

第1回日本小児放射線学会教育セミナー：

特集**小児画像検査の基本手技とのおさえるべき所見****1. 小児の消化管造影検査**

野坂俊介

国立成育医療センター放射線診療部 放射線診断科

Contrast Study of the Gastrointestinal Tract

Shunsuke Nosaka, M.D.

Division of Pediatric Imaging, Department of Radiology, National Center for Child Health and Development

Abstract

This article describes the current status of contrast study of the gastrointestinal tract in children. Practical aspects of the examination, potential warning during the examination, information regarding contrast media and patient immobilization are mentioned.

Keywords : Children, Contrast Study, Gastrointestinal Tract

1. はじめに

消化管の状態を観察する画像診断検査法は、多岐にわたる。それらには、単純X線撮影、消化管造影検査、超音波検査(US)、CT、MRIおよび核医学検査がある。また、消化管出血に対しては、状況に応じて血管造影、ならびにこれに続く経カテーテル的治療が行われる場合もある。

単純X線撮影は特異的な所見に乏しいが、目的に応じた組み合わせがある。たとえば、急性腹症に対する第一選択の画像診断検査として単純X線撮影を行う場合、Hernandezらは胸部立位正面像、腹部立位および臥位正面像を推奨している¹⁾。

消化管造影検査は、過去には単純X線撮影に次ぐ検査で、消化管内腔を検索する唯一の検査であった。その後内視鏡の導入に加え、US、CTならびにMRIが広く行われるようになったことで、消化管造影検査の適応は大きく変わったといえる。山崎²⁾は、特集“小児外科医のための画像診断検査のコツとその解釈”の巻頭言で「消化管造影や血管造影は凋落した」と述べている。しかし、消化管造影は被ばくを伴うということや、被検児を検査室に搬送する必要があるものの、その簡便

性から現在でも適応となる疾患や病態は少なくない。また血管造影に関しても、腹部領域では診断のみの検査はほとんどなくなったものの、経カテーテル的治療を目的とした血管造影は、撮影装置の技術革新ならびにカテーテルをはじめとする器材の進歩で、その頻度は増えつつある。

本稿では、日常の診療で行われる可能性のある消化管造影検査について、検査の実際、検査時の注意点、造影剤ならびに患児の固定に分けて解説する。最後に、代表的な疾患あるいは病態における検査の工夫についても述べる。

2. 検査の実際

ここでは、検査の種類、検査の適応、検査の前処置、検査成功のポイント、ならびに透視装置について記載する。

a. 検査の種類

検査の種類は、大きく上部消化管造影検査と下部消化管造影検査に分けることができる。その他、稀に小腸の評価目的に上部消化管造影に続く追跡撮影(腸流し)ならびに、経鼻的に十二指腸付近までチューブを挿入して撮影する小腸造影がある。

b. 検査の適応

検査の適応は前述のごとく、他のモダリティの小児への適応拡大に伴って、大きく変わった。上部消化管造影検査は、繰り返す肺炎や嘔吐の原因精査目的に行われる。上部消化管造影検査では、嚥下機能、食道形態の評価、胃食道逆流現象、胃の出口(幽門管)の評価、十二指腸の走行(腸回転異常の有無)の評価などが含まれる。下部消化管造影検査は、便秘、腹部膨満あるいは腸重積整復目的に行われる。血便に対する精査目的の下部消化管二重造影検査は、成人同様、内視鏡検査に先行して行われることが多い。その他、炎症性腸疾患をはじめとする小腸病変の検索目的に、腸流しあるいは小腸造影(Fig.1)が行われることがある。

c. 前処置

検査実施に際しての前処置は、上部消化管造影検査の場合、乳児では3~4時間の禁食、1~2歳では6時間の禁食、2歳以上では少なくとも8時間の禁食が望ましい³⁾。下部消化管造影の場合は、便秘精査目的の場合は通常前処置の必要はない。粘膜病変の精査では、絶飲食、下剤ならびに浣腸を行うこともあるが、被検患児の全身状態や年齢を考慮して適宜変更することに問題ない。

d. 検査成功のポイント

上部消化管検査の場合は、造影剤の投与方法が検査成功のポイントとして重要である。上部消化管造影検査における造影剤の投与方法には、経口投与方法とあらかじめ挿入した胃管からの投与方法がある。経口投与方法に関しては、幼児期以降では多くの場合、経口投与可能である。問題は新生児および乳児で、通常は哺乳瓶からの投与になる。哺乳瓶を用いる場合は、患児をできる範囲で空腹にすることが重要である。経口投与が上手くいかない場合や、Gross E型(いわゆるH型)気管食道瘻の評価などのように十分量の造影剤が必要な場合は、胃管を挿入して検査することになる。胃管は注意深くかつ優しく入れるよう心がけるべきである。胃管挿入に先だって、胃管内を造影剤で満たしておくとし、胃管の位置を透視下に確認できる。胃管からの造影開始前に、胃内容が吸引されるか確認すべきである。また造影の際には、透視下に造影剤を投与すべきである。

