

the compass for clinical pediatrics

小児科臨床
ピクシス



小児画像診断

総編集●五十嵐 隆 国立成育医療研究センター
専門編集●小熊 栄二 埼玉県立小児医療センター

中山書店

序

ここに小児科臨床ピクシスシリーズの一卷として『小児画像診断』をお届けする。

インターネットの発達により、かつては想像できなかったほど迅速かつ容易に、最新・広範囲・大量の医学情報を入手することが可能となった。具体的に解決を迫られる医学的な問題に立ち向かうときに、判断の材料たる実証的なデータを収集していく手段はインターネットによる文献検索で行われていくことが確立している。本書は、そのような個々の案件に取り組み、小児画像診断の現場に立つにあたって、その前提となる必要な道具一揃えを提供することを意図している。このハンディな分量の中で、現にわが国の小児医療の現場で頻用され、また適用すべき画像診断の知識の大部分に触れることができる。一冊で全身・全疾患を網羅すべしという編集方針のもと、他のピクシスシリーズと異なり一編の分量がやや長めとなっている。体裁の変化に戸惑われるかもしれないが、どうかご容赦いただきたい。一編は15分から30分で読み切れる扱いやすいサイズになっている。数時間の時間を確保して、ぜひ全編を通読されることをお奨めしたい。また画像診断の教科書は、掲載されている画像に大きな価値がある。写真と脚注を通覧していけば、より短時間で、執筆者が伝えようとした情報を印象的な形で得ることができると思う。

本書では、執筆陣の先生方に、臨床から得た経験的な知の記載について重視していただくようお願い申し上げた。経験的な知とは、how to 的な記載、つまりこの道をこう行くように、との案内だけではなく、ふと気がつく途が途絶えていた、さてどの方向に行くべきなのかというときに、感覚的に踏み出す方向を指し示すような形態の知である。それが記載の主体となるような類の知識ではないが、経験豊富な執筆陣がところどころに据えた経験知を、いつか役立つ日のために、ぜひ目におとめになって拾い集めておいていただきたい。

画像診断はそれを専業とする放射線科医がいるのだから、小児科医は要望だけ出し、適応、検査の企画、実施、解釈、判断については放射線科医が行うような体制が快適かつ望ましいものであろう。放射線科医のリソース不足から、小児医療については多くの施設でそのような体制は確立しておらず、小児科医の先生方には放射線科への物足りなさを抱かれているのではないか。放射線科医は小児の経験が乏しくとも、所見を拾い上げる能力は非常に高い。彼らに不足があるとすれば、それは本書にまさに記載されているような知識群である。ここに記載されているような所見があるかどうか、要素に還元して尋ねれば、放射線科はまず正解を出すことができる。放射線科の力を小児医療により有効に使っていただくためにも本書がより活用されることを願っている。

2012年3月

埼玉県立小児医療センター放射線科部長

小熊 栄二

目次

1 章 総論：質の高い画像検査の提供

小児の画像診断の特徴—意識しておくべきこと	小熊栄二	2
小児科医が知っておくべき放射線被ばく	宮崎 治	9
胸部・腹部単純 X 線写真の成り立ちと系統的読影手順	野坂俊介	16
頭部 CT・MRI の適応と系統的読影手順	丹羽 徹	26
胸腹部 CT の適応と系統的読影手順	河野達夫	33
腹部超音波の系統的実施手順	野澤久美子, 佐藤裕美子	39

2 章 中枢神経

中枢神経系の形成異常	丹羽 徹	45
脳炎・脳症・頭蓋内感染症の画像診断	藤田和俊	53
脳腫瘍の画像診断	堤 義之	59
新生児・周産期中枢神経障害	近藤睦子	65
小児科医が知っておくべき頭部外傷, 頭蓋内圧亢進, 水頭症の画像診断	山口善道	71

3 章 頸部疾患

上部気道の閉塞性疾患	河野達夫	84
小児の頸部疾患の画像診断	河野達夫	90
甲状腺疾患	宮坂実木子	97

4 章 呼吸器疾患

肺炎の画像診断	原 裕子	104
気管支喘息, air leak, 気道異物の画像診断	原 裕子	112
気管・気管支の異常, 肺嚢胞性疾患	野澤久美子, 佐藤裕美子	121

