referidos en la literatura y escasean en nuestra casuística debido a la dificultad inherente a su realización. El estudio espectral de un determinado vaso requiere que este permanezca en un punto fijo durante la evaluación, exigiendo destreza y paciencia por parte del explorador. Este requisito es difícil de alcanzar en un paciente en movimiento por el llanto o por el dolor, en estructuras móviles como son las asas intestinales y en un entorno así mismo “movido” y expectante como es el de un cirujano pendiente de iniciar una posible cirugía urgente.

En resumen, tanto nosotros como otros autores pensamos que si bien el estudio Doppler no resulta definitivo en cuanto a la valoración de isquemia e irreductibilidad, sí que puede ser un factor más a tener en cuenta en la evaluación de estos supuestos. Aisladamente los resultados del estudio de US Doppler no contraindican la realización del enema terapéutico. Con la mejora de los equipos de US, el power color Doppler por

su mayor sensibilidad en la detección de áreas isquémicas puede ser el futuro en este área del diagnóstico.

#### **4.2-Diagnóstico ultrasonográfico de las invaginaciones de intestino delgado. Resoluciones espontáneas.**

La mayoría de las invaginaciones en la infancia se generan en la región ileo-cecal (95%) considerándose frecuentemente idiopáticas. Por el contrario, las invaginaciones de intestino delgado clásicamente se han relacionado con una mayor incidencia de puntos de arrastre o patología asociada, o bien con el postoperatorio de cirugía no necesariamente abdominal. Las invaginaciones postquirúrgicas afectan por igual a ambos sexos, suponen solo el 1-2% de todos los casos, frecuentemente son íleo-ileales, quedando confinadas al intestino delgado en el 90% de los casos. Este hecho, junto a que se puedan producir tras cirugía que no altera directamente el contenido abdominal, como es la biopsia cervical o la cirugía torácica, ha llevado a postular una patogenia diferente a la de la más común forma idiopática. Un mecanismo neurológico causante de dismotilidad junto a los agentes anestésicos son las causas más probables en su producción. Invaginaciones de intestino delgado han sido referidas tras la administración de vincristina, conocida causa de alteración en la motilidad intestinal, y tras la estimulación farádica del intestino o del cortex premotor en experimentos animales (17). La presentación clínica de las invaginaciones de intestino delgado es frecuentemente de dolor y vómitos, siendo raras la rectorragia y la palpación de masa abdominal. Esta clínica inespecífica hizo que antaño sólo se diagnosticaran aquellas invaginaciones de intestino delgado, que por su gravedad al presentarse como cuadro de obstrucción intestinal, requirieran finalmente cirugía. Por ello, el pronóstico en este tipo de invaginaciones se ha venido considerando peor que en las de tipo ileocólico.

Nuestra experiencia es coincidente, en cuanto a la rareza y gravedad de las invaginaciones de intestino delgado, con lo previamente referido hasta finales de los ochenta. En este momento, se desarrollan las bases del estudio sonográfico del tubo digestivo. Tradicionalmente la patología del tubo digestivo había sido un tema vedado

para el US por ser éste “enemigo del gas” (la alta diferencia de impedancia con los tejidos circundantes y la baja densidad en partículas del gas impide que el haz de ultrasonidos lo atraviese) y no permitir la escasa resolución de aquellos equipos en sus inicios, el abordaje efectivo de esta patología. En nuestro hospital durante esos primeros años pocas invaginaciones de intestino delgado fueron detectadas por métodos de imagen, y en estos casos se encontró patología asociada y necrosis añadida en la resección intestinal practicada (pólipos hamartomatosos en paciente con síndrome de Peutz-Jeuger).

Sin embargo, con la creciente utilización del US en el diagnóstico de la patología intestinal, en estos últimos 13 años ha sido cada vez mas frecuente la detección de invaginaciones de intestino delgado y la mayoría de ellas sin presentar punto-guía. Solo en dos casos de invaginación de intestino delgado diagnosticados por ultrasonido se detectó punto de arrastre: una invaginación yeyuno-yeyunal por lipoma que requirió resección "en bloque" y, otra invaginación ileo-ileal por divertículo de Meckel, reducido mediante enema y confirmado en la cirugía. El resto, es decir, la mayoría de las invaginaciones que se presentaron como invaginaciones de intestino delgado a la hora de su diagnóstico (116 codificadas como tales), regresaron espontáneamente durante la exploración ecográfica o en los controles sucesivos. Gran parte de estas invaginaciones fueron detectadas en estudios realizados por dolor abdominal siendo finalmente los pacientes diagnosticados de viriasis o de gastroenteritis. En un caso, era conocida la existencia de púrpura de Henoch. Otras fueron diagnosticadas en el curso de ecografías realizadas por diversos motivos, sin que se apreciaran o se refirieran síntomas dolorosos, ni el niño tuviera patología previa referida como causante de invaginación transitoria. Los primeros diagnósticos ecográficos de invaginación de intestino delgado sin punto de arrastre sufrieron cirugía, pues eso era lo estipulado y mundialmente aceptado en aquel momento para este tipo de invaginaciones. Uno de los primeros casos detectado por ecografía lo fue en una niña con fibrosis quística, intervenida ante el diagnóstico de invaginación yeyuno-yeyunal, no observándose lesiones en la cirugía; otro caso con invaginación íleo-ileal y antecedentes de 5 episodios de invaginación ileocólica resultó de igual modo una cirugía en blanco. Dedujimos que este tipo de invaginaciones o bien se resolvía antes de llegar a quirófano o se desinvaginaba fácilmente al intentar exponer el

cirujano las asas. En otros dos casos se realizó enema de suero, en uno por la atípica localización en vacío izquierdo, con la finalidad de confirmar su posible ubicación fuera del colón, es decir en el intestino delgado; y en el otro para intentar la reducción mediante enema, dada su proximidad a la válvula íleo-cecal, que finalmente resulto exitosa. El resto de los casos detectados ecográficamente, una vez que fuimos con los años constatando su carácter transitorio, no sufrieron cirugía ni enema y fueron manejados según criterios clínicos.

El diagnóstico de estas invaginaciones de intestino delgado se hizo por ecografía, sin existir comprobación quirúrgica dada la naturaleza transitoria de las mismas, así como las primeras cirugías en blanco referidas. Tampoco se intentó corroborar el diagnóstico con estudios de contraste o TC, ya que es conocida la baja rentabilidad de los primeros en el diagnóstico de esta patología(2) y el riesgo de radiación de ambos métodos, no justificado en una patología frecuentemente autolimitada. A pesar de lo dicho, creemos que las imágenes ultrasonográficas son *per se* suficientemente características como para ofrecer una fiabilidad diagnóstica, apoyada también en la clínica y en los controles seriados. Además, el que exista un mayor número de invaginaciones de intestino delgado del hasta ahora referido, coincide con algunos datos existentes en la literatura como son las invaginaciones “agonales” observadas en autopsias, las vistas en supervivientes de trauma abdominal, o aquellas resueltas espontáneamente tras documentación ecográfica como en nuestros casos(86;117;118). Dado que el diagnóstico US depende en gran medida de tener en mente su existencia y del exhaustivo rastreo abdominal, probablemente este tipo de invaginaciones sea aún mas frecuente de lo detectado por nosotros en estos últimos años; ya que no en todas las ecografías abdominales estándares o rutinarias se estudia el tubo digestivo. La imposibilidad de comprobar este tipo de invaginación ha dificultado su comunicación entre la comunidad científica. Su propia naturaleza generalmente transitoria dificulta cualquier tipo de comprobación. Solo el diagnóstico US basado en imágenes características, como el signo del "crescent in doughnut", junto al gran número de casos referidos, que tendería a minimizar el posible error estadístico debido a falsos diagnósticos no contabilizados como tales; han hecho

que finalmente en épocas recientes aparezcan varias series difundiendo este tipo de invaginaciones.

