

原 著

急性虫垂炎で入院した小児に対する腹部超音波と腹部CTの施行率

野田 昇宏 酒井 好幸

The rates of abdominal ultrasonography and computed tomography scans performed on the children diagnosed with acute appendicitis in our emergency room

Takahiro NODA, Yoshiyuki SAKAI

Key words : 腹部超音波検査 — 腹部CT — 急性虫垂炎

要 旨

2015年5月から2019年12月までに当院の時間外 walk-in, もしくは救急車でERを受診し, 主病名が急性虫垂炎である小児を対象とした. 当院のUSおよびCTの施行率を電子カルテで後方視的に検討した. 結果, ガイドラインが提示する, 急性虫垂炎の診断にはまずUSを施行し, 診断がつかない場合等にCTを検討することの遵守率は13%程度だった. 小児への被曝低減のためにも, 本結果を病院内全体における啓発の一助としたい.

はじめに

日本小児救急医学会が発行した『エビデンスに基づいた子どもの腹部救急診療ガイドライン2017』(以下, ガイドライン)¹⁾には, 小児急性虫垂炎診療における画像診断の役割が明記されている. それによると, 「小児急性虫垂炎の診断においては原則として超音波検査を第一選択とするのが望ましい(推奨度A)」と記載されている. しかし小児急性虫垂炎の診断に用いる画像の施行率は施設ごとに異なるとされており, 単独施設からの実態報告は極めて少ない. また本邦において, 急性虫垂炎と診断された小児例での超音波検査 (ultrasonography, 以下US) とCT (computed tomography) の施行率について検討した報告は少ない.

目 的

当院救急外来を受診して入院し, サマリの主病名が「急性虫垂炎」である小児におけるUSおよびCTの施行率を明らかにする.

対象と方法

2015年5月から2019年12月までの4年8カ月(56カ月)の間に, 時間外 walk-in もしくは救急車でERを受診した小児のうち, 入院サマリの主病名が「急性虫垂炎」の0歳から15歳までの小児を対象とした. 診断の際に行われた画像検査のうち, 診察医が行ったUSとCTの施行率に差があるか否かを比較検討した. また, 単純/造影CT両方をオーダーした医師の所属科を調べた. 本研究は単施設後ろ向き研究である. 統計ソフトはEZR Version1.41²⁾を用いて行い, カテゴリー変数に対して χ^2 検定を用いた. 両側検定とし, $P < 0.05$ をもって統計学的に有意差があると判断した.

結 果

総症例数は45例(再発1例を含む)だった. その患者の背景と特徴を(表1)に示す. 年齢は0-6歳が4例(最年少は1歳1カ月), 7-12歳が23例, 13歳から15歳が18例であった. 性別は男児と女児がそれぞれ25例と20例だった. 基礎疾患の有無(重複あり)については, 発達障害3例(うち自閉症2例, 注意欠陥多動性障害1例), 虫垂炎の保存加療歴あり6例, 川崎病, II度房室ブロック, 臍ヘルニアの手術歴, 気管支喘息, 発作性上室性頻拍がそれぞれ1例ずつだった. 診療録に記載の

市立函館病院 小児科

〒041-8680 函館市港町1-10-1 野田 昇宏

受付日: 2020年5月7日 受理日: 2020年6月4日

あった受診時の臨床症状（重複あり）については、右下腹部痛37例（全体の82%、以下、%は小数第1位を四捨五入）、悪心嘔吐26例（58%）、食欲不振6例（13%）、腹痛部位の移動5例（11%）だった。身体所見で記載のあった陽性所見（重複あり）は、圧痛44例（98%。圧痛の記載がなかったものが1例あるが、最年少である1歳1カ月の症例だった）、反跳痛30例（67%）、咳・跳躍・打診による叩打痛14例（31%）、筋性防御が10例（22%）だった。受診時の体温は、37.2度以下が26例（58%）、37.3度以上37.9度以下は10例（22%）、38.0度以上が9例（20%）だった。受診時の血液検査では白血球数が10000/ μ L以上の症例が39例（87%）、白血球分画が検査されている20例（44%）のうち、好中球が75%以上であるものは15例（33%）だった。CRPの中央値（四分位範囲）は0.4（0.04-3.6）mg/dLだった。画像の施行率について（表2）にまとめた。CTは45例全例に撮影されていた。CTの内容については、単純のみ、または造影のみが撮影されたのは11例（24%）、単純/造影両方が撮影されたのは34例（76%）であった。単純/造影両方