5 章 心大血管疾患

心大血管の CT—適応と撮影法	金丸 浩	129
心大血管の MRI—適応と撮影法	上村 茂, 澤田まどか, 西岡貴弘	139

6 章 腹部疾患

腹痛を主訴とする小児疾患	島貫義久, 北見昌広	150
腸重積症	島貫義久, 北見昌広	157
腹部腫瘍	宮崎 治	163
肝・胆・膵疾患	金川公夫	171

7章	腎・泌尿器疾患	
	先天性腎尿路異常	宮坂実木子 176
	尿路感染症の画像診断	宮坂実木子 182
	生殖器	赤坂好宣 187
8章	整形外科的疾患	
	小児科医が知っておくべき整形外科的疾患	小山雅司 195
	骨・軟部腫瘍の画像診断	野崎太希 205
	骨系統疾患の画像診断	宮崎 治 217
9章	新生児	
	新生児の呼吸器疾患	小熊栄二 225
	新生児の腹部疾患	西川正則 236
10章	胎児 MRI	
	中枢神経系の胎児 MRI	丹羽 徹 250
	胸腹部の胎児 MRI	桑島成子 256
11章	小児の核医学検査	
	小児の核医学検査	内山真幸 260
12章	虐待の画像診断	
	虐待の画像診断	小熊栄二 276
索引		285

総論：質の高い 画像検査の提供

小児の画像診断の特徴—意識しておくべきこと

小熊栄二

画像診断の進歩と有用性

- 画像診断は視覚機能の延長・拡大である。1896年、それまで誰も見ることのできなかった生体の手の骨を、Wilhelm Conrad Röntgen は可視化することに成功した。それは当時の人にとってどれほど驚愕の出来事であったろうか。
- 以来、画像診断は急速に発展し、われわれが見ることのできる領域は拡大してきた。現在の平均的なCTでさえ10秒足らずの間に1mm以下の厚みの全身の断層像を得ることができるようになってきている。
- さらに肉眼解剖学的な画像にとどまらず、糖代謝 (FDG PET)、脳の活動による血流の変動 (functional MRI)、神経線維の方向による水分子の異方拡散制限 (神経路描出) など、さまざまな機能画像が実用化されている。
- このように、画像診断は肉眼では見ることのできないさまざまな事象を画像化し、医療の領域を拡大し、有効性と安全性の向上に資してきた。
- また画像診断は「対象を見たい」という視覚の

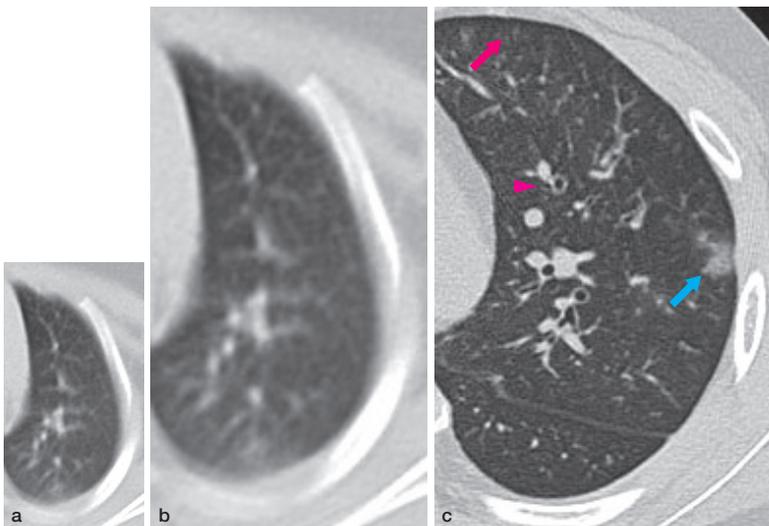
動物であるヒトの根源的な欲求を満足させ、見えない疾患に対峙しているという不安感を緩和するのに役立っている。華々しい新規な診断法や治療法の提供ではなくとも、われわれ医療従事者の肉体的・精神的・時間的負担を確実に軽減しているのである。

