

3. 小児の超音波検査

小熊栄二

埼玉県立小児医療センター 放射線科

Ultrasonographic Diagnosis of Acute Appendicitis :
Do not Make it a Lost Art

Eiji Oguma

Department of Radiology, Saitama Children's Medical Center

Abstract

This article provides a review of imaging features in important pediatric gastrointestinal disorders. Particular emphasis is given to acute appendicitis, because this is the most common surgical emergency in children and the diagnosis of acute appendicitis has given rise to much animated discussion. The use of CT in suspected appendicitis is increasing, but its risk of radiation exposure should not be ignored. Ultrasonography gives us a safe and inexpensive alternative means of diagnosis. Although operator dependency is a significant limitation of ultrasonography, precise understanding of sonographic features in acute appendicitis surely improves the diagnostic accuracy. This is not the time to throw away the ultrasonographic diagnosis of acute appendicitis.

Keywords : Ultrasonography, Acute appendicitis

1. はじめに

超音波検査は、腹部、循環器から、頭頸部、四肢関節にいたる広い適用範囲があり、空間分解能と時間分解能に優れた画像を低侵襲で安価に提供できる優れた診断方法である。とくに小児の腹部疾患では、鎮静を要さず直ちに施行でき、病態の変化に応じて何度でも繰り返して行えることから有用性が大きい。

超音波検査の欠点は、診断の精度が検査者の技量に大きく依存していることである。同じように腹部を観察していても、検査者が異なれば、音響窓の選択の仕方や腸管ガスの排除の仕方によって観察している範囲さえも大きく異なってしまう可能性がある。また眼前に異常所見が現れていてもそれを理解していないと診断もできず、記録にも

残せず検査後の再検討もできないことがしばしば経験される。客観性が乏しいという超音波検査の欠点を克服するためには、まず超音波検査が診断に重要な役割を果たし、頻度が高く、診断の必要性も高い疾患の画像所見について知悉する必要がある。

ここではそのような疾患として急性腹症を呈する代表的疾患である急性虫垂炎を取り上げた。急性虫垂炎は小児の急性腹症としては最も頻度が高く、毎年多大な医療資源が診断と治療のために費やされている重要な疾患であり、その診断精度を上げることは医療への重要な貢献となるはずであるというのが一つの理由である。また今日、急性虫垂炎の標準的な画像診断としてCTを推す意見が強まりつつあり、CTの診断過程での利用法を巡る議論が幅広く行われており、その中での超音

波検査の位置づけを再確認したいと考えたのがもう一つの理由である。

2. 急性虫垂炎の病態生理と臨床像

急性虫垂炎は、虫垂内腔の閉塞により内圧が上昇し、循環不全が生じて粘膜が壊死、破綻して感染が成立することにより生じる。内腔の閉塞は濃縮した便塊によることが多く、便塊が石灰化すれば虫垂石となる。腫瘍、異物、回虫など稀な原因による閉塞がまれに認められる。

虫垂壁の壊死が生じれば穿孔を来す。穿孔は虫垂の先端に起こりやすい。穿孔を来すと大網の発達が未熟な年少児の場合には腹腔内の広い範囲に波及して汎発性腹膜炎となる場合があり、膿瘍形成や消化管閉塞などの合併症の頻度が上昇するため、穿孔前の早期診断の重要性が強調される。

腹痛、嘔吐、発熱が古典的三徴である。腹痛は先行し、感染性腸炎の場合に嘔吐が先行しそれから痛痛が現れる事と対照的である。虫垂内腔の閉塞の時点では腹痛は臍周囲に現れ、局在は不明瞭である。虫垂壁の感染・壊死が進み漿膜面や周囲の大網に達すると、痛みが虫垂周囲すなわち通常は右下腹部に移動する。虫垂が盲腸の背側に位置するretrocecal appendixの場合は背部痛や腸腰筋への刺激から股関節炎と紛らわしい像を呈する場合がある。腹痛の発症前に、嘔吐、下痢、便秘、排尿障害、上気道障害や、意識障害などの症状が発現したものは、最初に急性虫垂炎が想定されず診断が遅れる場合が多い。

初期の臨床像や検査値は全く非特異的であり、臨床診断では診断に至れない。さらに腹痛、聴音、腹膜刺激症状、直腸刺激症状など、全ての臨床所見の信頼性が小児では劣っており、誤診率は年齢に逆比例して低年齢児ほど高い。