の施行率は、単純/造影どちらかのみとの施行率に比して有意に高かった（ $p < 0.005$ ）。また単純/造影両方の施行率はUSの施行率に比して有意に高かった（ $p < 0.005$ ）。USは24例（53%）に行われており、すべてCTを撮影する前に施行されていた。USを行った症例のうち、虫垂の所見（「描出困難」などの記載を含む）が診療録に記載されているのは14例であり、うち虫垂炎を疑う所見なしまたは虫垂が描出困難だった症例は7例で、全症例の13%にとどまった。

CT画像の最後に表示されるPatient profileを確認できた39例のdose-length product（以下、DLP）の平均値（ \pm SD）は、単純/造影どちらかのみでは434（ \pm 179.5）mGy \cdot cm、単純/造影両方では1128（ \pm 644.4）mGy \cdot cmだった。虫垂腫大、虫垂周囲の脂肪織濃度上昇以外のCT所見（重複あり）は、糞石ありが24例（53%）、腫瘤の形成が5例（11%）、穿孔所見ありが5例（11%）、異常なしが1例（2%）だった。治療方針は、手術が34例（76%）、保存療法が5例（11%）、interval appendectomy（以下、IA）が4例（9%）、転送が2例（4%。転送先での方針は手術が1例、IAが1例）だった。確認可能であった病理診断の全例に対する割合は、カタル性が4例（9%）、蜂窩織炎性が17例（38%）、壊疽性が13例（29%）、好酸球性が1例（2%）だった。

単純/造影両方をオーダーした医師の主な所属科を（表3）にまとめた。研修医が15例中14例、小児科医が

表1 患者背景と特徴 (n=45)

年齢 (歳)	CRP (mg/dL)	
0-6	4	中央値 (範囲) 0.4 (0.04-3.6)
7-12	23	
13-15	18	
性別	USの実施	
男	25	実施あり 24
女	20	虫垂炎を疑う所見あり 7
		虫垂炎を疑う所見なし or 描出困難 7
		虫垂を描出していない 10
		実施なし 21
基礎疾患*	CT所見*	
なし	6	糞石 24
急性虫垂炎の保存加療歴	3	腫瘤の形成 5
発達障害	3	穿孔 5
他	5	上記所見いずれもなし 10
		異常なし 1
臨床症状*	DLP (mGy \cdot cm)	
右下腹部痛	37	単純のみ、又は造影のみ (n=10) 434 \pm 179.5
悪心嘔吐	26	単純/造影両方 (n=29) 1128 \pm 644.4
食欲不振	6	
腹痛部位の移動	5	
身体所見*	治療方針	
圧痛	44	手術 34
反跳痛	30	保存 5
咳・跳躍・打診による叩打痛	14	IA 4
筋性防御	10	転送 2
体温 (度)	病理診断	
~37.2	26	カタル性 4
37.3~37.9	10	蜂窩織炎性 17
38.0~	9	壊疽性 13
白血球数 (/ μ L)		好酸球性 1
>10,000	39	手術なし 9
<10,000	6	
好中球 (%)		
検査結果あり	20	
{ >75	15	
{ <75	5	
検査結果なし	25	

*のついている項目は重複あり

表2 画像施行率

画像施行数 (n=45)	
US	24
CT	45
単純のみ	2
造影のみ	9
単純/造影両方	34
US vs 単純/造影両方	p=0.0475
単純のみ、又は造影のみ vs 単純/造影両方	p<0.005

表3 CT オーダー医の所属科

CT オーダー医	総数	総数のうち単純/造影両方撮影された数
研修医	15	14
小児科	12	10
救急科	4	2
消化器外科	4	2
耳鼻科	2	1
消化器内科	1	1
放射線科	1	1
麻酔科	1	1
整形外科	1	0
循環器内科	1	0
紹介医	3	1
合計	45	33

単純/造影両方34例中1例は紹介先で単純のみ、当院で造影のみの撮影であり数に含めず

12例中10例、救急医と消化器外科がともに4例中2例、耳鼻科が2例中1例、消化器内科、放射線科、麻酔科がそれぞれ1例、単純/造影両方をオーダーしていた。

考 察

①小児急性虫垂炎におけるUSとCTの利点および欠点について、②他施設のUSとCT施行率と当院の各施行率との比較、③小児における腹部CTによる被曝リスクの3点を論ずる。