- 本書の冒頭にあたり、小児の画像診断の対象としての特徴、画像診断を運用していくうえで重要な基本姿勢について述べる。

小児は画像診断にとって難しい対象である

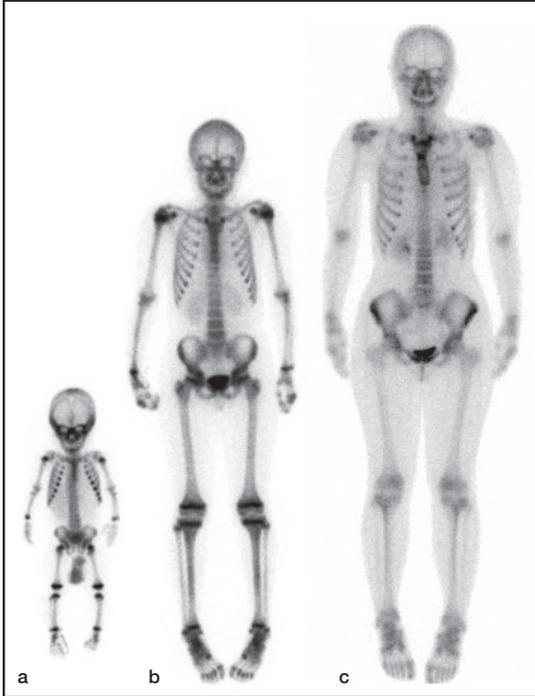
- 小児の体は小さい。診断の対象となる器官の大きさは、新生児では成人の数分の1以下である。CT、MRIなどの空間解像力は機器固有の限界があり、画像を成人同様の大きさに拡大して観察すると小児の画像はボケて鮮鋭度が劣って見える (①)。
- 小児は動く。小児には検査協力は得られず、検査中もじっと静止することができない。呼吸のコントロールもできない。静止画像を得る検査

① 成長による小児の肺の大きさの変化—小児は小さく静止しない



a: 6 か月児, b: 6 か月児の拡大像, c: 11 歳 5 か月児. 6 か月児 (a) と 11 歳児 (c) の左肺の CT では、このように大きさに違いがある。呼吸静止下に撮影する 11 歳児では、細かい所見、小葉中心性病変の出現 (c: →), 気管支壁の肥厚 (c: ▶), 二次小葉の air space consolidation (c: →) などが認識可能である。一方、6 か月児は小さく息も止まっていないため、画像はひどくボケている (a)。モニター上で観察する場合のように同じ大きさまで拡大してみると、両者の差が顕在化する (b, c)。

② 小児の成長変化—骨シンチグラフィ像における特徴



5 か月女児 (a), 10 歳男児 (b), 19 歳女性 (c) の ^{99m}Tc -MDP 骨シンチグラフィ。急速に成長する乳児 (a) では成長のさかんな骨端線や顔面骨に強い集積がみられる。上肢では、より成長の早い上腕骨近位と手関節周囲のほうが肘関節周囲より取り込みが強いことがみてとれる。成長期に差しかかっている 10 歳男児 (b) でも、上肢・下肢の成長線には依然として強い集積がみられる。成長の完了した 19 歳女性 (c) では、成長線への強い取り込みはもはやみられず、骨組織の存在量に従った分布となり、体表に近く吸収を受けにくい胸骨や上前腸骨稜は高集積に描出される。

では体動が最大の敵であり、これも鮮鋭度を大きく低下させる要因となる。

- 「小児科医が知っておくべき放射線被ばく」(p. 9) に詳述されるように、小児では被ばくについて成人以上の配慮が必要である。このため、と

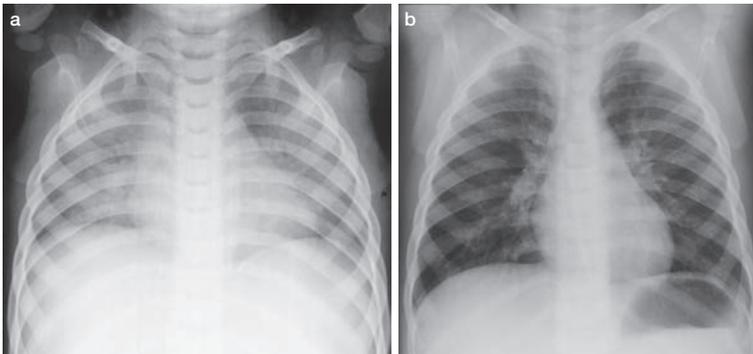
くに CT の適応についてはなるべく抑制的に考えていく必要がある。

- 小児は成長する (②)。正常像や異常像も成長に従って変動する。このため、小児の症例の少ない放射線科医、小児専業であっても画像診断の機会の少ない小児科医とも、経験値が上昇せず診断の精度が上がりやすく、難しい対象となる。