3. 急性虫垂炎の画像診断を巡る議論

a. 画像診断の目的

急性虫垂炎の1/3、特に小児患者では典型的臨床症状を呈さず、臨床的診断が困難であり、これを診断するのが画像診断の役割である。また臨床診断に基づいて虫垂切除を行った場合は30%もの割合で偽陽性例(いわゆるnegative appendectomy)が生じかねず、患者や医療資源に多大な犠牲を強

いることになる。さらに急性虫垂炎が疑われて病院を受診する患者で、本当に急性虫垂炎である場合は比較的少ない。数多くやってくる腹痛を呈する患者の中から、数の少ない真の急性虫垂炎を発見し、negative appendectomy や穿孔例の比率を低下させ、さらに類似の症状を呈する疾患の診断の契機を与えることが画像診断に要請される。

b. CTを急性虫垂炎の標準的な診断へと推す声が強まっている

現在、米国内では多くの施設でCTが急性虫垂炎の第一選択の画像診断法となっており、超音波診断が用いられる機会は減少している¹⁾。米国は日本と比較して病歴と理学的所見に基づいた急性虫垂炎の臨床診断を重視し、20~30%ものnegative appendectomyを甘受してきたが、現時点では画像診断を重視する施設が多数を占め、しかもCTを選択するものが約60%と超音波検査が選択される場合の約30%に比べて多く多数派を形成している²⁾。

CTが頻用されるようになったのは、その優れた診断力にある。CTは検査者の技量に依存する要素が少なく、感度、特異性とも一般的に超音波検査より優れ、肥満した患者でも容易に実施できる。感度は87%から100%、特異性は89%から98%と高く、膿瘍や腹膜炎などの合併症の評価にも優れている¹⁾。

またCT使用によりnegative appendectomy と穿孔例の低減が実現できるとする報告もある^{1, 3)}。

画像診断の実施コスト(診療報酬)が米国に比べて著しく低く、基本的に出来高払い制が残存し、また高性能のCTが広く行き渡っている日本では、米国以上にCTの広範な使用が促進する要因が存在しており、今後小児患者でも腹痛の原因検索にCTが頻回に利用されていく傾向が強まっていくものと思われる。

c. CTを急性虫垂炎診断の主体とする事への懸念

上記のように急性虫垂炎の診断でCT使用を奨める報告を数多く認めるが、CTと超音波検査の比較を単に診断精度からのみ行っているものが大多数で、放射線被ばくによるリスクや、検査のコスト、夜間の実施体制などは考慮に入られていない。ただし計数的比較には踏み込んでいないが、

CTによる放射線被ばくは生涯のがん罹患率の上昇をもたらすため、CTの利用は不必要な手術の省略や入院期間の短縮など、もたらされる恩恵が大きい対象に絞るべきだとの主張が当然行われている⁴⁾。また盲目的なCTの使用は、診断能の向上や穿孔例の低減に役立っているわけではない^{4, 5)}、との指摘は何度も行われている。

CTの利用は是としながらも、伝統的な思考通り臨床診断によって明確な急性虫垂炎は画像診断の対象から除外し、診断が不確かな対象に対してCTを中心に画像診断を進めていく、という仕組みのガイドラインが提唱されており⁵⁾、合理的な主張に聞こえる。

Kaiserらによる単一施設、9ヵ月間、600例について無作為振り分けで、急性虫垂炎の超音波検査単独とCT併用群の診断能を比較した著者の知る限り唯一のrandomized controlled study⁶⁾では、感度、negative predictive value、正診率では、CTが超音波検査に比較して有意に優れていたが、特異性やpositive predictive valueではCT、超音波検査ともに90%を上回り、両者に有意差は認められなかった。また超音波検査にCTを併用した場合もpositive predictive valueは超音波検査単独と比較して向上しなかった。すなわち超音波検査単独の検査では感度でCTに劣るが、超音波検査単独で急性虫垂炎との診断に至った場合には、さらにCTを併用してもその患者集団の中からは新たな急性虫垂炎患者を拾い出せない、ということである。臨床診断や超音波検査による診断により不十分な場合に限りCTを使用する、という主張^{4, 5)}を支持する結果が含まれているといえる。

d. 検査者の技量に強く依存する超音波検査の診断能

超音波検査の弱点は、超音波検査が検査者の技量に強く依存する検査であることである。急性虫垂炎に対する超音波検査の感度は、小児・成人を含めた全患者を対象とし、1986年から1994年までの報告のメタアナリシスでは、感度85%、特異性92%となっているが⁷⁾、個々の報告では44%から100%、特異性は47%から95%と幅が非常に大きい。超音波検査では眼前に異常所見が現れていてもそれを理解していないと診断もできず、記録に