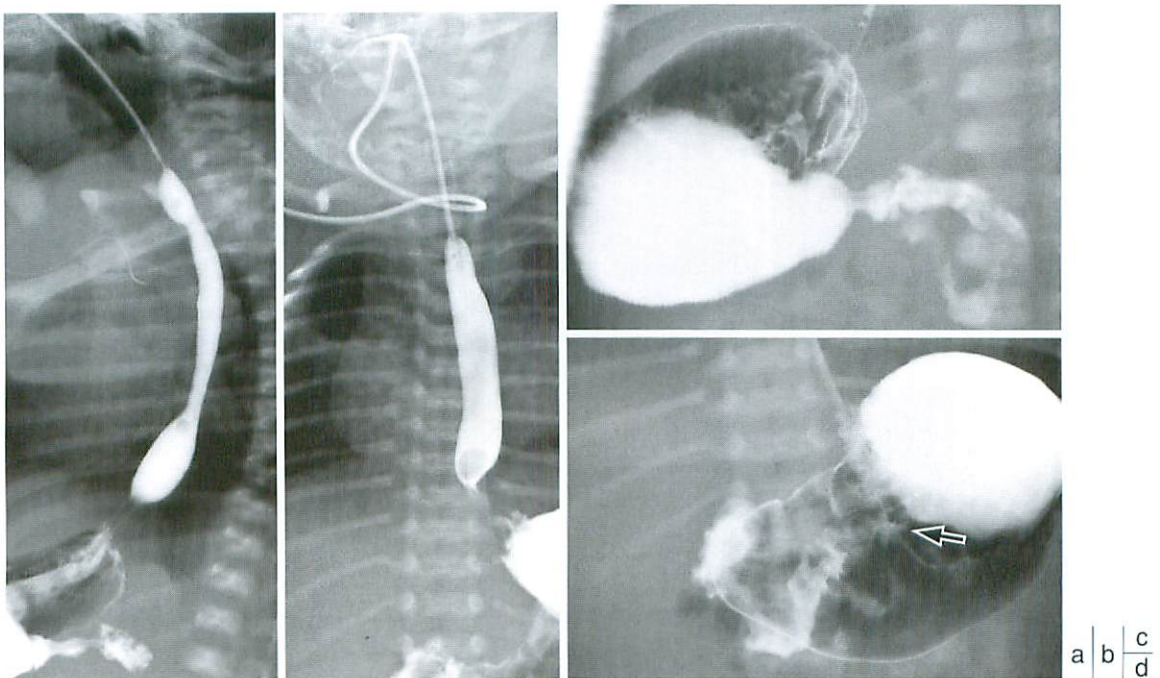
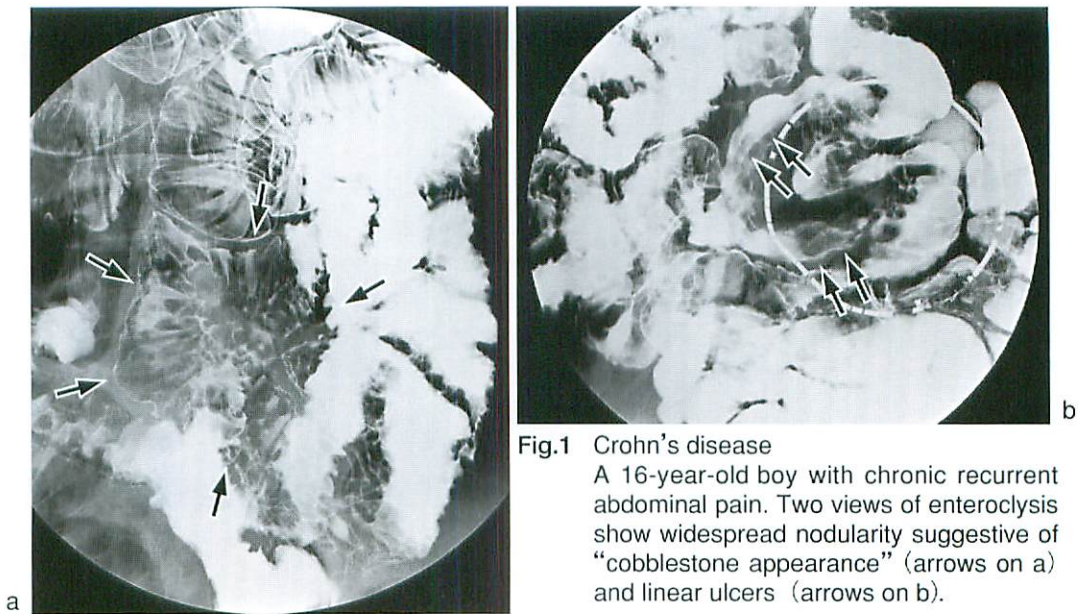
上部消化管の評価の際の、一連の検査の流れ

(Fig.2)は、食道の評価(正、側2方向)、幽門管の評価(食道の側面を右下側臥位で撮影し、そのままやや腹臥位気味として幽門部を観察すると、幽門管から十二指腸球部が評価できる)に続いて、十二指腸の走行を評価(腸回転異常の有無)、さらに胃食道逆流現象の評価を行う。

食道の評価の際には、特に病変の多い中部食道に注目する。その理由は、この部分には動脈輪(Fig.3)や前述のH型気管食道瘻がみられるからである。幽門管の評価は、被検患児を右下側臥位からやや腹臥位で観察すると良い。そうすることにより、造影剤は幽門部に集まる。この体位で観察すれば、胃食道逆流があっても安全である。適量の造影剤が十二指腸に流れたら素早く次のステップに進む。すなわち、幽門管を観察した後に再び仰臥位とし、一度左下側臥位とし(造影剤を十二指腸遠位に流し)、再び仰臥位とする。十二指腸空腸移行部を正確に評価することにより、腸回転異常の有無をチェックすることができる。ここまでの操作は必要最小限の量の造影剤を用いて行うことが重要である。胃内に造影剤が多いと、十二指腸の走行評価が困難になる。また十二指腸の走行評価の際の体位変換は迅速に行うことが重要である。

以上の評価の後には、胃食道逆流の評価を行う。通常は、1回分の哺乳量を参考に、造影剤と空気を投与する。最終的には透視下に胃の形状をみながら、投与量を適宜調整する。評価の方法は、5分間の間歇的透視で観察し、3回以上の胃食道逆流現象があった場合を有意と判断する。定量的評価は、24時間pHモニターを行う必要がある。

下部消化管造影検査成功のポイントは、チューブの使い方と造影剤の注入方法である。チューブは、腸重積整復目的の場合は径の大きいバルーン付きカテーテルを用いるのに対して、ヒルシュスプルング病を疑う場合は径の小さいカテーテルを用い、浅めに挿入しバルーンは使わない。また、造影剤の注入方法に関して、ヒルシュスプルング病疑い例では、造影剤注入開始直後の直腸形態の評価が重要なので、被検患児を側臥位としてゆっくりと注入を開始する。ポリープなど腫瘍性病変を疑った場合は、成人同様二重造影が基本となる。時に便塊と病変との鑑別が困難なこともあるが、