小児の画像診断を損なうもの

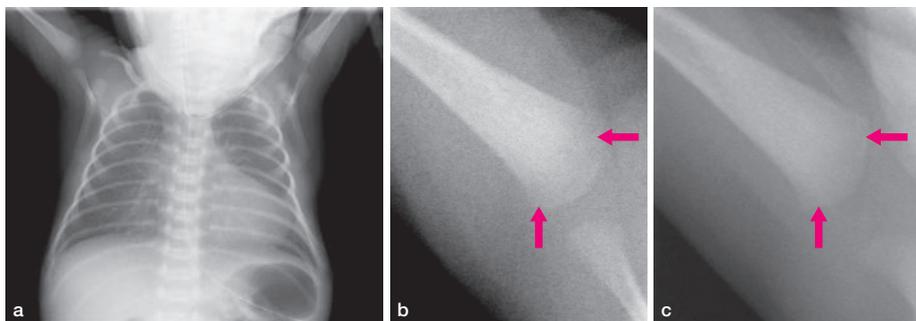
- 確かに小児は画像診断にとって難しい対象である。しかし実際に小児の画像を不良にしているのは、そのような対象としての困難さの認識からくる「小児だからこの程度の画質でしょうがない」という意識なのではないかと思う。
- 胸部単純 X 線写真一つをとっても、吸気で撮るべきところを呼気で撮るだけで、肺の含気の低下を検出する目的はまったく棄損されてしまう (③)。
- 単純 X 線写真を定められた体位で正しく撮る、CT でも左右の高さをそろえて撮る、そのような画像検査の基本が、小児の画像では守られていない例を多く目にする。
- 小児が協力を得にくい対象であることを差し引いても、なおそれは看過できないレベルにあると思われる。
- 専用の固定具や撮影用のクベースの導入などは画質向上の強力なツールだが、まず小児であってもポジショニングは最適にすべきであるし、それは可能である、という意識をユーザーである小児科医にもっていただき、撮影側にも積極

③ 乳児の胸部単純 X 線写真 (立位正面撮影)



発熱を主訴とする 8 か月児で、他院で胸部単純 X 線写真を撮影したところ、a のように“真っ白な肺”であり、“間質性肺炎疑い”で当院に紹介された。確かに肺野の透過性はすりガラス状に大きく低下している。心横径も拡大している。しかしあまりに症状に乏しいため、前医と同一の日に、啼泣で息を吸ったときを狙い吸気相で再撮影 (b) したところ、成人の定型的な胸部単純 X 線写真に近い描出となり、異常は指摘できないことがわかった。呼気で撮影すると、異常のない肺でもこのように著明に透過性が低下する。そのため、含気の低下をきたす異常の指摘は非常に困難になる。

④ imaging plate (IP) による画質の向上



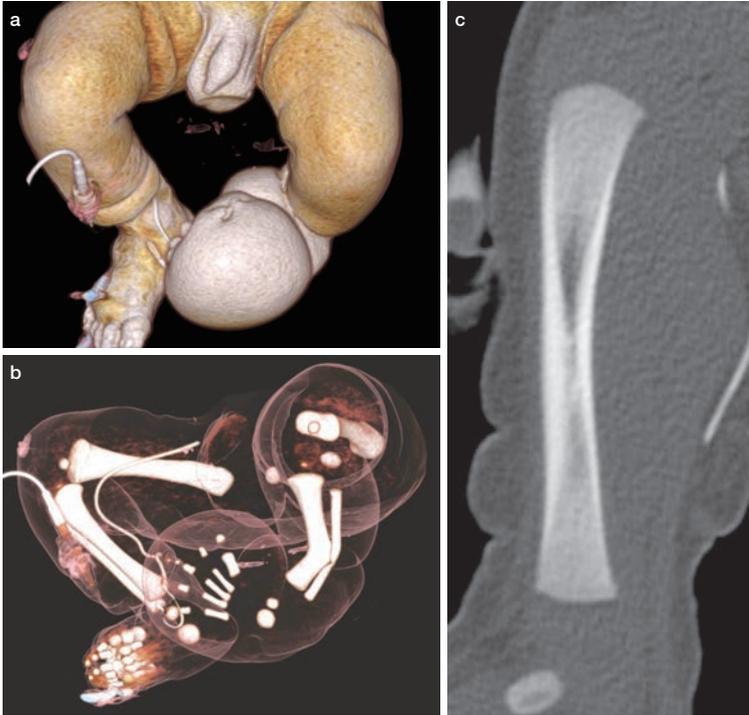
a：生後5日、フィルムで観察する場合の視野。b：生後5日、従来のIPで撮影、PACSでの視点。c：生後6日、新型の高感度IP（柱状結晶IP）で撮影。右上腕骨近位部強拡大。高感度IPの使用は、同量の被ばくであってもノイズを低減し画像品質を向上させることができる。フィルム時代の観察倍率（a）では、両者の差異に気づきにくかっただろうが、局所的な拡大を頻用するPACS時代の観察（b, c）では両者の差が歴然とする。従来の機材では骨幹端の辺縁はノイズに負けて境界を明瞭に描出できていなかった（b：→）。高感度のIPを使用することで、被ばくを増大させずに明瞭な骨の輪郭が描出されるようになったことがみてとれる（c：→）。骨端線はくる病をはじめさまざまな疾患の所見が現れる重要な部位であるが、従来の撮影機材・条件では正確に描出しきれていなかったことがPACS環境では露呈した。