も残せず、検査後の再検討もできないことがしばしば経験される。

このように検査者の習熟に依存しているため、急性虫垂炎がCTを主体に診断されるようになると、急性虫垂炎の超音波診断は急速に診断能の低下を来し、ついには急性虫垂炎の超音波診断がlost artsになってしまう可能性すら考えられる。

e. CTと戦える超音波検査の成績は

診断能においてCTに劣るという報告の多い超音波検査であるが、放射線被ばくがなく、鎮静なしに即時実行できて、低コストであるという優位性は保持されている。急性虫垂炎の診断において超音波検査とCTの経済合理性を中心に比較した報告⁸⁾では、CTは高価な検査だが、超音波検査よりも一般的には経済合理性があり、negative appendectomyや穿孔の予防に優れる、としているが超音波検査の感度が90%程度に高まれば両者は拮抗するとしている。

感度90%という数字は世界の平均的なレベル(感度80%程度)を上回る数字ではあるが、日本⁹⁾や韓国¹⁰⁾では、超音波検査単独でもほぼ100%近くが診断できるとの驚異的な成績も発表されている。東アジアで良好な成績が報告されるのは、超音波検査に有利なスリムな体型などの要因が寄与していると思われるが、いずれにせよ超音波検査の可能性が示唆されていると考えられる。超音波検査による急性虫垂炎診断の技能を絶やさないために、以下にその手法について述べておきたい。

4. 急性虫垂炎の超音波診断の具体的手法

超音波診断はgraded-compression methodにより行う。すなわち圧迫を加えながら圧痛部位、右下腹部を検索していく。正常の腸管は蠕動に伴って移動したり、圧排される。正常虫垂は細い盲管構造として描出され(Fig.1)。圧迫を加えると圧平・変形される(Fig.2)。一方、急性虫垂炎に陥った虫垂は、内腔が閉塞して拡大しており、腫大した盲管構造として認められており(Fig.3a)。圧迫を加えても圧平・変形されない(Fig.3b, c)。圧痛部位に一致した、圧迫により変形しない、最大外径が6 mm以上の管腔構造を証明したら、それを急性虫垂炎と判断する。カラードプラーでは壁の

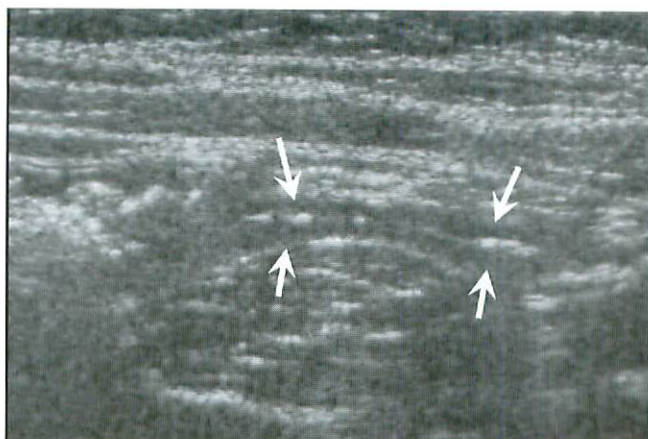


Fig.1 Normal appendix. Longitudinal scan of right lower quadrant demonstrates a normal sized tubular appendix. The thin echogenic inner layer represents mucosa and submucosa.

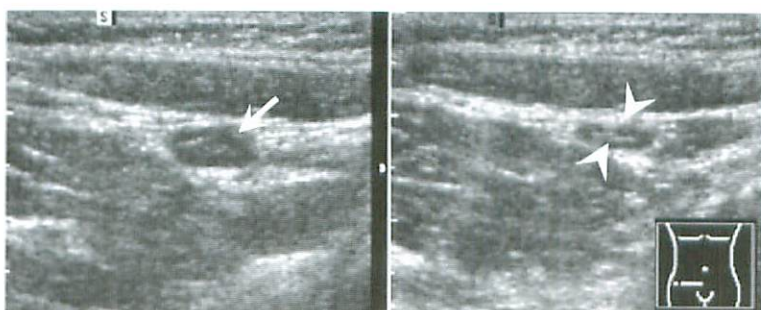


Fig.2

Normal compressible appendix

a : Transverse scan of right lower quadrant without compression demonstrates target appearance of the normal appendix (arrow).

b : Compressed with transducer, the normal appendix is easily compressed and flattened (arrowheads).