Recientemente Kornecki et al. evalúan resoluciones espontáneas de invaginación, revisando 50 casos en niños (33 niños y 17 niñas con edades comprendidas entre 11 días y 15 años; media de edad cuatro años). Los diagnósticos iniciales fueron en 44 casos por ecografía, en dos por enema de aire y, en 4 por TC, durante el período de seis años en el que se hizo el estudio (1992 -1998). Encuentran síntomas sugestivos de invaginación en 21 niños (tres de los cuales tenían púrpura de Henoch y 4 habían tenido previamente invaginación ileocólica reducida por enema de aire). La invaginación fue un hallazgo incidental en los otros 29, en 28 de los cuales el hallazgo fue en el intestino delgado. En 43 casos las invaginaciones eran de intestino delgado y en siete fueron ileocólicas. Los criterios utilizados para el diagnóstico de invaginación por ecografía fueron los descritos previamente por Pracros y del Pozo, y para invaginación de delgado: 1) afectación solamente de un segmento corto de intestino (menor de cinco centímetros), 2) pequeño tamaño, y 3) localización central o en el cuadrante superior izquierdo. Por el contrario, el criterio para diagnosticar invaginación ileocólica era el mayor tamaño o la localización en hemiabdomen derecho. La resolución espontánea se detectó en el 17% de todos los casos de invaginación (50/310). La resolución espontánea de la invaginación se documentó generalmente mediante ultrasonidos. La laparotomía se realizó solamente en cuatro casos en los que no se evidenció invaginación ni punto de arrastre patológico. La evolución fue en todos los pacientes favorable. Hubo tres recurrencias. Los autores concluyen que: La resolución espontánea es rara en invaginaciones ileocólicas (14%). El enema puede no alcanzar el lugar donde se encuentra la invaginación. La resolución espontánea de la invaginación puede presentarse de forma sintomática o asintomática en niños y que ocurre más frecuentemente de lo que previamente se pensaba. Estas invaginaciones son generalmente de un segmento corto del intestino delgado sin punto de arrastre identificable. En pacientes asintomáticos aconsejan la observación y creen que se debería indicar la cirugía en pacientes con síntomas, según hallazgos clínicos(117). Las observaciones de estos autores corren bastante paralelas a las nuestras, incluso en la realización en las etapas iniciales, de laparotomías que resultaron en blanco. Sin embargo,

no comentan si el tamaño pequeño al que se refieren en las invaginaciones de intestino delgado es en el diámetro transversal, ni si las invaginaciones observadas eran móviles. Fijan de antemano criterios que resultan poco precisos en la diferenciación del tipo de invaginación.

Tíao et al. en otro reciente trabajo, estudian los hallazgos ecográficos de invaginaciones de intestino delgado en 13 pacientes quirúrgicos, recogidos en su hospital durante 12 años. La mayoría de los pacientes tenían síntomas inespecíficos que incluían vómitos, dolor abdominal y llanto irritable. El estudio sonográfico demostraba hallazgos característicos ("doughnut", "crescent in doughnut", múltiples anillos) en 11 de los 13 pacientes. Ocho de las lesiones se encontraron en la región periumbilical o en el hemiabdomen izquierdo. Las medidas del diámetro transversal del "doughnut" oscilaron de 2 a 3,7 cm (media 2,77 cm), y el grosor del anillo externo sonoluciente varió de 4-11 mm (media de 7mm). En casos de gangrena o isquemia fue de 2,5 a 3,7 cm (media 2,97 cm) el diámetro y el grosor del anillo externo sonoluciente varió de 0,4 a 1,1 cm (media de 0,73 cm); mientras que en los pacientes sin complicaciones fueron de 2 a 3,5 cm (media 2,54 cm) el diámetro y de 0,6-a 0,9 cm (media 0,7 cm) el anillo. Lo que reveló la no existencia de significación estadística para isquemia ( $P.= 0,1709$ ). El enema baritado que se realizó en 11 pacientes no encontró lesiones colónicas en ninguno de ellos. La cirugía demostró ocho invaginaciones, tres ileoileales, 3 yeyunoileales y dos yeyunoyeyunales. Isquemia o necrosis intestinal y puntos de arrastre fueron encontrados en 7 y 6 pacientes respectivamente, aunque ninguno de ellos fue reconocido antes de la cirugía. Los puntos de arrastre fueron debidos a hamartomas en cuatro casos (dos de ellos con síndrome de Peutz-Jeghers) y a divertículo de Meckel en los otros dos. En dos casos el estudio Doppler mostró flujo en la invaginación, sin embargo, en uno de ellos la cirugía detectó gangrena intestinal (falso negativo para isquemia). Los autores concluyen que la invaginación de intestino delgado es a menudo pasada por alto debido a su clínica inespecífica. La demostración ecográfica de una lesión corta, de 2-3 centímetros de tamaño especialmente en el hemiabdomen izquierdo o la región paraumbilical debería hacer sospechar invaginación de intestino delgado. El enema baritado no descarta invaginación de intestino delgado pudiendo ser por tanto fuente de falsos diagnósticos

en estos niños con sintomatología inespecífica(25).

Nuestros hallazgos son concordantes con este estudio en cuanto a algunos tipos de lesiones subyacentes. Sin embargo, los autores no detectan por ecografía ninguno de los puntos de arrastre. Este dato indica probablemente, como ya apuntan otros autores, que los pólipos y el divertículo de Meckel son las lesiones más difíciles de detectar por ecografía como punto de arrastre en invaginación(112). Llama la atención el diámetro transversal que detectan en las invaginaciones de intestino delgado (media 2,77 cm). Este diámetro es totalmente discordante con nuestras observaciones, en las que el diámetro transversal del “doughnut” en una invaginación de intestino delgado no suele exceder los 20 milímetros. Bien es cierto, que éste diámetro es de invaginaciones no complicadas y que los casos en los que existe isquemia el diámetro puede ser mayor debido al líquido atrapado. Sin embargo, los autores de este trabajo dan medidas similares tanto en invaginaciones complicadas como en las no complicadas. Además, este diámetro discordante por exceso, del observado por nosotros, también lo es del longitudinal que refieren detectar ellos: 2-3 centímetros. En nuestra experiencia las invaginaciones no tienen habitualmente el mismo diámetro longitudinal que transversal. El escaso número de casos (seis) y el que no especifiquen a qué altura de la invaginación están hechas las medidas puede invalidar sus resultados, como ya hemos comentado a lo largo de nuestra tesis.

Un aspecto interesante con clara repercusión clínica, estriba en la posibilidad de diferenciar invaginaciones ileocólicas de invaginaciones de intestino delgado, ya que estas últimas en principio no son subsidiarias de reducción mediante enema; y ya dentro de las invaginaciones de intestino delgado, poder diferenciar cuales deben ir directamente a cirugía o por el contrario pueden quedar bajo observación clínica y controles ecográficos dado su probable carácter transitorio. El análisis de las invaginaciones de intestino delgado no operadas, que nos llevó a etiquetarlas inicialmente como tales, demostró dos rasgos diferenciales básicos con respecto a las invaginaciones ileocólicas. Uno, la localización, otro el tamaño. Las invaginaciones ileocólicas, contenidas en el territorio del marco cólico, se sitúan en la periferia del abdomen, frecuentemente en la

región subhepática, mientras que las invaginaciones de intestino delgado se sitúan en regiones centrales o infrecuentes para las invaginaciones ileocólicas, como son el hemiabdomen izquierdo y la pelvis. El tamaño determinado por el diámetro antero-posterior de las invaginaciones ileocólicas superó habitualmente los 20 mm, incluso las de menor longitud; oscilando entre los 20 mm y los 30 mm la mayoría de ellas a cualquier nivel de corte. Por el contrario las invaginaciones de intestino delgado presentaron un diámetro antero-posterior cuya media era inferior a los 20 mm, oscilando entre 14 y 21mm (30 casos medidos).

Rasgos diferenciales secundarios, que no objetivamos en todas las invaginaciones de intestino delgado no complicadas, fueron: un menor tamaño también en sentido longitudinal (media 2.5cm frente a los habitualmente más de 6 cm de las ileocólicas), motilidad preservada llegando incluso a observar la progresión de la invaginación de una región a otra del abdomen, mesenterio homogéneo y en los casos en los que el gas no impidió su visualización, presencia de válvula ileocecal libre, signo inequívoco, que descarta invaginación ileocólica.

El manejo de las invaginaciones de intestino delgado detectadas por US dependió en gran parte del estado clínico del paciente. Los hallazgos ultrasonográficos en las invaginaciones tratadas conservadoramente hasta su resolución fueron: definición de todas las capas de las paredes intestinales implicadas, motilidad, y situación cambiante. En estos casos, no se observaron ni dilatación de las asas por encima de la invaginación, ni líquido atrapado, ni líquido libre, (salvo en el caso de Púrpura de Henoch), ni hallazgos adicionales a los básicos de invaginación que pudieran sugerir la existencia de puntos de arrastre. Por el contrario, en una de las invaginaciones que requirió cirugía se detectó por US dilatación de asas previa a la imagen de invaginación, que indicaba obstrucción. Además, la imagen de invaginación permaneció fija con importante cantidad de líquido en su interior y se detectó lesión adicional hiperecogénica, que tras la resección en bloque practicada resultó ser un lipoma.