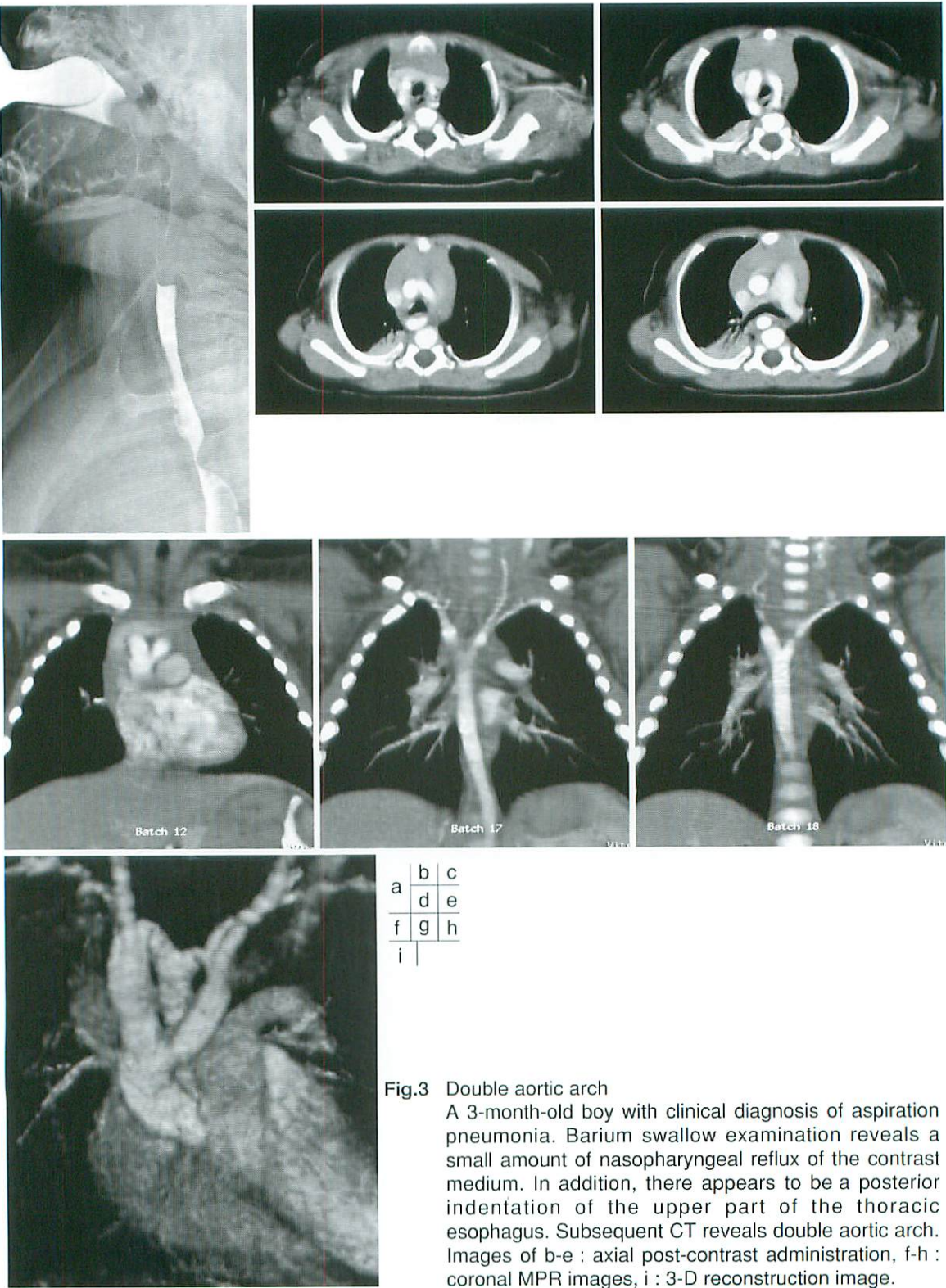


Fig.3 Double aortic arch
A 3-month-old boy with clinical diagnosis of aspiration pneumonia. Barium swallow examination reveals a small amount of nasopharyngeal reflux of the contrast medium. In addition, there appears to be a posterior indentation of the upper part of the thoracic esophagus. Subsequent CT reveals double aortic arch. Images of b-e : axial post-contrast administration, f-h : coronal MPR images, i : 3-D reconstruction image.

多くの場合、治療もかねて行われる大腸内視鏡に先立つ情報提供をすることができる。

消化管病変を疑いながら、造影検査と内視鏡検査を含め、上部消化管にも大腸(下部消化管)にも病変がない場合がある。そのようなときに、小腸病変の有無の観察が必要になる場合がある。小腸の評価は、経口投与した造影剤を追跡しながら評価する場合(いわゆる腸流し)と、経鼻的にチューブを挿入して先端を十二指腸遠位あるいは空腸近位まで進めてから造影剤を投与する小腸造影がある(Fig.1)。小腸造影はチューブを挿入するという苦痛があるものの、疑っている病変によっては、必須の検査の場合もあるので、患児によく説明して検査を行うべきである。最近、初発の小児炎症性腸疾患に対する、小腸造影とMDCTの有用性を比較検討した報告では、短時間で検査可能なMDCTは、造影剤を服用したうえに検査に時間がかかる小腸造影の代わりになりうると結論している⁴⁾。また、この報告では、MDCTを行うことにより、小腸造影では把握できない小腸外の病変ならびに大腸病変の評価が可能であることも強調している⁴⁾。

3. 検査時の注意点

検査時に注意しなければならないのは、被検患児の保温、モニター、ならびに吸引や酸素投与の準備などである。被検患児の保温は、特に新生児の検査にあたって極めて重要で、検査に先立って検査室の温度を上げておく必要がある。患児のモニターは、血液酸素飽和度および脈拍数などで行うが、経鼻胃管をはじめカテーテルを用いた造影の際のカテーテルによる刺激や、経口摂取による造影の際も造影剤誤嚥の可能性があるので重要となる。

4. 造影剤³⁾

造影剤の種類は大きく陰性造影剤と陽性造影剤がある。陰性造影剤は空気、陽性造影剤には硫酸バリウム懸濁液、非イオン性水溶性ヨード造影剤、およびイオン性高浸透圧性ヨード造影剤が含まれる。

新生児に認める上部消化管の先天性閉塞性病変では、出生前診断されていない場合、出生後の腹部単純X線撮影で空気を含んで拡張した消化管ガ

ス像から、閉塞部位を推定可能であるが、このような時、空気が陰性造影剤としての役割を果たしている。

硫酸バリウム懸濁液は、充盈像の場合は30w/v%前後を用いるが、小児はこの濃度が主体となる。二重造影の場合は、60~120w/v%前後を用いる。

非イオン性水溶性ヨード造影剤については、消化管に対する使用は保険適応外であるが、その安全性から使用することは少なくない。使用が許容されるのは、造影剤が消化管外に流出する可能性がある場合、消化管に閉塞または狭窄が疑われる場合、あるいは未熟児に対する造影検査の場合などである。造影剤の至適濃度は、160~200mgIである。

イオン性高浸透圧性ヨード造影剤は、その高浸透圧という特性ならびに粘膜毒性から、小児領域の消化管造影検査における使用は、診断目的の場合禁忌である。その理由としては、脱水を惹起する、誤嚥した場合に化学性肺炎や肺水腫を来す、さらには等張希釈でもヒスタミン遊離などの作用があることなどがあげられる。イオン性高浸透圧性ヨード造影剤の使用が適応となるのは、胎便栓症候群に対する治療を目的とした使用で、通常は原液を2~5倍に希釈して使用する。