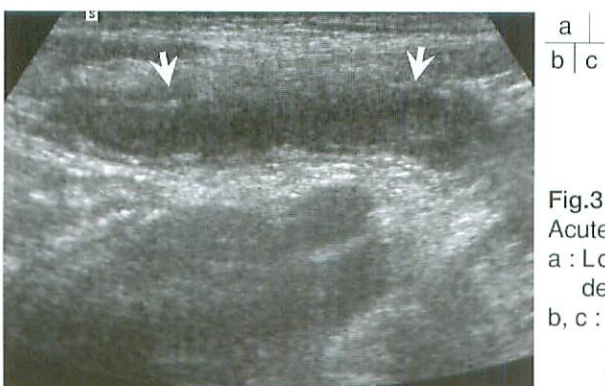
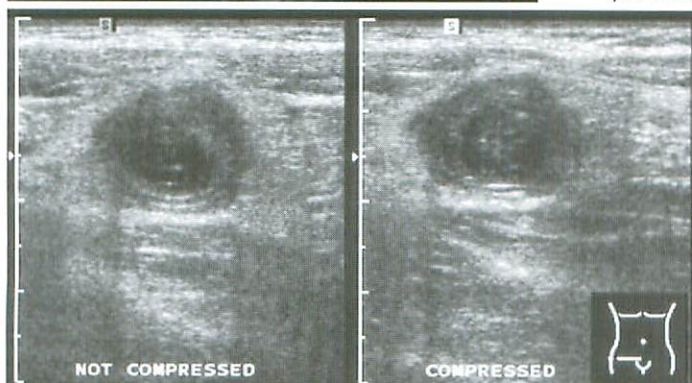


Fig.3

Acute appendicitis

a : Longitudinal scan of right lower quadrant demonstrates an enlarged appendix (arrows).

b, c : Transverse scans of enlarged appendix without (b) and with pressure (c) demonstrate no compressibility.



血流増大が認められる。

正常の虫垂の描出率はかつては5～50%と報告による差違が著しかったが、現在の進歩した超音波検査の機器では80%以上の高率に同定できる¹¹⁾。正常虫垂は盲腸下端から内下方の骨盤方向に認められるものが多く、またretrocecal appendixは5%に見られるという。

Puylaertが提唱したgraded-compression methodの原法では5 MHzの探触子が用いられているが、虫垂を明瞭に描出するためには超音波が到達する範囲内で、なるべく高周波の高分解能プローベを用いるべきである。

検査方法は、患者さんに疼痛部位を示してもらいそこから始める場合と、それに係わらず系統的に行う場合がある。漿膜面に炎症の及んだ疼痛の局在が明瞭な場合には、その部位を指1本の指先で示してもらい、その周辺を走査する。その部位に圧平されない腫大した虫垂を描出できれば、急性虫垂炎と診断できる。古典的なMcBurney点に多い。

局在が不明瞭か、あるいは表現が不十分な乳幼児の場合にはスクリーニング的、系統的に走査する。まず右側腹部を走査し、横操作で上行結腸を認識する。そのまま下方に移動し、特徴的な形態から回盲弁を同定し、盲腸を認識する。盲腸下端から虫垂を連続的に追求する。右腎、盲腸の後面を側面から走査してretrocecal appendixのチェックを行う。盲腸の下端から連続的に虫垂を同定できなかった場合は、回腸末端の周囲を調べ、鼠径管の内側縁に沿って下方に向かい骨盤内を検索する。

腫大した虫垂が発見できない場合：骨盤内に炎症性腫瘍を疑わせる不整なエコー、腹水はないだろうか、回腸末端の腸管はよく蠕動しているだろうか、麻痺性イレウスがないだろうか、腸管ガスはよく動き圧迫により排除しやすいだろうか、右下腹部の腸間膜は腫大して腸管周囲のエコー輝度の高い組織の増生が見られないだろうか、等の点を確認する。

超音波検査では急性虫垂炎を否定できない、と言われる。正常と見なせる虫垂の一部を描出し得たとしても虫垂全体を確認したと確信できない、したがって急性虫垂炎ではないという除外診断にはならない、という理由が挙げられている。しか