Ningún estudio ha enfocado previamente el tema de la resolución espontánea de la invaginación, en la diferenciación entre invaginación de intestino delgado o invaginación ileocólica, cuando éste es, a nuestro entender, el *quid* de la cuestión puesto que el tratamiento es diferente según el tipo de invaginación existente. Otros trabajos ya comentados, como el de Kornecki et al, han diferenciado invaginaciones en las que se produce reducción espontánea o no y Tiao analiza aisladamente invaginaciones de intestino delgado sin compararlas ni intentar diferenciarlas de las ileocólicas (25;117). Otros autores como Robben analizan el tamaño de las invaginaciones atendiendo a la clínica, según se presenten de forma sintomática o asintomática, fundamentando por tanto solo en la clínica la necesidad de cirugía; Robben et al. han descrito recientemente que las invaginaciones de intestino delgado en niños asintomáticos tienen un diámetro medio de 18 milímetros ( 46 niños), mientras que en las invaginaciones sintomáticas era de 28 milímetros (43 niños)(117).

Aunque tanto en casos de invaginaciones de intestino delgado como de invaginaciones ileocólicas, puede haber resolución espontánea, no es lo frecuente en invaginaciones ileocólicas, por lo que en todos los casos en los que ésta se diagnostica, hay que tomar una medida terapéutica activa, generalmente la realización de un enema. Por el contrario, la mayoría de las invaginaciones de intestino delgado se pueden resolver espontáneamente, por lo que inicialmente pueden ser tratadas de forma conservadora. Sólo se plantearía tratamiento en estas invaginaciones de intestino delgado, desde el punto de vista ecográfico, en aquellas que presentarán signos de isquemia, tal como la presencia de líquido atrapado en el interior de la invaginación, o en aquellas que hubiesen perdido su motilidad y presentaran signos de obstrucción, y/o en aquellas en las que se demostrará un punto de arrastre. La cirugía en estos casos sería el tratamiento de elección, si bien se puede realizar enema para intentar la reducción parcial o total que disminuya el grado de edema previo a la cirugía, en aquellas invaginaciones cercanas a la válvula íleo-cecal.

Se podría aportar más en este campo dando características y tamaños fiables que diferenciaran invaginaciones de intestino delgado de aquellas ileocólicas, pero la

naturaleza transitoria de las invaginaciones de delgado dificulta un diagnóstico fiable, carecemos pues de “gold standar” para su diagnóstico. El número de referencias bibliográficas que se van acumulando con respecto a la existencia de estas invaginaciones transitorias, junto a las características imágenes ecográficas y el estudio de una amplia serie que diferenciara ambos tipos de invaginación mediante el resultado del enema podría minimizar este grave inconveniente a la hora de encarar un estudio con rigor científico, sobre las mismas. Aún así, sería difícil llevar éste a cabo, porque la realización en ese supuesto, de enemas o cualquier otro tipo de prueba que confirmara la existencia de invaginación no ileocólica, estaría probablemente injustificada, por lo que se desprende de las experiencias referidas.

En resumen, las invaginaciones de intestino delgado son más frecuentes y en general menos graves de lo referido. Se pueden diferenciar de las ileocólicas por su menor tamaño, localización no habitual, mesenterio homogéneo y, si podemos visualizarla, presencia de válvula ileocecal libre. La mayoría presentan buena definición de sus componentes y motilidad preservada, resolviéndose espontáneamente y pudiendo manejarse por tanto de manera conservadora. Por el contrario, la presencia en este tipo de invaginaciones de signos de obstrucción, líquido atrapado o detección de puntos de arrastre orienta hacia la cirugía.

#### **4.3- El ultrasonido en el diagnóstico de las formas secundarias (invaginaciones con punto de arrastre). Recurrencias.**

En raras ocasiones la invaginación es secundaria a un definido punto de arrastre o a una anomalía subyacente. Excepción hecha de la época neonatal, la frecuencia de este tipo de invaginación se incrementa progresivamente con la edad y en casos de recurrencia. Mientras que un punto de arrastre es encontrado en las invaginaciones que presentan un tercio de los pacientes por encima de los dos años, por debajo de esta edad ocurre en menos del 4%. (De 1.5% a 12%).

La recurrencia de la invaginación puede originar la sospecha de que exista un punto de arrastre. Sin embargo, la mayoría de las invaginaciones recurrentes no son debidas a puntos de arrastre, sino consideradas al igual que las idiopáticas resultado de una hiperplasia linfoide. Navarro et al.(112) en su serie de 163 niños detectan un 19% de recurrencias, porcentaje ligeramente superior al observado por nosotros (11%, 15/130 niños) y al citado en la literatura reciente (0-14:3%), (esta discrepancia podría hacer sospechar que alguna de las invaginaciones contabilizadas como recurrencia fuera debida a una reducción previa incompleta, por lo que la tasa de reducción que aportan para el enema de aire bajo radioscopia (90,2%) podría no ser tan alta). Está discutida en la literatura la incidencia de puntos de arrastre en invaginaciones recurrentes, variando esta del 0% al 33%. En la serie de Navarro, la incidencia de puntos de arrastre en invaginación recurrente fue del 26,3% (19,4% de los pacientes) frente al 5,3% en invaginaciones y pacientes sin recurrencia. Estas cifras indican que aunque los puntos de arrastre sean más comunes en las invaginaciones recurrentes, solamente se producen en una minoría de esta recurrencias. Por tanto, aunque uno pudiera estar más concienciado de la presencia de puntos de arrastre en invaginaciones recurrentes, se debería estar atento a su posible existencia ante cualquier tipo de invaginación. Dugougeat et al.(119) recomiendan realizar cultivos en caso de recurrencia. En dos de 6 casos de dolor abdominal tras reducción mediante enema de invaginación ileocólica, observan recurrencia de la misma. También detectan por ecografía progresivo aumento de adenopatías mesentéricas en los seis casos, engrosamiento del ileon, colon y/o apéndice en cuatro casos e incremento de la vascularización en el estudio Doppler practicado en dos casos. Estos hallazgos les sugieren un proceso inflamatorio intestinal y de hecho, los cultivos de heces fueron positivos para Clostridium difficile en un caso y Yersinia enterocolítica en el otro(119). Algunos autores han propuesto con éxito en dos casos de recurrencia con el único hallazgo de hiperplasia folicular, la terapia con corticoides(120).

El divertículo de Meckel, los quistes de duplicación y diversos tipos de tumores son las patologías mas frecuentemente asociadas a invaginación. El linfoma ileal generalmente ocurre por encima de 3 años y el cuadro clínico cursa con cierta cronicidad; aunque la presentación aguda habitual no excluye su existencia. Por último la frecuencia de

invaginación esta aumentada en enfermedad celiaca, púrpura de Schönlein-Henoch, fibrosis quística, hemofilia y síndrome de Kawasaki(2). La mayoría de los puntos de arrastre se diagnosticaban en la cirugía, pudiendo pasar desapercibidos en el enema practicado bajo fluoroscopia. Una de las objeciones dadas antaño, para la reducción no quirúrgica de la invaginación era la posible reducción y consiguiente retraso en el diagnóstico de patología subyacente. Los defensores del enema baritado aducían la baja frecuencia de estas patologías en su mayoría benignas, y la baja probabilidad de reducir un linfoma intestinal(121). Sin embargo, estudios posteriores han referido la reducción exitosa de invaginaciones con probados puntos de arrastre(28;122). Algunos autores siguen recomendando, incluso en estos casos, la reducción por enema, ya que puede facilitar la subsiguiente reducción manual quirúrgica(16;28;123).