的に要望すべきである。

最新のテクノロジーの適用

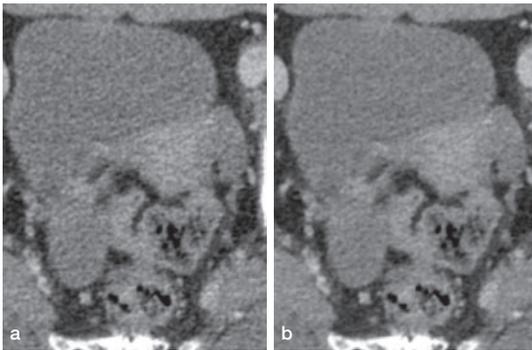
- 困難な対象である小児の画像診断には機器の限界性能が現れる。それだけに最新テクノロジーの適用が強く望まれ、またその導入の利得も大きい。
- 単純X線写真にも今なお技術革新が起こっている。撮影の失敗を大幅に低減したCR（computed radiography）が普及してすでに20年が経過するが、撮影媒体であるIP（imaging plate）には、今日でもなお高精度化、蛍光体の改善（例：柱状臭化セシウム蛍光体）が不断に行われている。
- 柱状臭化セシウム蛍光体の感度（DQE〈検出量子効率〉）は従来の粒子状蛍光体の1.5倍以上であり、同様の撮影線量であれば大幅な画質向上、同様の画質であれば大幅な線量の低減が可能になった。
- PACS（picture archiving communication system；コンピュータによる撮影画像の観察）が普及したことで、小さな被写体の新生児ではフィルム時代には考えられなかったほど拡大して画像を観察するようになった。この結果、写真のボケ、ノイズによる輪郭の消失など、写真のアラが如実にさらされるようになった。
- 従来見えていたと思っていた肺血管の辺縁、上腕骨の骨端の予備石灰化層も、実は十分には描出されていないことがわかった。柱状結晶のIPなど最新技術の導入により被ばく線量を増加させずに、これらの構造をより正確に描出することが可能になった。比較的安価に導入でき、その効果は明確で、費用対効果の高い技術である（④）。
- CTも近年の多検出器型CT（MDCT）の普及により、従来とはまったく異なった検査技法になったとって過言でないほどの進歩を示した。どの方向にもおおむね等しい分解能を有する等方向性ボリュームデータを非常に短時間に収集でき、要望に沿ってそこから望む画像を作成することが可能になっている（⑤）。
- コンピュータの処理能力の向上は、CTの画像再構成に逐次近似法という被ばく線量を数分の1にまで低減しうる大きな革新を予告している。その技術を利用した画像再構成法とノイズ低減法の一つはすでに近年の導入機種での利用が開始されており、ノイズレベルや被ばく線量を半分程度に低減することが可能となっている（⑥）。
- MRIでは体動は依然として大きな障害となるが、デジタルカメラの電子的な手ぶれ補正のように、冗長性をもたせたデータ収集を行うこと