し報告されている超音波検査の診断成績では、いずれも90%以上の高い特異性を報告しているものが多い⁶⁾。超音波検査で腫大した虫垂を描出できない場合は、実際に急性虫垂炎でない確率がかなり高いということである。

5. 急性虫垂炎の超音波診断の周辺知識

a. 穿孔の診断

急性虫垂炎の穿孔は腹腔内膿瘍形成、卵管閉塞による不妊など合併症の危険性を増大するが、超音波診断による穿孔の診断はあまり精度が高くない。粘膜下層を示す壁の高エコー輝度の層(echogenic submucosa)の消失、炎症が虫垂周囲に波及したことを示す虫垂周囲のエコー輝度の上昇(periappendiceal echogenicity)の上昇や虫垂周囲の液体貯留(periappendiceal fluid collection)が穿孔と相関する所見とされる(Fig.4)が、穿孔患者の50～70%に認められるにすぎない。

b. 超音波診断の限界

圧痛部位に一致する腫大した虫垂を超音波で証明するという組み立ての診断である。したがって圧痛に一致した管腔構造が認められても右下腹部からかけ離れた部位にある場合は確信をもった診断が困難である。鼠径管内に迷入した場合や虫垂が非常に長く腫大部が腹部の左にある場合などがこれにあたる。

また穿孔により虫垂が虚脱した場合、管腔構造としては同定できなくなり、急性虫垂炎との診断が不可能となる。また穿孔して膿瘍やいわゆる炎症性腫瘍を形成していると虚脱した虫垂がその中に埋没して同定困難となる(Fig.5a, b)。ただしこの様な例では臨床的には明らかな急性虫垂炎例となる。また周囲の腸管が麻痺性イレウスに陥り、そのガスにより観察可能範囲が制限されるため診断が困難となる。

一方、偽陽性となるのはクローン病や他の腸炎が虫垂に波及していたものを急性虫垂炎と誤認する場合や、原理的に急性虫垂炎との鑑別が困難なメッケル憩室炎や卵管炎など下腹部の管状構造の炎症と区別がつかない場合とともに、保存的治療で軽快する初期の急性虫垂炎が含まれていると考えられる。

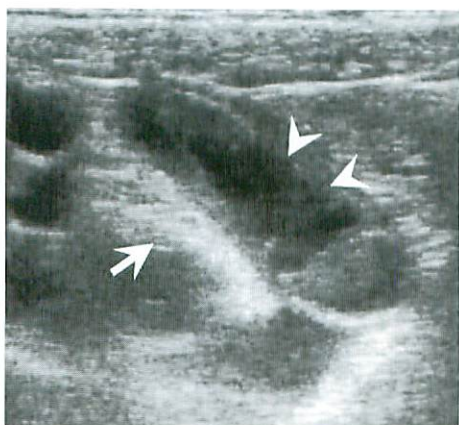


Fig.4 Perforated appendix. Longitudinal view in the right lower quadrant demonstrates an enlarged, non-compressible appendix. Note the indistinct echogenic submucosa (arrowheads) and the increased peri-appendiceal echogenicity (arrow). These sonographic findings suggest the presence of perforation.



a
b



Fig.5 Periappendiceal abscess formation and peritonitis.

- a : Transverse scan of the right lower quadrant shows a complex heterogeneous mass representing periappendiceal abscess(A). The appendix can be demonstrated.
- b : CT in same patient demonstrates the inflamed appendix (arrows) with appendicolith (arrowhead).

超音波検査で急性虫垂炎の診断がなお不明確な場合は、腹部CTを実施すべきである。CTは正常虫垂の描出において超音波検査より優れており、急性虫垂炎ではない、という除外診断に特に有用性があると考えられる¹²⁾。

c. 腸炎や腸間膜リンパ節炎との鑑別

急性虫垂炎と鑑別を要する疾患の中で腸炎やい

わゆる腸間膜リンパ節炎との鑑別について述べておきたい。様々な感染性腸炎が虫垂炎と類似した臨床像を呈するが、Y.pseudotuberculosisの腸管感染症は、下痢を伴わず、回腸末端の著明な壁肥厚、回盲部の腸間膜リンパ節腫大を示す、という特徴的な臨床像のため腸間膜リンパ節炎と称される。Y.pseudotuberculosisの検出には腸間膜リンパ節が最善の試料であり、便から検出されること