En nuestra experiencia la ultrasonografía fue útil en la detección de puntos de arrastre, salvo en algunos casos de divertículo de Meckel. Al margen de la serie publicada de 145 casos con un linfoma Burkitt y dos divertículos Meckel como patologías asociadas, durante los 12 últimos años se diagnosticaron por ecografía en nuestro hospital invaginaciones asociadas a dos quistes de duplicación, dos linfomas, un pólipo hamartoso de colon y dos tumoraciones sólidas de intestino delgado (ya comentadas en el apartado anterior: un pólipo en un síndrome de Peutz-Jeghers y un lipoma). Uno de los quistes de duplicación se identificó en el ápex de la invaginación, como una estructura ovoidea de 7 cms, con la característica doble pared referida en este tipo de lesiones (que remeda la pared del tubo digestivo), de contenido anecoico que se tornaba hipoeicoico y móvil en el estudio de alta resolución (7.5 MHz). La cirugía tras enema de suero demostró una lesión que contenía un líquido blanquecino, y un divertículo de Meckel asociado. En el otro quiste de duplicación la inexistencia de imágenes por fallo técnico imposibilitó el estudio retrospectivo. El linfoma intestinal se visualizó en un caso como una masa hipoeicoica con engrosamiento difuso del ileon en la región del ápex de la invaginación. El diagnóstico de la pieza reseca fue de linfoma Burkitt del ileon terminal. El otro caso de linfoma intestinal se presentó asimismo como una masa hipoeicoica en el ápex de la invaginación de cuatro centímetros de diámetro máximo, pero a diferencia del caso anterior, en la reducción mediante enema de suero se apreció

que la lesión dependía de la pared del colon ascendente estando la válvula ileocecal libre, tratándose por tanto de una invaginación colocolica. El resultado de la punción aspiración fue de linfoma. Los controles ecográficos seriados demostraron la disminución hasta la desaparición de la masa tras tratamiento quimioterápico. En este caso no se realizó cirugía. El pólipo hamartomatoso de colon se detectó con facilidad debido su gran tamaño (cuatro centímetros). Se trataba de una masa de ecogenicidad mixta preferentemente sólida con pequeñas zonas sonolucientes redondeadas de escasos milímetros. El estudio Doppler practicado mostraba abundante flujo, hecho infrecuente en linfomas. La lesión fue puncionada con fines diagnósticos, antes de la cirugía.

En los casos en que la cirugía demostró divertículo de Meckel en nuestra serie revisada de 145 casos la ecografía practicada previamente no los había detectado (dos casos en los 145 revisados). Dos razones pueden explicar esta falta de sensibilidad del US en la detección de divertículo de Meckel: 1) El divertículo de Meckel no es más que una pared intestinal de similares características a las que pueden presentar las asas normalmente involucradas en la invaginación, de ahí probablemente la dificultad de diferenciarlo de las mismas. 2) Al igual que lo sugerido por Ein(121), creemos que la incidencia de divertículo de Meckel como punto de arrastre en invaginación esta sobrestimada. Dada la alta frecuencia de ambas patologías no es de extrañar que puedan ser coincidentes en ocasiones, sin que por ello deba asumirse una causalidad. La presencia de divertículo de Meckel en series de autopsias es del 2-4%. Al igual que el apéndice, el divertículo de Meckel podría ser arrastrado al interior de la invaginación de forma pasiva. En nuestros dos casos revisados describen el divertículo a más de 20 cms de la VIC. Dado que las invaginaciones en nuestra experiencia no superan los 10 cms, aun pudiendo estar estos divertículos incluidos en la invaginación, es poco probable que se localizaran en el ápex, no teniendo porque ser necesariamente pues, asumidos como puntos de arrastre. Estas consideraciones, se apoyan también en la experiencia recogida con posterioridad a la serie estudiada, de un caso de divertículo de Meckel que sí fue diagnosticado ecográficamente, como una masa piriforme sonoluciente central y situada en el ápex del *intussusceptum*. La invaginación interpretada como de intestino delgado por su situación pélvica, así como por la visualización de la válvula ileocecal libre, fue reducida mediante

enema con la finalidad de disminuir el edema y se realizó cirugía con resección del divertículo de Meckel pasados unos días.

Al margen de nuestra experiencia, en un reciente artículo Daneman et al. describen la apariencia sonográfica de 5 divertículos de Meckel evertidos, como una masa en el ápex de la invaginación en dos casos con contenido líquido, similar pues al caso que acabamos referir, y en otros dos sólido hiperecogénico relacionado con su mesenterio(74).

Recientemente Ko et al. analizan los hallazgos sonográficos de las invaginaciones de intestino delgado en 17 pacientes pediátricos sintomáticos probados con cirugía. En la cirugía encuentran ocho casos debidos a puntos de arrastre (44. 4%) que incluyen cinco pólipos hamartomatosos, dos de ellos en pacientes con síndrome de Peutz-Jeghers, dos casos con divertículo de Meckel y un hematoma mural postraumático. En ningún caso hacen referencia a la visualización directa por ecografía de estas lesiones. Concluyen que la demora en el diagnóstico y tratamiento quirúrgico en pacientes pediátricos con invaginaciones de intestino delgado sintomáticas es un hecho común lo que acarrea en su serie una alta tasa de complicaciones intestinales (42%). La demostración ecográfica de una lesión de 2-3 centímetros, específicamente si se halla en la región paraumbilical o abdominal izquierda, es sugestiva de invaginación de intestino delgado y puede evitar la necesidad de un enema de bario; sin embargo, la TC es de utilidad en la confirmación de la invaginación de intestino delgado. En invaginaciones de intestino delgado sintomáticas una vez establecido el diagnóstico, recomiendan valoración inmediata de tratamiento quirúrgico(103).

En otra serie reciente de 163 niños con un total de 219 invaginaciones, Navarro et al. (112) demuestran puntos de arrastre en 13 niños (8%) de los que sólo 53. 8% fueron diagnosticados mediante ultrasonido. Esta cifra ascendería al 60% si se tuviera en cuenta sólo las lesiones focales tales como, divertículo de Meckel, quiste duplicación y linfoma para los que el ultrasonido sería la técnica de elección; y no aquellas lesiones intestinales difusas tales como la fibrosis quística o la púrpura de Henoch en las que el ultrasonido detecta engrosamiento inespecífico de asas. Sin embargo, los casos en los que el

ultrasonido no identificó el punto de arrastre que posteriormente demostró la cirugía, fueron debidos a pólipos intestinales y a algún divertículo de Meckel. Lo que está acorde con nuestra experiencia. Catorce casos de los que no pudieron ser reducidos mediante enema de aire fueron reducidos manualmente en la cirugía. Cinco tenían puntos de arrastre y uno estaba perforado. En los otros ocho se realizaron de dos a cuatro intentos demorados de reducción, salvo en un caso en que la presencia del líquido atrapado y septado entre las porciones del *intussusceptum* aconsejó su no realización(cita del Pozo et al.)(103; 112).

No existen datos en la literatura de como actuar ante casos de invaginaciones recurrentes en los que el ultrasonido no pone de manifiesto punto de arrastre. En la serie de Navarro (112) en solo dos casos ocurrió esto y uno de ellos tenía diagnóstico previo de fibrosis quística. En numerosas ocasiones se ha descrito que las invaginaciones debidas a puntos de arrastre pueden ser reducidas con éxito mediante enema (63.6% en la serie de Navarro)(112). Es recomendable intentar la reducción mediante enema en estos casos ya que aunque no sea completa, facilita la cirugía posterior. Sin embargo, aún acontecen un 40% de puntos de arrastre en aquellas invaginaciones que son irreducibles con enema de aire y 50% en aquellas irreducibles en la cirugía. Quedaría la cuestión de cuántos intentos y cuán agresivos deben ser estos en presencia de puntos de arrastre(112).

En nuestra experiencia, las invaginaciones ileocólicas recurrentes en las que no se detecta por ecografía punto de arrastre son, en aquellas ocasiones en que las recurrencias son frecuentes y próximas en el tiempo, tratadas por cirugía debido fundamentalmente a las “presiones” familiares. En ninguno de nuestros casos la cirugía puso de manifiesto punto de arrastre causante de invaginación, confirmando por tanto los hallazgos ecográficos, negativos para patología asociada. Curiosamente en estos casos las recurrencias desaparecieron tras la cirugía, sin que ésta incluyera ningún tratamiento reparador más allá de la desinvaginación manual. Es conocido que el número de recurrencias tras cirugía es menor (1-3%) que el de las referidas tras reducción no quirúrgica (hasta un 19%). Ya que una de las teorías sobre la patogenia de la invaginación postula la existencia de un peristaltismo intestinal anómalo, se podría conjeturar que el

ayuno y el íleo paralítico secundario a la anestesia pudieran ser los responsables del menor índice de recurrencias observado tras cirugía. El paso siguiente de ésta conjetura en casos de recurrencia, sería la posibilidad de plantear un tratamiento médico espasmolítico que dejarse en reposo las asas intestinales tras la reducción mediante enema, en un intento de evitar una laparotomía bajo anestesia.