①小児急性虫垂炎におけるUSとCTの利点および欠点について

小児急性虫垂炎の診断において用いられる画像は主にUSとCTである。Doria³⁾らは小児急性虫垂炎のUSとCT両者の感度および特異度についてメタ解析を行っており、USの感度88%、特異度94%、CTの感度94%、特異度95%と報告している。USの利点は被曝がないこと、ある程度の体動があっても画質への影響が少ないこと、病変をリアルタイムで把握できることである。しかし、所見の描出や病変の認知は術者の力量と経験に依存することが欠点である。一方CTの利点は、放射線技師が常駐する場合、超音波検査技師が不在である時間帯でも撮影が可能なこと、撮影者間で画質による影響がないことである。しかし小児であるが故の欠点としては、被曝のリスクが成人に比して高いこと、体動が画質に影響すること、特に発達障害などの基礎疾患がある症例や乳幼児では鎮静を検討する必要があることなどが挙げられる。画像検査の選択について、ガイドラインでは「小児急性虫垂炎の診断においては原則として超音波検査を第一選択とするのが望ましい(推奨度A)」「超音波検査が技術的に難しい場合や感度の低い場合(肥満、年少児など)、穿孔が疑われる場合には必要に応じてCT検査を考慮する。感度を高め、被曝を軽減するためには1回の造影CTが望ましい(推奨度B)」と記載されている¹⁾。しかし、道南の基幹病院である当院の救急外来において、急性虫垂炎として入院した小児を検討した結果、超音波検査の施行は全体の約半数で、全例にCTが撮影されていた。そして単純/造影両方が撮影されている症例が全体の76%を占めている。この要因として、CTをオーダーする医師が、ガイドラインで「造影1相が望ましい」とされていることを知らないこと、「念のため」の意味で単純CTを撮像しているということが推測される。小児急性虫垂炎における単純CTと造影CTの感度と特異度を比較した研究⁴⁾では、単純CTの感度66%、特異度96%、造影CTの感度90%、特異度94%と、造影CTで感度が有意に上昇すると報告されている。さらにKitagawaらは⁵⁾、単純CTと造影CTの比較検討を

行った上で、造影剤の使用が可能な状況であれば造影CTのみの使用を推奨している。一方、単純/造影CT両方を撮影することで糞石か造影効果かを判別することができるとする報告⁶⁾もある。しかし当院では時間帯に関係なくmulti-planar reconstruction(以下、MPR)での画像再構成を依頼し、放射線技師もそれに応えてくれる。MPRを行うことで、単純CTがなくとも糞石か否かの判別を行うことができると考える。以上の点を考えると、単純CTは後述する被曝のリスクに比して、診断に寄与するベネフィットは小さい。MPR再構成をした場合には、急性虫垂炎を疑った小児において単純CTは不要であると考えられる。

また、ガイドラインに明記されている「第一選択としてUSを行うこと」が遵守されていた症例は24例(=全体の53%)であった。この要因としては、CTが45例全例に撮影されている事実と合わせると、USで虫垂を描出する際の技術に不安がある(が故にUSを行わない)こと、消化器外科医へコンサルテーションする際の診断根拠になるためCTを撮影していることが推測される。実際、CTとUSの感度と特異度について検討した論文を見ると、USを行っているのは経験が豊富な超音波検査技師や小児外科医であることがほとんどである。平日日中には超音波検査技師にUSを依頼することができるが、当院に限らず全国的にも経験豊富な超音波技師や医師が常駐していることは稀であり、この事情は米国も同じである⁷⁾。こういった時間外特有の事情を鑑みると、実臨床における時間外診療で医師がUSを行う労力と時間を省いてCTを撮影することは許容されるべきかもしれない。しかし先述した通り、診断におけるCTオーダーでは虫垂炎に限らず単純CTは不要であり、造影1相で十分であることを明記する。