5. 患児の固定

検査時に患児を適切に固定することにより、検査時間の短縮、検査時に必要な人員の数を少なくする、被検患児を含め検査に関わる全員の放射線被ばくを低減することが可能となる⁵⁾。弾性包帯と整形外科用サポーターをうまく組み合わせることにより有効に固定でき、検査に関わる人員を必要最小限にすることができる⁵⁾。

6. 透視装置

検査は、重症でなく成人に近い年長児以外は、検査室内での直接操作が原則で、被ばく低減にはアンダーチューブ型が原則である。また、可能な限りグリッドをはずすべきである。装置のデジタル化で被ばく低減が可能である。基本的なことであるが、装置の操作になれ、透視時間は可能な限り短くすることが必須である。また、透視の範囲は必要最小限にすることが重要であるが、条件が

自動調整される場合は、透視範囲を絞ると、条件が上がることもあるので注意が必要である。

X線透視検出器、特に高性能機種は最近の半導体技術の進歩に伴って、X線を平面上に敷き詰めた半導体によって処理する平面半導体検出器 (flat-panel detector) にすべてとって変わりつつある⁶⁾。平面半導体検出器 (flat-panel detector) により、小児領域では被ばく線量の低減 (透視画像の拡大を行う場合、従来のイメージインテンシファイヤーでは被ばく線量の増加を伴うが、平面半導体検出器ではデジタル処理で視野サイズを変更できるので被ばく線量の増加を伴わない)、画質の向上 (画素面積の小ささとダイナミックレンジの広さが大きく貢献)、デジタル信号化により画像処理の過程におけるノイズが重なる心配がない、さらにはX線検出器としての大きさが小さく、透視装置周辺に自由な空間が確保できる (このことは検査室内での手技が多い小児では大きな利点となる) など、多くの恩恵を期待できる⁶⁾。

7. 代表的な疾患あるいは病態における検査の工夫

a. 上部消化管

上部消化管における所見解釈のポイントは、日常依頼される可能性が高い項目について、確実に評価することである。それらは、誤嚥の精査、H型 (Gross E型) 気管食道瘻、胃食道逆流、肥厚性幽門狭窄症、中腸捻転を合併した腸回転異常などである。

誤嚥は、咽頭、食道、胃それぞれの部位の異常で起こりうる。咽頭部分では造影剤の下咽頭から気管内への流入の有無、鼻咽頭への逆流の有無を評価する。食道では、H型 (Gross E型) 気管食道瘻の有無や、外因性の食道圧排の有無を評価する。胃では、胃食道逆流の有無を評価することも重要である。

食道閉鎖を伴わないH型 (Gross E型) 気管食道瘻は極めて稀で、全体の5%である。気管食道瘻の存在部位は、高い位置である場合が多い。通常の食道造影で明確でない場合は、食道造影の方法にも工夫が必要で、経鼻的に挿入したチューブの先端を上部食道に置いて、やや右下側臥位で慎重に造影剤を注入すると良い。

胃食道逆流の検索方法には大きく3つあり、それらは、1.24時間pHモニタリング、2.核医学検査、および3.消化管造影である⁷⁾。鋭敏度および定量性は、1, 2, 3の順で、被ばくは、 $2 < 3$ で、形態異常の評価の優劣は3, 2, 1の順となる⁷⁾。また、胃食道逆流の評価に関して、核医学検査は保険適応となっていない点に注意する必要がある。胃食道逆流において、検査を依頼する側である臨床家が最も知りたいのは外科的治療の対象となる胃の出口、十二指腸での狭窄や閉塞機転の有無、あるいは食道裂孔ヘルニアの有無とその程度の評価である⁷⁾。定量性および鋭敏度のいずれも劣るはずの消化管造影検査が多く施設で広く行われているのはこのような理由によるといえる⁷⁾。

肥厚性幽門狭窄症 (Fig.4) は、非胆汁性嘔吐を主訴とする新生児期の代表的疾患である。典型例では、嘔吐は頻回で噴水状である。本疾患は、男児は女児の4~5倍の頻度で、通常は生後2~8週に症状が出現する。本疾患を疑った場合は、USが単純X線撮影に次ぐか、あるいは第一選択の画像診断検査である。USによる診断基準は、一般的に筋層が3~4 mm以上、幽門管長軸径が14 mm以上であるが、未熟児では計測値が基準以下となることがあるので要注意である。またUSの際に重要なのは、計測値にとらわれるのではなく、リアルタイムの評価で、幽門管が開かないということが重要である。肥厚性幽門狭窄症を疑った場合に上部消化管造影が適応となるのは、USが診断的でない場合や、USでの形態評価や計測値が正常であるにもかかわらず症状が持続する場合などである。肥厚性幽門狭窄症を疑った場合の上部消化管造影検査は、経鼻胃管を挿入し、必要最小限の造影剤と空気をういて行う。通常は、患児を右下からやや腹臥位気味として透視下に観察すると評価しやすい (Fig.4)。造影剤が十二指腸に流れれば、仰臥位からやや右前斜位にすると良い。造影剤を多く使うと、胃食道逆流を認めることがあり、要注意である。

腸回転異常は、胎生期での腸の回転の過程で起こる腸の回転や固定の異常を総称したものである (正常では、腸管は上腸間膜動脈を軸にして反時計方向に270°回転する)。腸回転異常の発生の仕方では諸型があるが、最も多いのは、180°しか回転

しない不完全回転型で、Ladd靱帯による十二指腸の圧排や中腸軸捻転を起こす。この中腸軸捻転 (Fig.5) は、腸回転異常でも腸間膜附着部が狭い場合に上腸間膜動脈を中心に生じる。捻転は時計方向が多く、患児は生後1ヵ月以内に胆汁性嘔吐で発症することが多い。最近では、単純X線撮影に続いてUSが行われることも多くなり、その所