⑤ MDCT からの多彩な画像再構成



左下肢の変形を生じた絞扼輪症候群の新生児。骨への影響を評価するためにCTを撮影。体表を3Dで表したボリュームレンダリング (VR) 像 (a)、軟部組織を透過で残し、骨の表面を3Dで表したVR像 (b)、正常の右脛骨を矢状断像で再構成した画像 (c)。同一のデータから多彩な画像を再構成でき、問題意識に応じた画像情報をわかりやすく要約する3D画像が作成できる。とくに再構成画像 (c) は、通常の単純X線写真を凌駕する情報量があるのではないかと思わせる。

⑥ 進化するCTの画像再構成技術

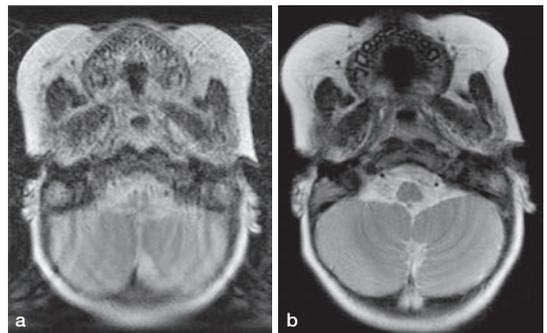


同一女児患者の骨盤内CT。従来技術による再構成法 (a) と、逐次近似再構成法やノイズ処理を利用した画像 (b; シーメンス社製 Saphire)。ノイズによる粒状性が相当程度、低減されていることがみてとれる。この場合は同一データから再構成している。同じノイズレベルの画像であれば撮影時に被ばく線量を半分程度に下げることが可能である。

で体動の影響を緩和することができる。ラジアルスキャン (ブレード™, プロペラ™) も、体動の抑制できない場合に相当の効果が期待できる (7)。

- 最新テクノロジーは、小児専用施設では採算面からその使用が抑えられ、最新機器を保有している総合病院でも十分な時間やスタッフがいな

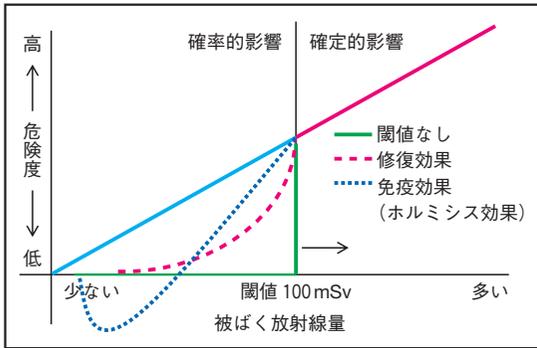
⑦ MRI の体動アーチファクトのラジアルスキャンによる低減



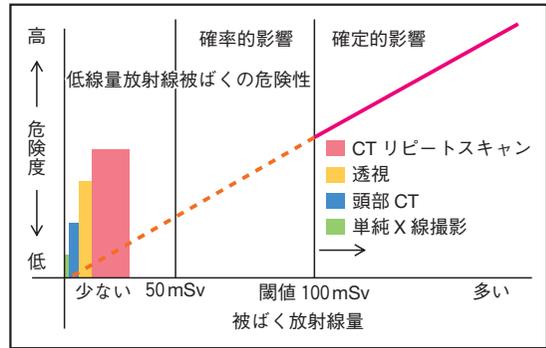
後頭蓋窩レベルのMRI, T2強調像の横断像。鎮静をかけ入眠している状態であるが、細かい体動が抑制できず診断に支障をきたす程度のアーチファクトが出現している (a)。アーチファクトを低減させるラジアルスキャンを行うことにより、診断に支障のないレベルまでアーチファクトを抑えることができる (b)。

いということで適用が進まない場合がある。しかし小児は機器の限界性能が試される難しい対象であるゆえに、最新のテクノロジー適用の利益は大きい。積極的な導入を図るように小児科の医師も病院側に要望してほしい。