De todo lo expuesto deducimos que lo idóneo sería diagnosticar la existencia o no de puntos de arrastre y posteriormente dependiendo de su posible benignidad o malignidad actuar en consecuencia. La mayoría de ellos van a requerir finalmente cirugía, pero el linfoma intestinal precisa al menos de estudio de extensión previo. Tanto por enema baritado como por enema aéreo la patología asociada a invaginación puede ser pasada por alto e infravalorada, ya que el estudio se centra fundamentalmente en la visualización de la luz intestinal(103). El enema baritado, además, no descarta invaginación de intestino delgado pudiendo ser por tanto fuente de falsos diagnósticos en estos niños con sintomatología inespecífica(25). El US puede no solo detectar sino también caracterizar los puntos de arrastre según nuestra experiencia y la de otros autores(16;28;101;111;112;123;124).

En conclusión, el manejo de las invaginaciones debidas a puntos de arrastre sigue siendo un reto. La existencia de puntos de arrastre en la invaginación debería ser evaluada antes de tomar una actitud terapéutica. El US puede detectar y caracterizar gran parte de estas lesiones mediante el análisis detallado del ápex de la invaginación. Sin embargo, la ecografía no detecta todos los puntos de arrastre y no tenemos datos disponibles sobre cómo continuar la investigación en estos pacientes en los que a pesar de no tener constancia ecográfica de la presencia de puntos de arrastre, existe una alto índice de sospecha. La indicación de otras exploraciones debería establecerse según cada caso particular. Ya que la ecografía no puede predecir taxativamente que invaginaciones debidas a puntos de arrastre pueden ser reducidas; se recomienda el intento de reducir estos casos siempre que no exista otro tipo de contraindicaciones generales.

## **5. Evolución del manejo de la invaginación. Radiación y costes.**

Tradicionalmente la primera prueba de imagen diagnóstica a realizar cuando había sospecha de invaginación era la radiografía simple de abdomen. En el caso de síntomas abdominales vagos la radiografía simple de abdomen se mantiene como la prueba de cribaje más sencilla de diagnóstico por imagen. Sin embargo, la radiografía simple de abdomen no siempre permite descartar invaginación o detectar perforación de una manera fiable. Por ello coincidimos con algunos autores que no recomiendan su uso en casos de que la sospecha de invaginación sea alta especialmente si la aparición de los síntomas es reciente. En estos casos el ultrasonido debería ser el primer procedimiento de diagnóstico por imagen a utilizar. El ultrasonido permite de una manera fiable diagnosticar o descartar invaginación, hacer diagnósticos alternativos y caracterizar puntos de arrastre. Sólo en los casos en los que el ultrasonido no esté disponible se debería realizar un enema de contraste para excluir la posibilidad de invaginación.

Inicialmente la determinación sobre la presencia de isquemia o irreductibilidad de la invaginación estuvo basada en criterios clínicos. Sin embargo, el ultrasonido puede identificar hallazgos de alto riesgo demostrando líquido atrapado dentro de la invaginación o ausencia de flujo en las imágenes de eco Doppler. Cuando detectemos estos hallazgos debemos extremar la prudencia en los procedimientos de desinvaginación. Por el contrario cuando no se detecten factores de riesgo, ni por la clínica, ni por el ultrasonido, la reducción mediante enema debería ser acometida sin otras limitaciones que las inherentes a la técnica y, sin por otra parte, escatimar esfuerzos.

En nuestro hospital el diagnóstico de invaginación se realiza en la actualidad, en la mayoría de los casos, exclusivamente con ecografía. Conforme fuimos optimizando el diagnóstico ecográfico, el ultrasonido reemplazó a la radiografía simple de abdomen como la primera prueba de diagnóstico por la imagen para invaginación.

Observamos una tendencia al diagnóstico ecográfico e incluso a la sustitución en el diagnóstico del enema por la ecografía en algunas publicaciones de autores americanos(3;38;99) en las que nuestros trabajos son citados. Deducimos que nuestros estudios han podido cumplir su objetivo contribuyendo al cambio en el manejo de la invaginación. Uno de los trabajos aludidos(38) demuestra una disminución en radiación y costes económicos:

La radiación específicamente ligada a un enema diagnóstico sería según este estudio(38) una media de 820 mR ( de 247-1.542mR) para enemas negativos y una media de 2.567 (de 1.131 a 4.402 mR) para enemas positivos. Ellos estiman que la radiación que evitan por niño si realizan US y este es negativo sería de aproximadamente de 820 mR. (Hecho que podría ocurrir en el 78% de sus casos con sospechas clínicas de invaginación).

Así mismo Henrikson, según diferentes manejos, estima en 25.308 dólares el coste del manejo por enema de todas las sospechas de invaginación en un estudio de 38 casos (manejo 2x1) frente a 25.422 dólares cuando se realizaron 38 US y 15 enemas ( manejar con enema solo los niños con US positivo para invaginación o alta sospecha clínica)(38). Concluye que el precio global habría descendido a 20.760 dólares si los clínicos ganaran confianza en los resultados del US y solo solicitaran enema en aquellos niños con US positivo para invaginación.

Por otro lado, Chang (3) expresa: " La incidencia de invaginación en nuestro hospital en Nueva York declinó progresivamente de 6,5 a 3,9 casos por 10.000 niños así como el número de niños que requería cirugía. Esto puede responder a una disminución real o a un cambio en el manejo del paciente (no se contabilizan como hospitalizaciones los ingresos cortos). Invaginaciones de pocas horas pueden actualmente ser diagnosticadas por ecografía y reducidas por enema" (cita del-Pozo et al). Aunque la comprensión de la patogénesis de la invaginación permanece incompleta, la incidencia, la necesidad de cirugía, y la mortalidad ligada a este proceso han disminuido con el tiempo. En Nueva York, la mortalidad ha disminuido a un caso por cada 475 y estudios recientes sugieren que la necesidad de cirugía y el riesgo de muerte podrían disminuir acortando el periodo entre el comienzo de los síntomas, el diagnóstico y el tratamiento"(3).

Recientemente Strouse(99), Universidad de Michigan, escribe: “La intususcepción puede ser fácilmente diagnosticada por sonografía en manos de habilidosos sonografistas familiarizados con el diagnóstico y sus hallazgos (citas del-Pozo et al.)...En nuestra institución, la ultrasonografía es usada para identificar pacientes con invaginación y ha disminuido considerablemente el número de enemas negativos realizados”.

## **VI. CONCLUSIONES**

1- La presencia de un "crescent" ecogénico dentro de la imagen US del "doughnut" (signo de "crescent-in-doughnut") es un rasgo distintivo que caracteriza la imagen de la invaginación y hemos encontrado que corresponde al mesenterio arrastrado al interior de la invaginación. Hasta el presente estudio, no habían sido descritos rasgos semiológicos diferenciales entre la imagen US de la invaginación ("doughnut", "pseudorriñón") y la de otras patologías del tubo digestivo.

2- Las imágenes ecográficas que hemos definido tienen una correlación precisa con los diferentes componentes anatomopatológicos de la invaginación. A saber: 1- El signo de "crescent in doughnut" se correlaciona con el mesenterio englobando la porción central de *intussusceptum*, todo ello a su vez situado en el interior del anillo que forma la porción evertida del *intussusceptum* junto al fino *intussusciens*. 2- El signo de "crescent in doughnut" con nódulo hipoecoico se correlaciona con adenopatía en el interior de la semiluna o "crescent" mesentérico. 3- El signo del "doughnut" con centro hipoecoico se correlaciona con la porción entrante del *intussusceptum* como único componente del centro de la imagen.

3- Hemos observado distintas variantes en la imagen básica de la invaginación tanto en cortes longitudinales como axiales. Estas últimas, más representativas, son las siguientes: variantes en el anillo externo (hiperecogénico, múltiples capas o con anillo punteado hiperecogénico intercalado), en el mesenterio (complejo ceco-apendicular, adenopatías o vasos) y en la porción central del *intussusceptum* (aire o líquido). Hemos dado una explicación satisfactoria a las variantes observadas, fundamentada en el caso de las variantes mesentéricas en la correlación anatomopatológica (adenopatías) o en el estudio Doppler (vasos) practicado. Estas imágenes precisas y objetivas minimizan la característica "operador dependiente" de la técnica y proporcionan una mayor confianza en el US por parte de radiólogos y pediatras.