見はwhirlpool signといわれる。この病態は、緊急手術の適応であるので、US検査に習熟していない場合や、USが診断的でない場合は、短時間で実施可能な上部消化管造影が推奨される画像診断検査である。上部消化管造影では、捻転にともなう狭窄像を認める (cork screw sign)。

b. 下部消化管

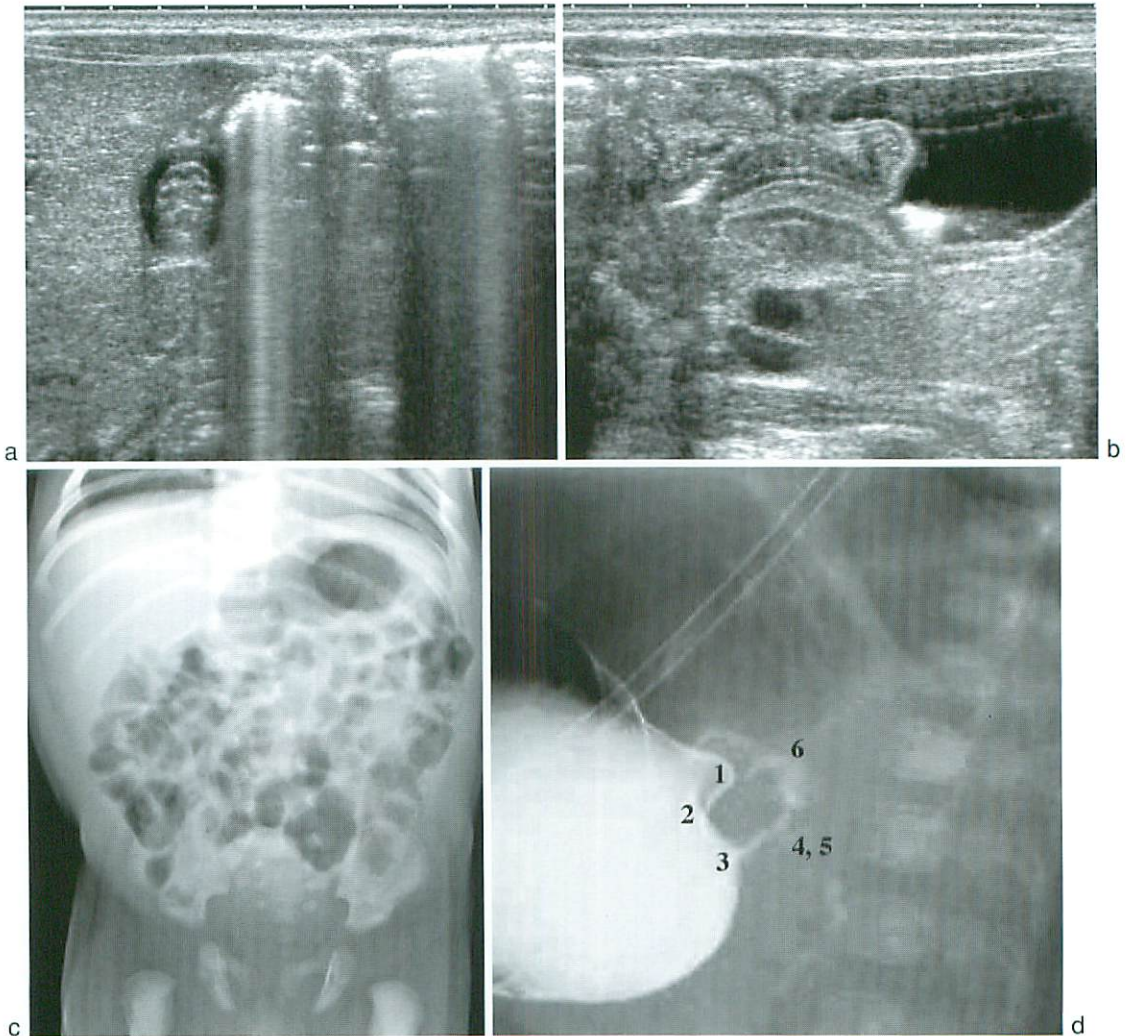


Fig.4 Hypertrophic pyloric stenosis

A 16-day-old neonate with non-bilious vomiting. Transverse (a) and longitudinal (b) images of the upper abdomen show thickened pyloric muscle. A supine abdominal radiograph (c) reveals gastric indentation suggestive of hyperperistalsis. Distal bowel gas, however, appears to be unremarkable. An upper gastrointestinal series (d) with nasogastric tube in place done for another patient with inconclusive sonographic result reveals typical appearance of hypertrophic pyloric stenosis (1 : teat sign, 2 : shoulder sign (pyloric mass), 3 : beak sign, 4 : string sign, 5 : double tract sign, 6 : mushroom sign).

下部消化管造影における所見解釈で重要な病態は、小腸閉鎖、Hirschsprung病、胎便栓症候群、腸回転異常症、ならびに腸重積症である。

小腸閉鎖は、大部分が完全閉塞で、狭窄の閉める頻度は少ない。腸管への血流障害が原因と考えられている。閉塞部位の分布は空腸と回腸で半々である。腹部単純X線撮影では、消化管の機械的

閉塞像として認められ、拡張消化管ループの数は閉塞部位に依存する。注腸造影 (Fig.6) は、出生直後に行われるが、その目的は閉塞部位の大きな推定と、腸回転異常など、大腸病変の評価である。

Hirschsprung病 (Fig.7) は、頭尾方向に広がる消化管壁内神経節細胞の分布障害で、3/4は病変が直腸遠位に限局するタイプである (short segment