9 LNT 仮説 (1)



10 LNT 仮説 (2)



どんなに微量になっても確率的影響はあるとする、安全サイドに立った放射線防護上の仮説

低線量被ばくでの発がんリスク推定

- 近年、広島・長崎の原爆被害者の長期疫学調査や、低線量における人体への影響の研究が進み、小児は成人より放射線に対する感受性が著しく高いこと、成人より平均余命が長く放射線障害が発現する機会がより多くなること、よって放射線誘発がんを発症するリスクは小児のほうが成人に比し数倍高くなる可能性があることなどがわかってきた。
- ICRP は 1Gy の被ばくを受けた患者の生涯がん死亡率を 1 万人分の 600 程度と推定している。すなわち、CT などの画像診断における被ばく線量 10mSv では 0.06% となる²⁾。
- 現実には、低線量で被ばくした患児が“がん年齢”に達するころ、その 30% 程度は放射線と関係なく発がんする。長い生涯には喫煙（受動も含む）、飲酒、肥満などの発がん因子の影響も多数あり、正確かつ純粋な医療被ばくの影響を推定することは不可能である。
- これまでに CT 被ばくが原因で発がん・死亡が確定した症例は 1 例も報告されていない。このように、患児個人としては画像情報により疾患の有無を判定する利益のほうが、ごく小さい CT 被ばくのリスクに勝るため、検査目的が医学的に妥当であれば、医療被ばくは正当化されていると思われる。一方、公衆衛生学上懸念されていることは、こうした個々には小さなリスクをもった子どもたちが大規模に増加している点である。

小児放射線被ばくをいかに減らすか：小児の体格に合った CT 撮影条件とは

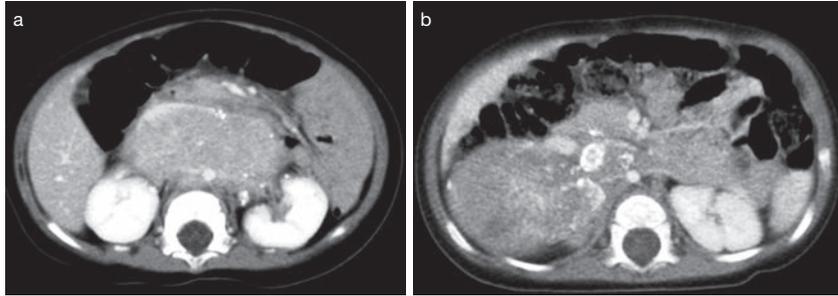
- 医療の現場では、薬剤の投与量や、気管挿管チューブや胃管のサイズなど、小児の小さな体格に見合うように減量したり、サイズダウンしたりして使用されているものが多い。ところが、CT の撮影条件に関しては、以前は高線量、高画質が美德とされ、また、CT の画像は単純 X 線撮影に比し線量過多 (over exposure) に気づきにくいという画質の特性もあり、小児の撮影も成人と同様の設定で行われてきた。
- ところが、線量をある程度まで下げても CT の画質は診断に大きな影響がないこともわかり (11 12)、小児の体重に見合った低線量の条件で CT を撮影しようというのが米国の被ばく低減キャンペーンのコンセプト ALARA (As low as reasonably achievable) の本質である³⁾。ALARA は、日本語では“合理的に達成できる限り低線量で撮影しよう”という意味合いで、小児被ばく低減キャンペーンの合い言葉である。

具体的な小児への CT 被ばく対策

現場の医師による対策

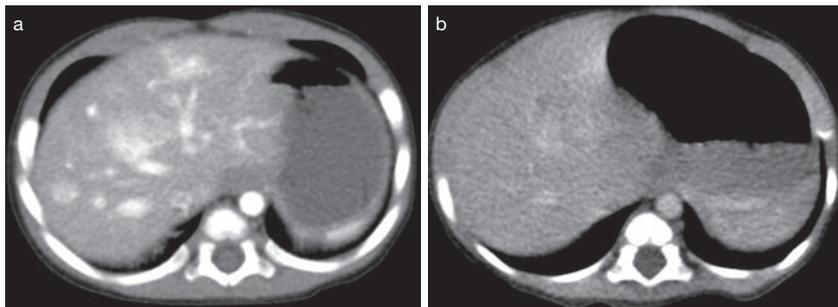
- 日本では、成人における肝細胞がんの診断プロトコル（造影前の単純 CT、造影剤投与後の早期相、門脈相、晚期相撮影）が普及している。このプロトコルが小児の腹部 CT にも適応され

⑪ 神経芽腫症例にみる ALARA 原則



a: 国立成育医療センターが開院してまもないころの CT. 120kV, 200mA. b: 2007 年, 低被ばく CT プロトコルにて行っている. 120kV, 70mA. 70%放射線被ばくを抑えても神経芽腫の診断にはならん支障はない.