②他施設のUSとCT施行率と当院の施行率との比較

小児急性虫垂炎における画像選択は施設により異なる。ガイドラインでは「ほとんどの症例をUSのみで診断している施設もあれば、「虫垂炎疑い」のほぼ全例にCTを実施している施設もあり、施設による差が顕著である」との記載がある¹⁾。しかし、小児急性虫垂炎の診断における施設ごとのUSおよびCTの施行率をまとめたものは本邦では報告がなく、ガイドラインにも具体的な記載はない。そこで2000年1月から2019年12月までの期間で、医学中央雑誌とPubMedで検索し、急性虫垂炎と診断された小児で、本邦の施設ごとのUSとCTの施行率、35の米国の小児病院ER(n=52,153)の状況、そして当院の現状をまとめて一覧にしたものを(表4)に示す^{8) 9) 10) 11) 12)}。単純/造影両方のCTを撮影している施設は検索する限りでは当院以外にはなかった。ガイ

表4 急性虫垂炎と診断された小児における施設ごとのUSとCTの施行率

報告者	報告年	施設名	調査年	調査年間	総数	USのみ (%)	CTのみ (%)	US+CT (%)	US/CTなし (%)
中川 ⁸⁾	2011	静岡県立総合病院	2006-2010	4年間	63	16	49	35	0
岡村 ⁹⁾	2017	山形県立中央病院	2015-2017	1年10カ月	36	39	44	17	0
河崎 ¹⁰⁾	2017	山口県立総合医療センター	2006-2015	10年間	93	53	28	19	0
横地 ¹¹⁾	2017	聖マリア病院 (福岡県)	2012-2015	3年間	90	0	0	100	0
Bachur ¹²⁾	2015	35の米国小児病院 ER	2010	1年間	ND	24	21	4	51
			2011	1年間	ND	28	17	5	49
			2012	1年間	ND	34	13	6	47
			2013	1年間	ND	35	11	5	48
自施設例	2020	市立函館病院	2015-2020	4年6カ月	45	0	44	56	0

小数第1位を四捨五入

ドラインで記載されている通り、本邦で報告されているUSおよびCTの施行率は施設ごとにばらつきがあるものの、USのみで急性虫垂炎と診断している症例がある一定の割合存在していることは事実である。

③小児における腹部CTによる被曝リスク

2001年にBrenner¹³⁾が小児CT被曝のデメリットについて報告して以降、「検査の正当化」と「検査の最適化」が国内外問わず謳われるようになった。小児のCT被曝と発癌リスクについて、Miglioretti¹⁴⁾らは1996年から2010年までに撮影された小児CTを検討し、小児固形腫瘍のリスクは女児で300-390例の腹部CTで、男児では670-760例の腹部CT撮影で1例増えると報告しており、不要なCT撮影のデメリットについて述べている。また、ICRP 2007のガイドライン¹⁵⁾ではDLPを実効線量(単位mSv)に換算する係数 κ (腹部骨盤CTにおける変換係数は、5歳児で $\kappa=0.02$, 10歳児で $\kappa=0.015$)が記載されている。これをもとに症例のDLPを実効線量に換算して計算すると、小児において腹部単純CTを1回撮影することは、胸部X線(=0.02mSv)を約550回撮影することと同等の被曝であることが分かる。

CTが急性虫垂炎の診断に貢献するというベネフィットは被曝のリスクを大幅に上回ることは間違いない。しかし問題はそのような小さい被曝リスクを抱えた小児が膨大な数で存在することである。医療従事者はその点を認識してCTオーダーの最適化と正当化を図る必要がある。

以上3つの考察より、「ガイドラインの遵守」「小児の被曝低減」を目指すため、以下3点を提言する。

- ①腹部超音波検査の技能向上：研修医への教育も含め、時間外当直にあたる医師が腹部超音波に習熟することが理想ではある。しかし実際に習熟するには多くの時間と経験が必要である。
- ②消化器外科に「USで虫垂炎が確実な小児症例はCTなしでも見てほしい」ことを協議し、救急外来やERにおいて、USで急性虫垂炎の確定診断が得られれば、

US画像を保存し供覧した上で、診断についてディスカッションすることは不可能ではないだろう。

- ③救急外来で小児を診療する医師へ「CTによる画像診断を行う際、小児の場合単純CTは不要で、MPR再構成を依頼する」ことの周知および啓発する。これが3つの提言のうち、一番現実的なものと考える。造影1相のみのCTに必要なに応じてMPR再構成を加えることで単純CTの省略、すなわち被曝量低減につながることをこれまでに論じた。また他施設に比して当院のCTの撮影率が際立って高いこともより院内で認知されるべきである。