はほとんどない¹³⁾。

発熱と右下腹部に局限する腹痛で発症することが多く、臨床的には急性虫垂炎と区別がつかない。超音波検査で回腸末端の腫大と腸間膜リンパ節の腫大が認められる。リンパ節には壊死傾向があることもある。虫垂は正常からわずかに腫大を示す程度。他部位の腸炎、結腸炎の合併頻度は低い¹³⁾。他に *Yersinia enterocolitica*、サルモネラ、キャンピロバクター、クロストリジウム、赤痢、病原性大腸菌等の腸管感染症でも腹痛は呈しうるが、局在が明瞭でなく臍周囲痛にとどまり、下痢を伴うなど一般的な腸管感染症の症状を呈する。

これらの腸管感染症の変化が虫垂に及べば当然虫垂も壁の腫大を来すが、内腔閉塞に続発して感染が成立する急性虫垂炎とは異なり、内腔拡大した虫垂の像は呈さず圧迫により径は変化し compressibility は保たれる。

6. おわりに

急性虫垂炎を疑った場合に、まずCTが行われる場面が今後増大していくと思われる。超音波検査には習熟が必要で、検査中も所見を探し出すためには意識の集中が不可欠であり、施行する側にとっては実は簡便な検査とはいえないのである。CTは安定した品質の画像が得られ、死角があるのではないかと疑心暗鬼から解放され、さらに保険点数面でも優遇されている。

ただし被ばく、鎮静、造影剤のリスクを勘案すると、超音波検査による急性虫垂炎の診断を捨て去るのは早計である。純粹に診断能だけ比較しても超音波検査で診断に至った場合はCTを追加しても有用性に乏しく、また極東からの報告では超音波検査単独でも非常に高い診断能が報告されている。

低侵襲で、鎮静を要さず、迅速に、繰り返して実施できる、という超音波検査の優位性は失われておらず、これらの要素を加味し、実施者が忌避しなければ急性虫垂炎の診断においても最前線に踏みとどまり続けるだろう。

●文献

1) Sivit CJ : Imaging the child with right lower

quadrant pain and suspected appendicitis : current concepts. *Pediatr Radiol* 2004 ; 34 : 447-453.

- 2) Muehlstedt SG, Pham TQ, Schmeling DJ : The management of pediatric appendicitis : A survey of North American Pediatric Surgeon. *J Pediatr Surg* 2004 ; 39 : 875-879.
- 3) Hagendorf BA, Clarke JR, Burd RS : The optimal initial management of child with suspected appendicitis : Decision analysis. *J Pediatr Surg* 2004 ; 39 : 880-885.
- 4) Perez J, Barone JE, Wilbanks TO, et al : Liberal use of computed tomography scanning dose not improve diagnostic accuracy in appendicitis. *Am J Surg* 2003 ; 185 : 194-197.
- 5) Garcia Pena BM, Cook EF, Mandl KD : Selective Imaging Strategies for the Diagnosis of Appendicitis in Children. *Pediatrics* 2004 ; 113 : 24-28.
- 6) Kaiser S, Frenckner B, Jorulf HK : Suspected appendicitis in children : US and CT-a prospective randomized study. *Radiology* 2002 ; 223 : 633-638.
- 7) Orr RK, Poster D, Hartman D : Ultrasonography to evaluate adults for appendicitis : decision making based on meta-analysis and probabilistic reasoning. *Acad Emerg Med* 1995 ; 2 : 644-650.
- 8) Hagendorf BA, Clarke JR, Burd RS : The optimal initial management of child with suspected appendicitis : Decision analysis. *J Pediatr Surg* 2004 ; 39 : 880-885.
- 9) Kaneko K, Tsuda M : Ultrasound-based decision making in the treatment of acute appendicitis in child. *J Pediatr Surg* 2004 ; 39 : 1316-1320.
- 10) Lee JH, Jeong YK, Park KB, et al : Operator-dependent techniques for graded compression sonography to detect the appendix and diagnose acute appendix. *AJR Am J Roentgenol* 2005 ; 184 : 91-97.
- 11) Wiersma F, Sramek A, Holscher HC : US features of the normal appendix and surrounding area in children. *Radiology* 2005 ; 235 : 1018-1022.
- 12) Barbara M : Ultrasonography and Limited Computed Tomography in the Diagnosis and Management of Appendicitis in Children. *JAMA* 1999 ; 282 : 1041-1046.
- 13) Cleary TG : *Yersinia pseudotuberculosis*. In Behrman RE (ed) ; *Nelson Textbook of Pediatrics*. 16th ed. p 859, 2000.