4- Hemos encontrado la presencia de líquido en el interior de la invaginación como hallazgo infrecuente (14%), que podemos detectar como una semiluna anecoica en las imágenes axiales ecográficas: signo del “doble crescent-in-doughnut”.

5- Según nuestros resultados la presencia de líquido en el interior de la invaginación indica compromiso vascular y representa un trasudado peritoneal atrapado entre ambos pliegues doblados del *intssusceptum* evertido.

6- La presencia de líquido en el interior de la invaginación se relaciona según nuestros hallazgos, además de con isquemia, con una menor reductibilidad, ya que incrementa el volumen global de la invaginación. Aunque pequeñas cantidades de líquido no parecen dificultar la reducción, grandes cantidades (14x5 mm) especialmente situadas en el ápex dilatado de *intssusceptum* están relacionadas significativamente con isquemia e irreductibilidad.

7- Nuestras observaciones con ultrasonidos han permitido un preciso conocimiento de la anatomía y fisiopatología de la invaginación, diferenciando en escasos milímetros 15 capas de paredes intestinales y en invaginaciones de pocos centímetros todos y cada uno de sus componentes. Esta resolución no ha sido superada por otros métodos diagnósticos, por lo que el US resulta también un procedimiento idóneo para la investigación.

8- Nuestros trabajos han puesto de manifiesto que por su alta precisión diagnóstica, accesibilidad e inocuidad el ultrasonido debe constituir el primer escalón diagnóstico de la invaginación intestinal en niños.

## **VII. BIBLIOGRAFÍA**

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Kombo LA, Gerber MA, Pickering LK, Atreya CD, Breiman RF. Intussusception, infection, and immunization: summary of a workshop on rotavirus. *Pediatrics* 2001; 108(2):E37.
2. Jamieson D. and Stringer D.A.. Small bowel. en Stringer D.A.and Babyn P.S.. *Pediatric Gastrointestinal Imaging and Intervention*. Ed. Decker Inc Hamilton Second edition 2000: 311-450
3. Chang HG, Smith PF, Ackelsberg J, Morse DL, Glass RI. Intussusception, rotavirusdiarrhea, and rotavirus vaccine use among children in New York state. *Pediatrics* 2001; 108(1):54-60.
4. DiFiore JW. Intussusception. *Semin Pediatr Surg* 1999; 8(4):214-220.
5. Patriquin HB, Afshani E, Effman E, Griscom T, Johnson F, Kramer SS et al. Neonatal intussusception. Report of 12 cases. *Radiology* 1977; 125(2):463-466.
6. Dudgeon DL, Hays DM. Intussusception complicating the treatment of malignancy in childhood. *Arch Surg* 1972; 105(1):52-56.
7. Pumberger W, Hormann M, Pomberger G, Hallwirth U. Sonographic diagnosis of intussusception of the appendix vermiformis. *J Clin Ultrasound* 2000; 28(9):492-496(8)
8. Orenstein J. Update on Intussusception. *Contemporary Pediatrics* ® Archive . 1-3-2000.
9. Ravitch M.M, Mc Cune R.M. Jr. Reduction of intussusception by barium enema. *Ann Surg* 1948; 128:904-917.
10. Koumanidou C, Vakaki M, Pitsoulakis G, Kakavakis K, Mirilas P. Sonographic detection of lymph nodes in the intussusception of infants and young children: clinical evaluation and hydrostatic reduction. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 178(2):445-450.
11. Stringer MD, Holmes SJ. Familial intussusception. *J Pediatr Surg* 1992; 27(11):1436-1437.
12. Murphy TV, Gargiullo PM, Massoudi MS, Nelson DB, Jumaan AO, Okoro CA et al. Intussusception among infants given an oral rotavirus vaccine. *N Engl J Med* 2001; 344(8):564-572.
13. Mitra SK, Rao PL, Bhattacharyya NC, Pathak IC. Rupture of intussusciens. *J Pediatr Surg* 1982; 17(3):300-301.

14. Casado E, Nogales A. *Pediatría*. Ed. I.M & C. Madrid. 3 ed.1991. Vol 1. 349-353.
15. Yamamoto LG, Morita SY, Boychuk RB, Inaba AS, Rosen LM, Yee LL et al. Stool appearance in intussusception: assessing the value of the term "currant jelly". *Am J Emerg Med* 1997; 15(3):293-298.
16. Daneman A, Alton DJ. Intussusception. Issues and controversies related to diagnosis and reduction. *Radiol Clin North Am* 1996; 34(4):743-756.
17. Stringer MD, Pablot SM, Brereton RJ. Paediatric intussusception. *Br J Surg* 1992; 79(9):867-876.
18. Bisset GS, III, Kirks DR. Intussusception in infants and children: diagnosis and therapy. *Radiology* 1988; 168(1):141-145.
19. Lee JM, Kim H, Byun JY, Lee HG, Kim CY, Shinn KS et al. Intussusception: characteristic radiolucencies on the abdominal radiograph. *Pediatr Radiol* 1994; 24(4):293-295.
20. Sargent MA, Babyn P, Alton DJ. Plain abdominal radiography in suspected intussusception: a reassessment. *Pediatr Radiol* 1994; 24(1):17-20.
21. Ratcliffe JF, Fong S, Cheong I, O'Connell P. Plain film diagnosis of intussusception: prevalence of the target sign. *AJR Am J Roentgenol* 1992; 158(3):619-621.
22. Eklof O, Hartelius H. Reliability of the abdominal plain film diagnosis in pediatric patients with suspected intussusception. *Pediatr Radiol* 1980; 9(4):199-206.
23. Humphry A, Ein SH, Mok PM. Perforation of the intussuscepted colon. *AJR Am J Roentgenol* 1981; 137(6):1135-1138.
24. Daneman A, Alton DJ, Ein S, Wesson D, Superina R, Thorner P. Perforation during attempted intussusception reduction in children--a comparison of perforation with barium and air. *Pediatr Radiol* 1995; 25(2):81-88.
25. Tiao MM, Wan YL, Ng SH, Ko SF, Lee TY, Chen MC et al. Sonographic features of small-bowel intussusception in pediatric patients. *Acad Emerg Med* 2001; 8(4):368-373.
26. Gu L, Alton DJ, Daneman A, Stringer DA, Liu P, Wilmot DM et al. John Caffey Award. Intussusception reduction in children by rectal insufflation of air. *AJR Am J Roentgenol* 1988; 150(6):1345-1348.
27. Meyer JS. The current radiologic management of intussusception: a survey and review. *Pediatr Radiol* 1992; 22(5):323-325.

28. Miller SF, Landes AB, Dautenhahn LW, Pereira JK, Connolly BL, Babyn PS et al. Intussusception: ability of fluoroscopic images obtained during air enemas to depict lead points and other abnormalities. *Radiology* 1995; 197(2):493-496.
29. Pracros JP, Tran-Minh VA, Morin de Finfe CH, Deffrenne-Pracros P, Louis D, Basset T. Acute intestinal intussusception in children. Contribution of ultrasonography (145 cases). *Ann Radiol (Paris)* 1987; 30(7):525-530.
30. Shiels WE, Kirks DR, Keller GL, Ryckman FR, Daugherty CC, Specker BL et al. John Caffey Award. Colonic perforation by air and liquid enemas: comparison study in young pigs. *AJR Am J Roentgenol* 1993; 160(5):931-935.
31. Verschelden P, Filiatrault D, Garel L, Grignon A, Perreault G, Boisvert J et al. Intussusception in children: reliability of US in diagnosis--a prospective study. *Radiology* 1992; 184(3):741-744.
32. Wood SK, Kim JS, Suh SJ, Paik TW, Choi SO. Childhood intussusception: US-guided hydrostatic reduction. *Radiology* 1992; 182(1):77-80.
33. Berdon WE, Slovis TL. Where we are since ALARA and the series of articles on CT dose in children and risk of long-term cancers: what has changed? *Pediatr Radiol* 2002; 32(10):699.
34. Kosloske AM, Love CL, Rohrer JE, Goldthorn JF, Lacey SR. The diagnosis of appendicitis in children: outcomes of a strategy based on pediatric surgical evaluation. *Pediatrics* 2004; 113(1 Pt 1):29-34.
35. Heenan SD, Kyriou J, Fitzgerald M, Adam EJ. Effective dose at pneumatic reduction of paediatric intussusception. *Clin Radiol* 2000; 55(11):811-816.
36. Yakoumakis E, Tsalafoutas IA, Sandilos P, Koulentianos H, Kasfiki A, Vlahos L et al. Patient doses from barium meal and barium enema examinations and potential for reduction through proper set-up of equipment. *Br J Radiol* 1999; 72(854):173-178.
37. Karlsson A, Schuwert P, Mortensson W. Radiation exposure to children in diagnosing and at hydrostatic reduction of intussusception. *Acta Radiol* 1994; 35(3):296-299.
38. Henrikson S, Blane CE, Koujok K, Strouse PJ, DiPietro MA, Goodsitt MM. The effect of screening sonography on the positive rate of enemas for intussusception. *Pediatr Radiol* 2003; 33(3):190-193.
39. Kleinsasser LJ, Warshaw H. Perforation of the sigmoid colon during barium enema; report of a case with review of the literature, and experimental study of the effect of barium sulfate injected intraperitoneally. *Ann Surg* 1952; 135(4):560-565.