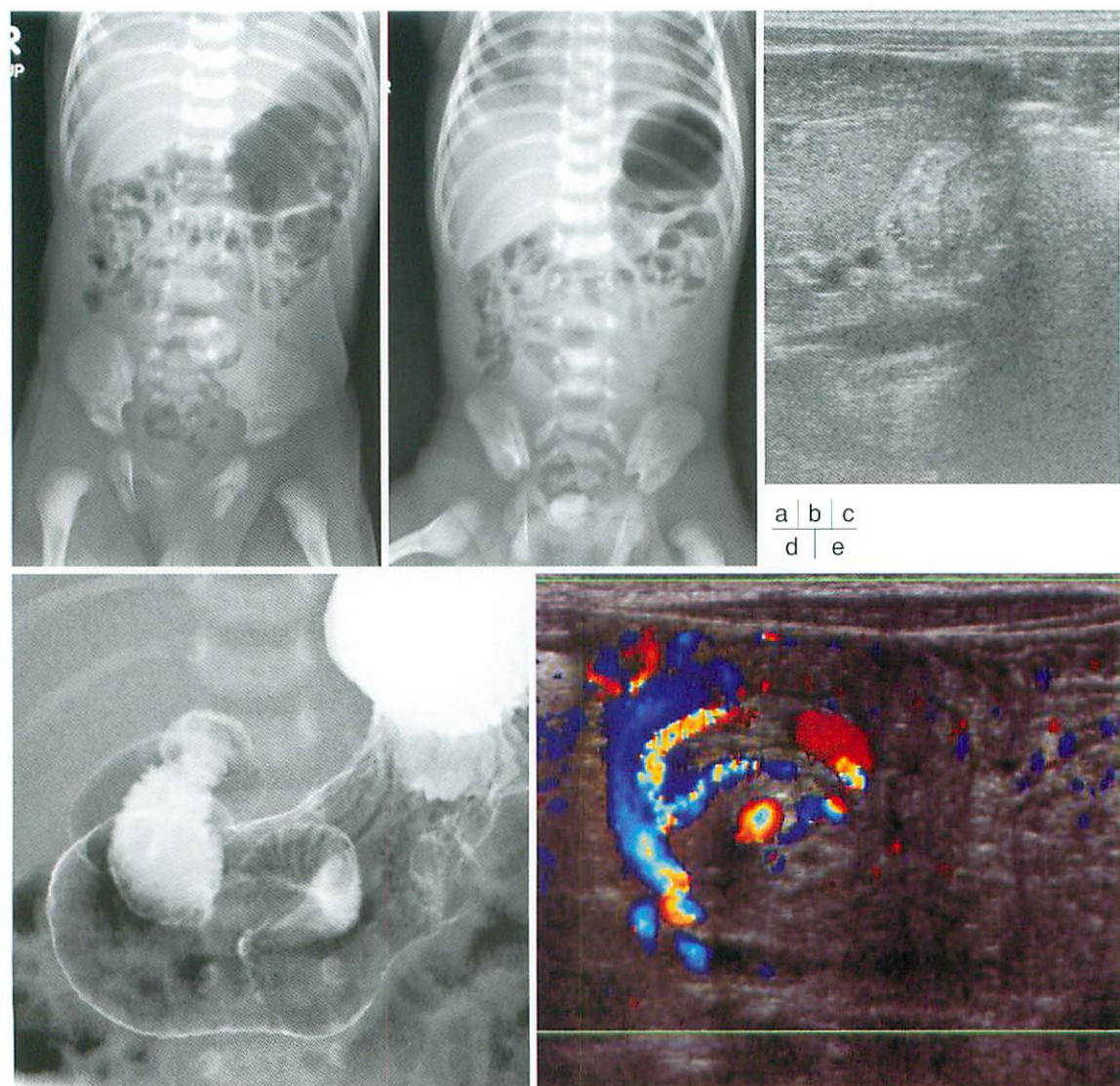


Fig.5 Malrotation with midgut volvulus

A 12-day-old boy with bilious vomiting. Initial abdominal radiographs (a, b) show nonspecific bowel gas pattern except for mild gastric distension due to air. Subsequent urgent ultrasound with longitudinal section (c) shows mild distension of the duodenal bulb. Frontal view of the upper gastrointestinal series (d) shows corkscrew sign. Repeated ultrasound (e) requested prior to surgery clearly shows clockwise whirlpool sign.

type). 満期産に多く、全結腸型以外では男女比 3～4:1である。症状は、腹部膨満、胆汁性嘔吐、排便障害である。1/3は腸炎症状を呈する(敗血症症状で発見される場合もあるので要注意)。注腸造影検査で最も重要な所見は、caliber changeである。バリウムを用いる場合は、caliber changeが明らかになったら、それ以上の造影剤の注入は行わない。しかし caliber changeは新生時期にお

いては描出が難しく、全結腸型や病変が小腸にまでおよぶ重症型では描出されないことがある。また、ultrashort segment型は注腸造影での診断は不可能である。

胎便栓症候群は、下部結腸機能の未熟性により胎便が排泄されず通過障害を呈する。通常は正期産児で、生後2～3日に腹部膨満、胎便排出障害、嘔吐で発症する。注腸造影では、結腸は正常形態