⑫ 不適切な ALARA の実践 (0 歳 2 か月, 血管内皮腫)

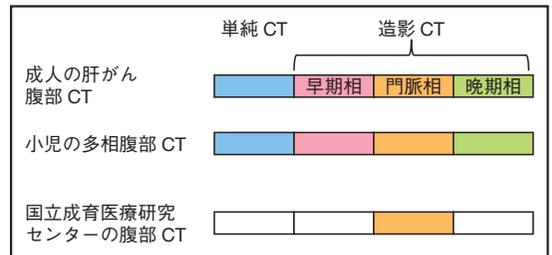


a: 120kV, 30mAs, b: 2 か月後 120kV, 15mAs. b は胸部 CT のプロトコルで腹部まで撮影. a の半分の線量で施行. 線量不足のため正確な診断が困難.

ているケースが多く見受けられる.

- しかし実際には, 小児疾患では単純・造影 CT の両者が必須なものや多相撮影が必須なものは血管奇形, 肝芽腫術前などに限られ, 通常は造影後の多相撮影は不要である. 胸腹部は, 造影 CT の実質相 1 相のみの撮影で十分診断が可能である. このように, 診断に必須ではない単純 CT と造影早期相を割愛するだけで, CT 被ばくは 1/3 に低減可能である.
- スキャン範囲についても同様で, 腹部の検査では習慣的に肝臓上縁から恥骨までスキャンされることが多いが, たとえば急性虫垂炎では骨盤のみに限定すれば被ばくは半減できる.
- 究極の被ばく低減方法は, 目的が曖昧で不適切と思うものは CT 検査をしないことである. また, 検査自体には利益があるものでも, 1 回の検査中に不必要なスキャンを行っている場合があり, スキャン回数・範囲を減らす努力で CT 被ばくを減らすことができる.

⑬ ALARA コンセプトの一例



これだけで, 2/3~3/4 の線量を低減できる.

- 放射線科医以外の内科, 外科, 小児科, 小児外科などの臨床医も, 小児 CT 検査に立ち会う場合, 多くの胸腹部は造影 CT の実質相 (門脈相) 1 相の撮影のみで十分診断できることを念頭に, ALARA コンセプトを実践されたい (⑬).

CT 装置の自動調節による対策

- 近年, 患者の体格に合わせて管電流を自動的に加減する制御装置が搭載されている CT 機種が普及している. これは管電流自動制御機能 AEC

しょうに かりんしょう
小児科臨床ピクセス 30

しょうに がぞうしんだん
小児画像診断

2012年5月15日 初版第1刷発行 ©

〔検印省略〕

総編集 ———— いがらし たかし
五十嵐 隆

専門編集 ———— おぐまえいじ
小熊栄二

発行者 ———— 平田 直

発行所 ———— 株式会社 中山書店
〒113-8666 東京都文京区白山1-25-14
TEL 03-3813-1100 (代表) 振替 00130-5-196565
<http://www.nakayamashoten.co.jp/>

本文デザイン ———— 藤岡雅史(プロジェクト・エス)

装丁 ———— 花本浩一(麒麟三隻館)

カバー装画 ———— 安田みつえ

印刷・製本 ———— 中央印刷株式会社

Published by Nakayama Shoten Co., Ltd.

Printed in Japan

ISBN 978-4-521-73317-3

落丁・乱丁の場合はお取り替え致します

本書の複製権・上映権・譲渡権・公衆送信権（送信可能化権を含む）は株式会社中山書店が保有します。

 < (社) 出版者著作権管理機構委託出版物 >

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。

複写される場合は、そのつど事前に、(社) 出版者著作権管理機構

(TEL 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, e-mail: info@jcopy.or.jp) の許諾を得てください。

本書をスキャン・デジタルデータ化するなどの複製を無承諾で行う行為は、著作権法上での限られた例外（「私的使用のための複製」など）を除き著作権法違反となります。なお、大学、病院、企業などにおいて、内部的に業務上使用する目的で上記の行為を行うことは、私的使用には該当せず違法です。また私的使用のためであっても、代行業者等の第三者に依頼して使用する本人以外の者が上記の行為を行うことは違法です。



9784521733173



1923347095005

ISBN978-4-521-73317-3

C3347 ¥9500E

定価(本体9,500円+税)

the compass for clinical pediatrics

小児科臨床ピクシス[®]30

小児画像診断