40. Swischuk LE. The current radiologic management of intussusception: a survey and review. *Pediatr Radiol* 1992; 22(5):317.
41. Ginai AZ. Experimental evaluation of various available contrast agents for use in the gastrointestinal tract in case of suspected leakage. Effects on pleura. *Br J Radiol* 1986; 59(705):887-894.
42. Kirks DR. Air intussusception reduction: "the winds of change". *Pediatr Radiol* 1995; 25(2):89-91.
43. Stein JE, Beasley SW, Phelan E. The cost benefit of changing protocols in the management of intussusception. *Aust N Z J Surg* 1997; 67(6):330-331.
44. Kirks DR. Diagnosis and treatment of pediatric intussusception: how far should we push our radiologic techniques? *Radiology* 1994; 191(3):622-623.
45. Hernanz-Schulman M, Foster C, Maxa R, Battles G, Dutt P, Stratton C et al. Experimental study of mortality and morbidity of contrast media and standardized fecal dose in the peritoneal cavity. *Pediatr Radiol* 2000; 30(6):369-378.
46. Bolia AA. Diagnosis and hydrostatic reduction of an intussusception under ultrasound guidance. *Clin Radiol* 1985; 36(6):655-657.
47. Peh WC, Khong PL, Chan KL, Lam C, Cheng W, Lam WW et al. Sonographically guided hydrostatic reduction of childhood intussusception using Hartmann's solution. *AJR Am J Roentgenol* 1996; 167(5):1237-1241
48. Riebel TW, Nasir R, Weber K. US-guided hydrostatic reduction of intussusception in children. *Radiology* 1993; 188(2):513-516.
49. Rohrschneider WK, Troger J. Hydrostatic reduction of intussusception under US guidance. *Pediatr Radiol* 1995; 25(7):530-534.
50. Wang GD, Liu SJ. Enema reduction of intussusception by hydrostatic pressure under ultrasound guidance: a report of 377 cases. *J Pediatr Surg* 1988; 23(9):814-818.
51. Gu L, Zhu H, Wang S, Han Y, Wu X, Miao H. Sonographic guidance of air enema for intussusception reduction in children. *Pediatr Radiol* 2000; 30(5):339-342.
52. Yoon CH, Kim HJ, Goo HW. Intussusception in children: US-guided pneumatic reduction--initial experience. *Radiology* 2001; 218(1):85-88.
53. Zambuto D, Bramson RT, Blickman JG. Intracolonic pressure measurements during hydrostatic and air contrast barium enema studies in children. *Radiology* 1995; 196(1):55-58.
54. Weissberg DL, Scheible W, Leopold GR. Ultrasonographic appearance of adult intussusception. *Radiology* 1977; 124(3):791-792.

55. Burke LF, Clark E. Ileocolic intussusception--a case report. *J Clin Ultrasound* 1977; 5(5):346-347.
56. Holt S, Samuel E. Multiple concentric ring sign in the ultrasonographic diagnosis of intussusception. *Gastrointest Radiol* 1978; 3(3):307-309.
57. Friedman AP, Haller JO, Schneider M, Schussheim A. The pediatric corner. Sonographic appearance of intussusception in children. *Am J Gastroenterol* 1979; 72(1):92-94.
58. Morgan CL, Trought WS, Oddson TA, Clark WM, Rice RP. Ultrasound patterns of disorders affecting the gastrointestinal tract. *Radiology* 1980; 135(1):129-135.
59. Parienty RA, Lepreux JF, Gruson B. Sonographic and CT features of ileocolic intussusception. *AJR Am J Roentgenol* 1981; 136(3):608-610.
60. Morin ME, Blumenthal DH, Tan A, Li YP. The ultrasonic appearance of ileocolic intussusception. *J Clin Ultrasound* 1981; 9(9):516-518.
61. Bowerman RA, Silver TM, Jaffe MH. Real-time ultrasound diagnosis of intussusception in children. *Radiology* 1982; 143(2):527-529.
62. Montali G, Croce F, De Pra L, Solbiati L. Intussusception of the bowel: a new sonographic pattern. *Br J Radiol* 1983; 56(669):621-623.
63. Alessi V, Salerno G. The "hay-fork" sign in the ultrasonographic diagnosis of intussusception. *Gastrointest Radiol* 1985; 10(2):177-179.
64. Swischuk LE, Hayden CK, Boulden T. Intussusception: indications for ultrasonography and an explanation of the doughnut and pseudokidney signs. *Pediatr Radiol* 1985; 15(6):388-391.
65. Verbanck JJ, Rutgeerts LJ, Douterlungne PH, Vanmoerkerke IJ, Verleden GL, Segaert MF et al. Sonographic and pathologic correlation in intussusception of the bowel. *J Clin Ultrasound* 1986; 14(5):393-397.
66. Alzen G, Funke G, Truong S. Pitfalls in the diagnosis of intussusception. *J Clin Ultrasound* 1989; 17(7):481-488.
67. Itagaki A, Uchida M, Ueki K, Kajii T. Double targets sign in ultrasonic diagnosis of intussuscepted Meckel diverticulum. *Pediatr Radiol* 1991; 21(2):148-149.
68. Lim HK, Bae SH, Lee KH, Seo GS, Yoon GS. Assessment of reducibility of ileocolic intussusception in children: usefulness of color Doppler sonography. *Radiology* 1994; 191(3):781-785.

69. Kimmey MB, Martin RW, Haggitt RC, Wang KY, Franklin DW, Silverstein FE. Histologic correlates of gastrointestinal ultrasound images. *Gastroenterology* 1989; 96(2 Pt 1):433-441.
70. Curcio CM, Feinstein RS, Humphrey RL, Jones B, Siegelman SS. Computed tomography of entero-enteric intussusception. *J Comput Assist Tomogr* 1982; 6(5):969-974.
71. Weinberger E, Winters WD. Intussusception in children: the role of sonography. *Radiology* 1992; 184(3):601-602.
72. Couture A, Veyrac C, Baud C, Galifer RB, Armelin I. Evaluation of abdominal pain in Henoch-Schonlein syndrome by high frequency ultrasound. *Pediatr Radiol* 1992; 22(1):12-17.
73. Papadopoulou F, Efremidis SC, Raptopoulou A, Tryfonas GI, Tsikopoulos G. Distal ileocolic intussusception: another cause of inversion of superior mesenteric vessels in infants. *AJR Am J Roentgenol* 1996; 167(5):1243-1246.
74. Daneman A, Myers M, Shuckett B, Alton DJ. Sonographic appearances of inverted Meckel diverticulum with intussusception. *Pediatr Radiol* 1997; 27(4):295-298.
75. Lee HC, Yeh HJ, Leu YJ. Intussusception: the sonographic diagnosis and its clinical value. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1989; 8(3):343-347.
76. Feinstein KA, Myers M, Fernbach SK, Bhisitkul DM. Peritoneal fluid in children with intussusception: its sonographic detection and relationship to successful reduction. *Abdom Imaging* 1993; 18(3):277-279.
77. Swischuk LE, Stansberry SD. Ultrasonographic detection of free peritoneal fluid in uncomplicated intussusception. *Pediatr Radiol* 1991; 21(5):350-351.
78. Lam AH, Firman K. Value of sonography including color Doppler in the diagnosis and management of long standing intussusception. *Pediatr Radiol* 1992; 22(2):112-114.
79. Lagalla R, Caruso G, Novara V, Derchi LE, Cardinale AE. Color Doppler ultrasonography in pediatric intussusception. *J Ultrasound Med* 1994; 13(3):171-174.
80. Warshauer DM, Lee JK. Adult intussusception detected at CT or MR imaging: clinical-imaging correlation. *Radiology* 1999; 212(3):853-860.
81. Nosaka S. [Diagnostic radiology in acute pediatric abdomen]. *Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi* 2000; 60(1):5-13.
82. Frush DP, Zheng JY, McDermott VG, Bisset GS, III. Nonoperative treatment of intussusception: historical perspective. *AJR Am J Roentgenol* 1995; 165(5):1066-1070.