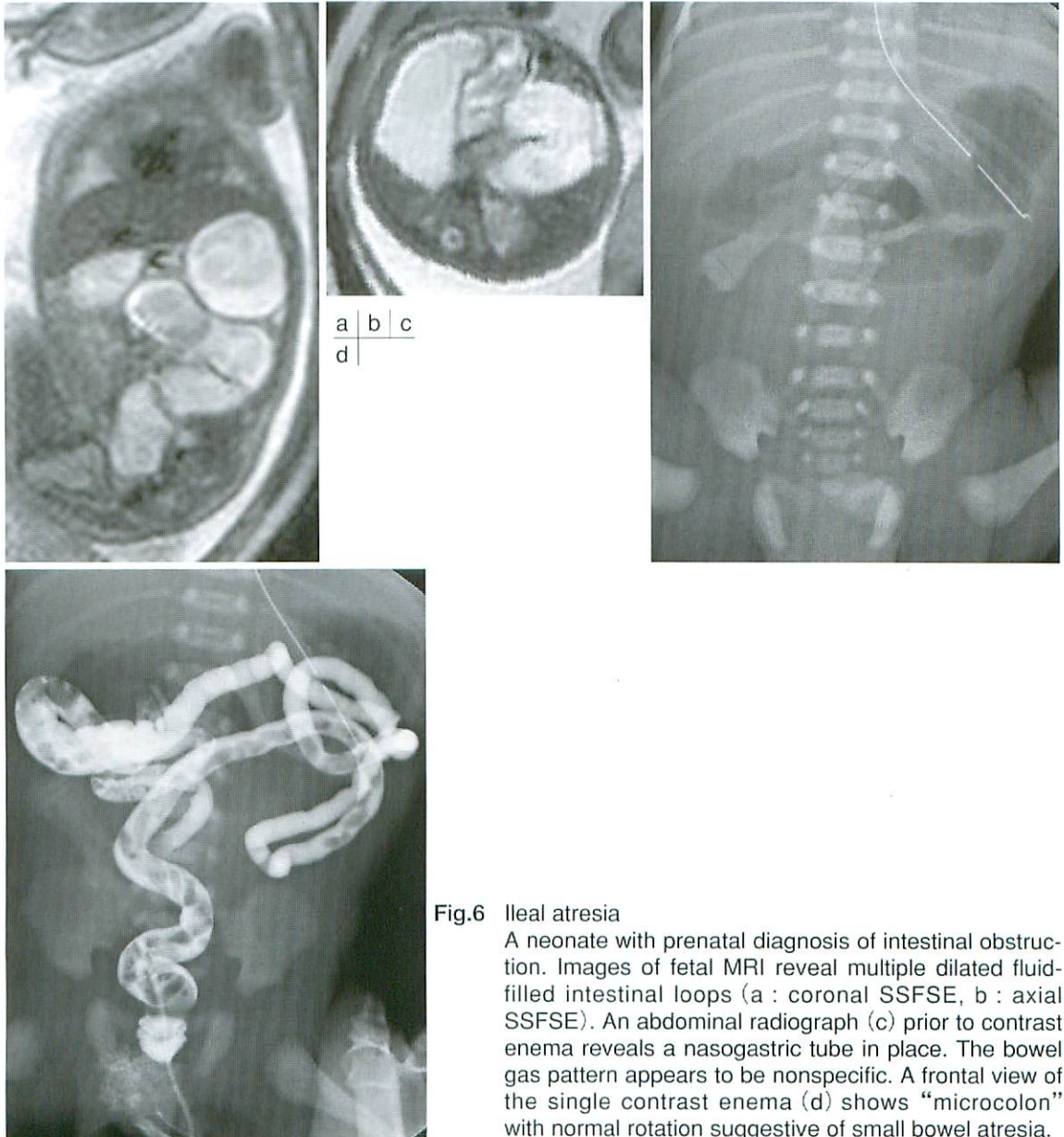


Fig.6 Ileal atresia

A neonate with prenatal diagnosis of intestinal obstruction. Images of fetal MRI reveal multiple dilated fluid-filled intestinal loops (a: coronal SSFSE, b: axial SSFSE). An abdominal radiograph (c) prior to contrast enema reveals a nasogastric tube in place. The bowel gas pattern appears to be nonspecific. A frontal view of the single contrast enema (d) shows “microcolon” with normal rotation suggestive of small bowel atresia.

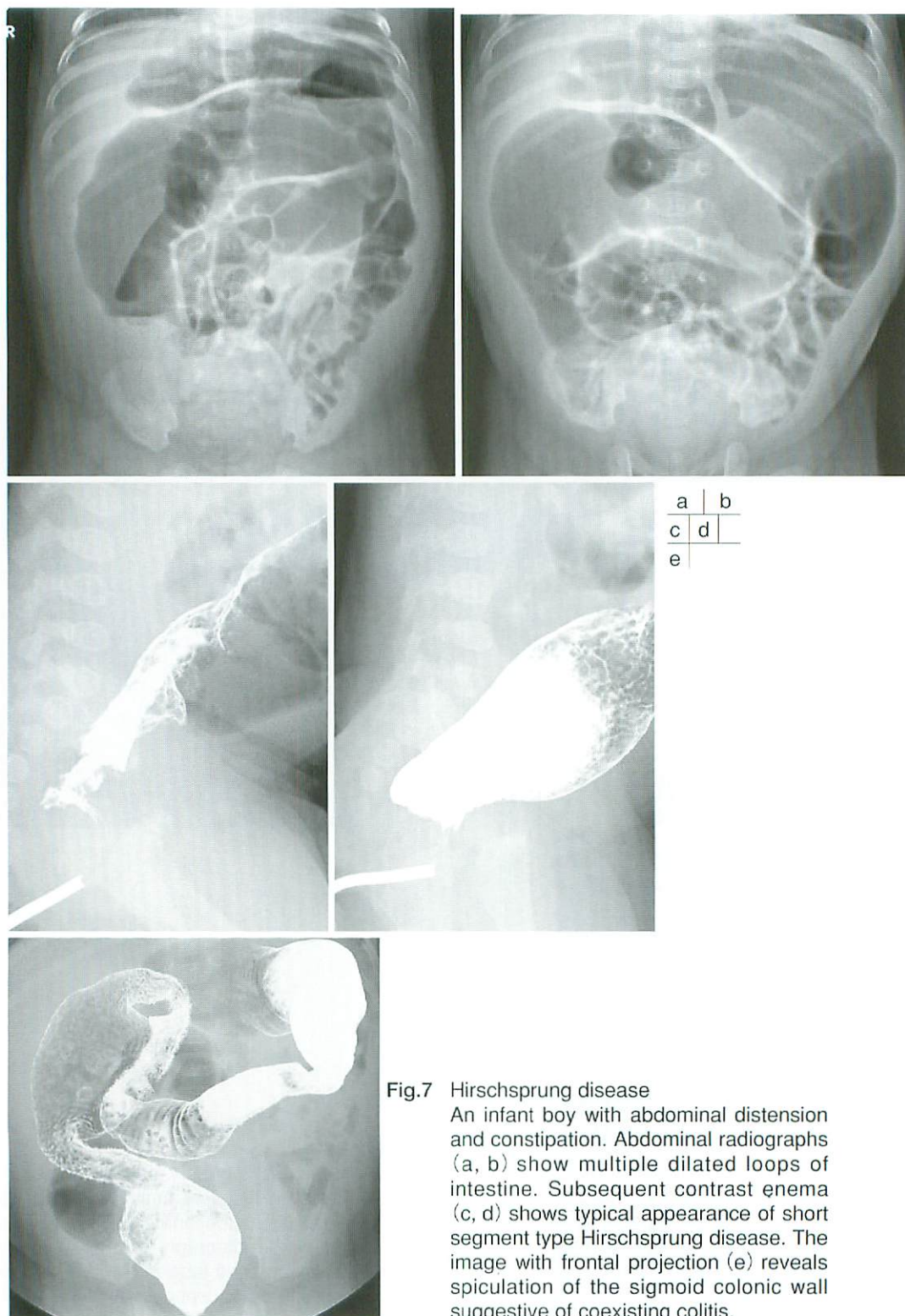


Fig.7 Hirschsprung disease

An infant boy with abdominal distension and constipation. Abdominal radiographs (a, b) show multiple dilated loops of intestine. Subsequent contrast enema (c, d) shows typical appearance of short segment type Hirschsprung disease. The image with frontal projection (e) reveals spiculation of the sigmoid colonic wall suggestive of coexisting colitis.