本研究の限界を以下に述べる。第1に、救急車で来院した小児では、CTのオーダーを電子カルテに実際に入力するのは研修医もしくは医療クラークである場合があり、実際にCTオーダーを指示した医師の所属科を正確に反映できていない可能性がある。第2に、本研究は入院時サマリの主病名が「急性虫垂炎」との記載で入院した小児例を対象としているため、小児で虫垂炎を疑われてCTを撮像するも、放射線科医による読影で異常なしとして帰宅となった症例が1例はいつていることに留意する必要がある。第3に、本研究では救急外来 walk-in または救急車で来院した小児を対象としているため、平日日中に小児科または消化器外科外来を受診した小児例についてのUSの実施状況は反映できていない。第4に、当院へ紹介した医師がUSを行った症例も含まれているため、当院のみでの施行率を正確に反映できていない可能性がある。

ま と め

当院救急外来において急性虫垂炎と診断された小児例のUSおよびCTの施行率について比較検討した。小児の被曝低減、そして正確かつ迅速な診断のためには、医師のUS技能の向上、そして不要な単純CTをオーダーしないことが肝要である。この報告が病院内全体における啓発の一助となることを切に願う。

本論文は院内倫理委員会において承認を得た（承認番号：迅2020-32）

本論文における利益相反に関する開示事項はない。

文 献

- 1) 日本小児救急医学会, 診療ガイドライン作成委員会
編: エビデンスに基づいた子どもの腹部救急診療ガイドライン2017.
- 2) Y Kanda : Investigation of the Freely Available Easy-To-Use Software 'EZR' for Medical Statistics. Bone Marrow Transplant 2013 : 48, 452-458.
- 3) Doria AS : Optimizing the role of imaging in appendicitis. Pediatr Radiol 2009 : 39 (Suppl2) : 144-148.
- 4) Mullins ME, Kircher MF, Ryan DP, et al : Evaluation of suspected appendicitis in children using limited helical CT and colonic contrast material. Am J Roentgenol 2001 : 176 : 37-41.
- 5) Maki Kitagawa, Tatsuya Kotani, Yuji Miyamoto, et al : Noncontrast and contrast enhanced computed tomography for diagnosing acute appendicitis : A retrospective study for the usefulness : Radiology Case 2009 ; 3(6) : 26-33.
- 6) 原富由香 : 虫垂炎の画像診断—エコーとCTのポイントとコツを教えてください—。虫垂炎を見逃さない! レジデントノート 2011 : 13(11) : 2031-2038.
- 7) Bachur RG, Levy JA, Callahan MJ, et al : Effect of Reduction in the Use of Computed Tomography on Clinical Outcomes of Appendicitis. JAMA Pediatr 2015 ; 169(8) : 755-760.
- 8) 中川剛, 甲原貴子, 佐治くみ子, 他 : 当院での小児急性虫垂炎における画像診断と最終診断の関連性について. 静岡総合病医誌. 2011 ; 23 : 1-4.
- 9) 岡村敦, 太田寛 : 当科における小児急性虫垂炎の診断と治療 (会議録). 日小児栄消肝会誌 2017 ; 31 : 94.
- 10) 河崎正裕 : 当院の小児虫垂炎の画像診断における医療被曝低減. 日腹部救急医会誌 2017 ; 37 : 831-835.
- 11) 横地賢興, 河野剛, 松石豊次郎, 他 : 急性虫垂炎の診断・治療における超音波検査の有用性の検討. 日小児救急医会誌. 2017 ; 16 : 396-402.
- 12) Bachur RG, Levy JA, Callahan MJ, et al : Effect of Reduction in the Use of Computed Tomography on Clinical Outcomes of Appendicitis. JAMA Pediatr 2015 ; 169 : 755-760.
- 13) Brenner D, Elliston C, Hall E, et al : Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. Am J Roentgenol 2001 : 76 : 289-296.
- 14) Miglioretti DL, Johnson E, Williams A, et al : The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk. JAMA Pediatr 2013 ; 167 : 700-7.
- 15) Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT). ICRP Publication 102. Ann ICRP 2007 ; 37 : 76-78.