83. McDermott VG. Childhood intussusception and approaches to treatment: a historical review. *Pediatr Radiol* 1994; 24(3):153-155.
84. Guo JZ, Ma XY, Zhou QH. Results of air pressure enema reduction of intussusception: 6,396 cases in 13 years. *J Pediatr Surg* 1986; 21(12):1201-1203.
85. Meyer JS, Dangman BC, Buonomo C, Berlin JA. Air and liquid contrast agents in the management of intussusception: a controlled, randomized trial. *Radiology* 1993; 188(2):507-511.
86. Swischuk LE, John SD, Swischuk PN. Spontaneous reduction of intussusception: verification with US. *Radiology* 1994; 192(1):269-271.
87. Stein M, Alton DJ, Daneman A. Pneumatic reduction of intussusception: 5-year experience. *Radiology* 1992; 183(3):681-684.
88. Connolly B, Alton DJ, Ein SH, Daneman A. Partially reduced intussusception: when are repeated delayed reduction attempts appropriate? *Pediatr Radiol* 1995; 25(2):104-107.
89. Daneman A, Navarro O. Intussusception. Part 2: An update on the evolution of management. *Pediatr Radiol* 2004; 34(2):97-108.
90. Meier DE, Coln CD, Rescorla FJ, OlaOlorun A, Tarpley JL. Intussusception in children: international perspective. *World J Surg* 1996; 20(8):1035-1039.
91. Zheng JY, Frush DP, Guo JZ. Review of pneumatic reduction of intussusception: evolution not revolution. *J Pediatr Surg* 1994; 29(1):93-97
92. van der LM, Bax NM, van dZ, Ure BM. The role of laparoscopy in the management of childhood intussusception. *Surg Endosc* 2001; 15(4):373-376.
93. Boehm R., Till H. Recurrent intussusceptions in an infant that were terminated by laparoscopic ileocolonic pexie. *Surg Endosc* 2003; 17:831-834.
94. Royal SA. Hypovolemic shock after air reduction of intussusception. *Pediatr Radiol* 2001; 31(3):184-186.
95. Somekh E, Serour F, Goncalves D, Gorenstein A. Air enema for reduction of intussusception in children: risk of bacteremia. *Radiology* 1996; 200(1):217-218.
96. Nguyen BD. Greek mythologic etymology in radiology. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 179(5):1347.
97. Puylaert JB. Ultrasonography of the acute abdomen: gastrointestinal conditions. *Radiol Clin North Am* 2003; 41(6):1227-42, vii.

98. Daneman A, Navarro O. Intussusception. Part 1: a review of diagnostic approaches. *Pediatr Radiol* 2003; 33(2):79-85.
99. Strouse PJ. Imaging and the child with abdominal pain. *Singapore Med J* 2003; 44(6):312-322.
100. Shanbhogue RL, Hussain SM, Meradji M, Robben SG, Vernooij JE, Molenaar JC. Ultrasonography is accurate enough for the diagnosis of intussusception. *J Pediatr Surg* 1994; 29(2):324-327.
101. Adamsbaum C, Sellier N, Helardot P. Ileocolic intussusception with enterogenous cyst: ultrasonic diagnosis. *Pediatr Radiol* 1989; 19(5):325.
102. Ravitch. Intussusception. *Pediatric Surgery*. Chicago III: Year Book Medical, 1986: 868-882.
103. Ko SF, Lee TY, Ng SH, Wan YL, Chen MC, Tiao MM et al. Small bowel intussusception in symptomatic pediatric patients: experiences with 19 surgically proven cases. *World J Surg* 2002; 26(4):438-443.
104. Kenney JJ. Ultrasound in intussusception: a false cystic lead point. *Pediatr Radiol* 1990; 20(5):348.
105. Britton I, Wilkinson AG. Ultrasound features of intussusception predicting outcome of air enema. *Pediatr Radiol* 1999; 29(9):705-710.
106. Rohrschneider WK. Ultrasound features of intussusception predicting outcome of air enema by Britton and Wilkinson. *Pediatr Radiol* 2000; 30(10):716-717.
107. Fujimoto T, Fukuda T, Uetani M, Matsuoka Y, Nagaoki K, Asoh N et al. Unenhanced CT findings of vascular compromise in association with intussusceptions in adults. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 176(5):1167-1171.
108. Mirilas P, Koumanidou C, Vakaki M, Skandalakis P, Antypas S, Kakavakis K. Sonographic features indicative of hydrostatic reducibility of intestinal intussusception in infancy and early childhood. *Eur Radiol* 2001; 11(12):2576-2580.
109. Crystal P, Hertzanu Y, Farber B, Shabshin N, Barki Y. Sonographically guided hydrostatic reduction of intussusception in children. *J Clin Ultrasound* 2002; 30(6):343-348.
110. Anderson DR. The pseudokidney sign. *Radiology* 1999; 211(2):395-397.
111. Navarro O, Daneman A. Intussusception. Part 3: Diagnosis and management of those with an identifiable or predisposing cause and those that reduce spontaneously. *Pediatr Radiol* 2004; 34(4):305-312.

112. Navarro OM, Daneman A, Chae A. Intussusception: the use of delayed, repeated reduction attempts and the management of intussusceptions due to pathologic lead points in pediatric patients. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 182(5):1169-1176.
113. Koumanidou C, Vakaki M, Theofanopoulou M, Nikas J, Pitsoulakis G, Kakavakis K. Appendiceal and appendiceal-ileocolic intussusception: sonographic and radiographic evaluation. *Pediatr Radiol* 2001; 31(3):180-183.
114. Kong MS, Wong HF, Lin SL, Chung JL, Lin JN. Factors related to detection of blood flow by color Doppler ultrasonography in intussusception. *J Ultrasound Med* 1997; 16(2):141-144.
115. Hanquinet S, Anooshiravani M, Vunda A, Le Coultre C, Bugmann P. Reliability of color Doppler and power Doppler sonography in the evaluation of intussuscepted bowel viability. *Pediatr Surg Int* 1998; 13(5-6):360-362.
116. McHugh K. Intussusception in children: observation transformed into irrefutable "fact". *AJR Am J Roentgenol* 2002; 179(5):1348-1349.
117. Kornecki A, Daneman A, Navarro O, Connolly B, Manson D, Alton DJ. Spontaneous reduction of intussusception: clinical spectrum, management and outcome. *Pediatr Radiol* 2000; 30(1):58-63.
118. Strouse PJ, DiPietro MA, Saez F. Transient small-bowel intussusception in children on CT. *Pediatr Radiol* 2003; 33(5):316-320.
119. Dugougeat F, Navarro O, Daneman A. The role of sonography in children with abdominal pain after recent successful reduction of intussusception. *Pediatr Radiol* 2000; 30(9):654.
120. Shteyer E, Koplewitz BZ, Gross E, Granot E. Medical treatment of recurrent intussusception associated with intestinal lymphoid hyperplasia. *Pediatrics* 2003; 111(3):682-685.
121. Ein SH. Leading points in childhood intussusception. *J Pediatr Surg* 1976; 11(2):209-211.
122. Fecteau A, Flageole H, Nguyen LT, Laberge JM, Shaw KS, Guttman FM. Recurrent intussusception: safe use of hydrostatic enema. *J Pediatr Surg* 1996; 31(6):859-861.
123. Lam AH, Firman K. Ultrasound of intussusception with lead points. *Australas Radiol* 1991; 35(4):343-345.
124. Navarro O, Dugougeat F, Kornecki A, Shuckett B, Alton DJ, Daneman A. The impact of imaging in the management of intussusception owing to pathologic lead points in children. A review of 43 cases. *Pediatr Radiol* 2000; 30(9):594-603.