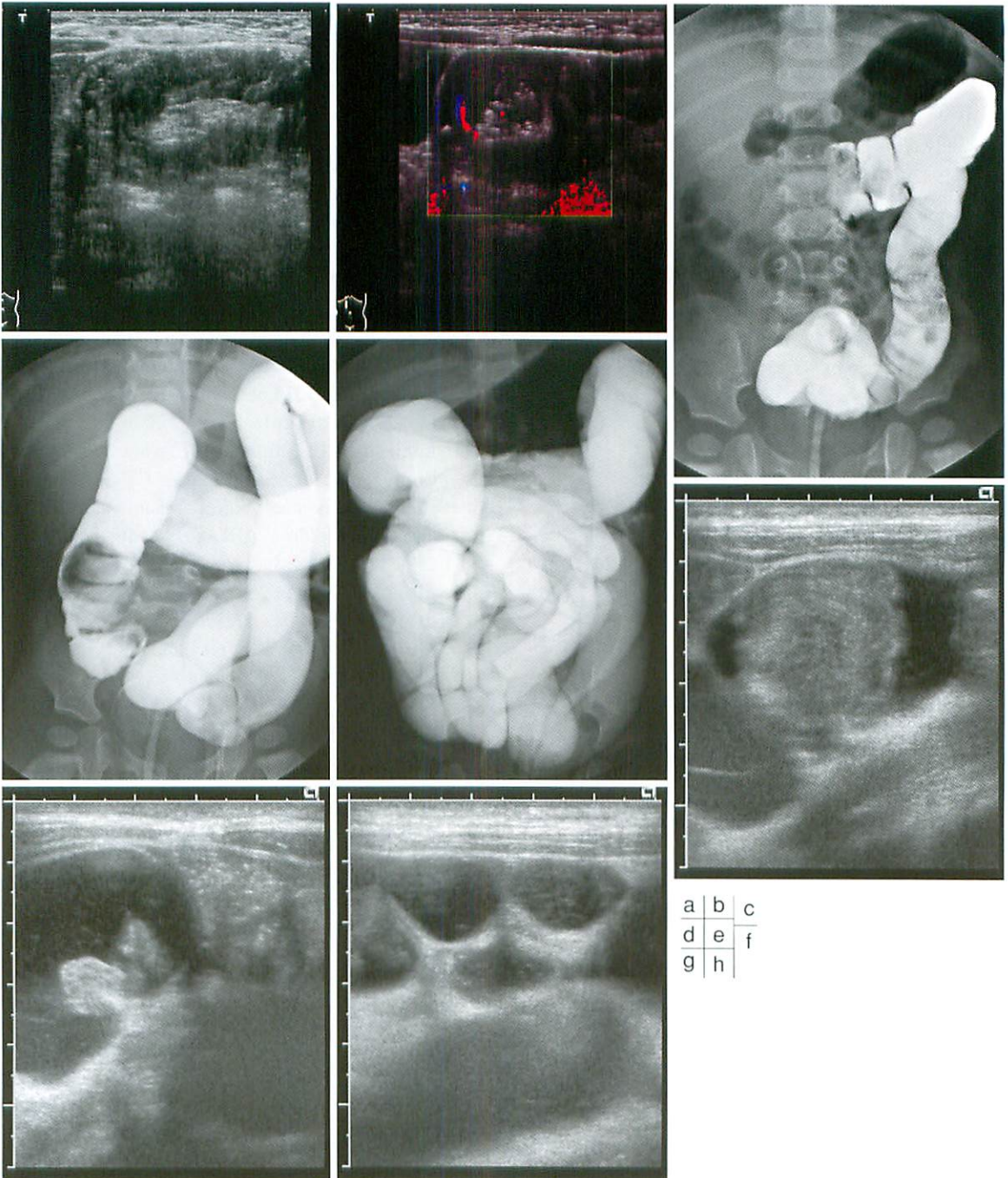


Fig.8 Intussusception

A 11-month-old girl with recurrent abdominal pain and bloody stool. Urgent abdominal ultrasound shows the "pseudokidney sign" on transverse section (a) and the "doughnut sign" on longitudinal section (b). The image (b) also shows vascularity in the central portion of the intussusception. Subsequently, enema reduction of the intussusception was attempted with combined use of fluoroscopy (c-e) and ultrasound (f-h). Contrast enema (c) shows typical filling defect at the level of the transverse colon. Finally, complete reduction was confirmed on the image (e). Image of the ileocecal region shows a thickened ileocecal valve. Post-reduction images show multiple fluid filled loops of distended intestine.

なるも、内腔に長い充盈欠損像を認める。造影により胎便の排泄を認め、症状が改善することもある。症状が改善しない場合は、Hirschsprung病が基礎にある可能性を考慮した経過観察が必要である。

腸回転異常症については、上部消化管の項でも述べた。新生児・乳児の盲腸はきわめて可動性に富み、また高位にあることから、注腸造影で診断するのは困難な場合が多い。

腸重積症 (Fig.8) とは、腸管が腸管の中に入り込むという疾患で、小児腹部領域では代表的な疾患である。本疾患は、生後5～9ヵ月に好発し、全体の75%が2歳以下である。USは本疾患の診断ならびに除外に極めて有用である。本疾患の多くは回結腸型である。好発年齢以外では、先進部病変としてメッケル憩室、消化管重複嚢胞、ポリープ、アレルギー性紫斑病に伴う消化管壁内血腫、リンパ腫などを考慮すべきである。好発年齢の場合で、整復の禁忌事項 (穿孔、腹膜炎、ショック) がない場合は、高圧注腸による整復が試みられる。

8. まとめ

以上、日常の小児科あるいは小児外科診療で行われる消化管造影検査について、検査の実際、検査時の注意点、造影剤ならびに患児の固定につい

て解説し、最後に代表的な疾患あるいは病態における検査の工夫についても解説した。

●文献

- 1) Hernandez JA, Swischuk LE, Angel CA, et al : Imaging of acute appendicitis : US as the primary imaging modality. *Pediatr Radiol* 2005 ; 35 : 392-395.
- 2) 山崎洋次 : 巻頭言 各種画像診断法の勃興と衰退. *小児外科* 2002 ; 34 : 233-235.
- 3) Stringer DA, Nadel H : Techniques for investigation of the pediatric gastrointestinal tract. *Pediatric gastrointestinal imaging and intervention* (2ed), Ed by Stringer DA and Babyn PS. Hamilton, B.C. Decker Inc. 2000, p15-74.
- 4) Jamieson DH, Shipman PJ, Israel DM, et al : Comparison of multidetector CT and barium studies of the small bowel : Inflammatory bowel disease in children. *AJR Am J Roentgenol* 2003 ; 180 : 1211-1216.
- 5) 相原敏則 : FAQ in “上部消化管の画像診断手技”. *小児外科* 2002 ; 34 : 271-281.
- 6) 甲田英一, 寺田一志, 五味達哉, 他 : X線透視検査. *小児科診療* 2005 suppl ; 65 : 14-18.
- 7) 相原敏則 : 消化管. 新生児・乳児の臨床画像診断, 仁志田博司, 河野 敦編. 東京, 医学書院, 1999, p188-231.