

2. 被ばくに関する基本的な考え方

宮寄 治 国立成育医療研究センター放射線診療部

本稿では、小児の画像診断を行う上で避けることのできない医療被ばくにつき、CTを中心に正当化、最適化、放射線の影響、発がんのリスクについて、さまざまなリスクの考え方を解説する。内容は「基本的な考え」というタイトルに則ったものであるが、いずれも新しい論文や概念を盛り込んでおり、この領域をすでに熟知している読者にもご一読いただければ幸いである。

正当化 (justification)

医療被ばくの原則として、個々の患者に対して正当化と最適化がなされていなければならない。X線を使用する放射線診断は被ばくのリスクを避けられないが、その検査をすることで病気を発見できるというリスクを上回る利点 (benefit) がある場合に正当化される。一方、最適化とは患者の放射線量を医療目的に見合うよう管理することである。

国際放射線防護委員会 (以下、ICRP) の2007年の勧告では、正当化について以下の3つの段階が挙げられている¹⁾。

レベル1：医療に放射線を利用すること自体の正当化

レベル2：ある症状を呈する患者に一定の医療行為を行う正当化

レベル3：個別の患者に特定の医療行為を適応する正当化

この中で、レベル1は一般的な正当化であり、すでに放射線診療は社会に認知されている。レベル2は国や国際的な専門家集団がその放射線診療が適切であるか判断する。レベル3は放射線診療の実施が適切かどうか、放射線専門医や臨床医が患者個々について判断するため問題にならない。そのため、レベル2が現在における検査の正当性を吟味するポイントと思われる¹⁾。実際の診療では、例えば「意識障害のある患者が来院した場合、頭部CTを行う適応がある」といった一般原則をリストアップした臨床放射線の最適利用のためのガイドラインがこ

れに相当する。

本邦では、2013年に日本医学放射線学会/日本放射線専門医会・医会 (日医放/専門医会) による「画像診断ガイドライン 2013年版」が出版されている。残念ながら、この書籍には小児という固有のセクションはなく、“軽度の頭部外傷を有する小児患者においてCTを推奨するか? ²⁾”と“小児の急性虫垂炎の画像診断法ではどのような検査法を推奨するか? ³⁾”という日常で高頻度に遭遇する2つの項目がある。

同ガイドラインによれば、軽微な頭部外傷に対するCTは、“無効あるいは害を示す科学的根拠あり”とされ、ガイドライン上で紹介されているCHALICE (children head injury algorithm for the prediction of important clinical events) 基準 (表1) などの基準で評価した上で、該当項目が1つ以上あった場合にCTを行うべきとしている^{2),4)}。小児の急性虫垂炎の画像診断については、被ばくの考慮、アクセスの簡便さなどから超音波検査を第一選択とし、超音波検査で診断が不明な場合にCTを行うよう推奨している³⁾。現実問題として、24時間365日、均質な小児虫垂炎の超音波診断を行える施設は少ないと思われる。せめて日勤帯において施行されることが望まれる。

もう一つの問題点は、小児科医、小児外科医などから上記の2疾患以外のあらゆる疾患の検査依頼を受けるが、それらの多岐にわたるリクエストを確認するためのガイドラインは存在しない。イン

表1 「画像診断ガイドライン 2013年版」推奨のCHALICE基準 (参考文献2)より引用改変)

- ・5分以上の意識消失
- ・5分以上の健忘
- ・傾眠傾向
- ・3回以上の嘔吐
- ・虐待の疑い
- ・てんかんの既往歴のない患者でのけいれん
- ・GCS<14, 1歳未満ではGCS<15
- ・開放骨折, 陥没骨折の疑い, または大泉門膨隆
- ・頭蓋底骨折の所見(耳出血, バンダの目徴候, 髄液漏, バトル徴候)
- ・神経学的異常
- ・1歳未満では5cm以上の皮下血腫や打撲痕
- ・高エネルギー外傷などの危険な受傷帰転



図1 RCRが策定した放射線検査のガイドライン (第7版, 2012年)

検査・診断上の用途	検査	線量	検査(グレード)	コメント
小児の(頭蓋底)の検査 (50%未満)	脳脊髄造影	S/L	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は検査目的の達成および副作用の軽減、診断の有用性および検査適宜性によって決定される。
	内視鏡検査 (CT/PTでの検査)	S/L	特種検査 [B]	上記および下部消化管の内視鏡検査は、診断目的でのみ実施する検査として認められるべきであり、下部消化管の検査目的でのみ実施されるべき検査である。逆行性造影検査、カプセル内視鏡または小腸鏡検査を併用する。
	経腸造影検査 (Tc-99m MDP)	Y/Y	特種検査 [C]	経腸造影検査 (Tc-99m MDP) を利用し、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	経腸造影検査	Y	特種検査 [C]	経腸造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	経腸造影検査 (CT/造影剤を伴った造影検査)	Y/Y/Y	特種検査 [C]	経腸造影検査 (CT/造影剤を伴った造影検査) は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
小児の急症検査 (HIE, S/P, G/L, S/D, 50%未満)	脳脊髄造影	S/L	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	CT	Y/Y/Y	特種検査 [B]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	MRI	S/L	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
小児の神経症 (成人の神経症) (HIE, S/P, G/L, S/D, 50%未満)	脳脊髄造影	Y	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	CT	Y/Y/Y	特種検査 [B]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	MRI	S/L	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	経腸造影検査	Y	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	注腸造影検査	Y	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	経腸造影検査	S/L	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	MRI	S/L	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
小児の神経症 (成人の神経症) (HIE, S/P, G/L, S/D, 50%未満)	脳脊髄造影	S/L	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	CT	Y/Y/Y	特種検査 [B]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。
	MRI	S/L	特種検査 [C]	脳脊髄造影検査は、ほとんどの患者をばい菌にする。経腸造影検査の利益は不明である。

図2 RCRが策定した放射線検査のガイドラインは20ページにわたり、46の小児疾患の臨床症状が記載されており日医放/専門医会やACRのガイドラインより多い。

ターネット上で米国のACR (American College of Radiology) のガイドラインである“Appropriateness Criteria”にアクセスすると、11項目の小児のトピックスが掲載されている⁵⁾。日本のガイドラインの2項目よりは多いが、11項目プラスα程度である。

一方、英国王立放射線科専門医会(以下、RCR)の“iRefer”を和訳したポケット版のガイドラインが本誌出版社であるインナービジョンから2014年3月に発行されている⁶⁾(図1)。こちらは20ページにわたり、46の臨床症状が記載されており、日医放/専門医会やACRのガイドラインより多いが、それでも小児疾患全部ではない(図2)。

最適化 (optimization)

最適化の本質は、患者の被ばく線量が診療目的に見合うよう管理することである。X線検査の場合は、画質と線量のバランスをとることと認識される¹⁾。ある病院で行われているX線検査が、

ほかの病院で行われている検査と比較して被ばく線量がかけ離れている場合、その病院は防護の最適化がなされていないと思われる。このように、それぞれの医療機関が診断に用いる放射線量を比較し、それと大きく違うことを確認することにより最適化を進めるツールが、診断参考レベル (diagnostic reference level : DRL) である。DRLは、国や地域や目的(小児病院など)によって異なる集団から調査された線量の分布の、75パーセンタイル(3/4)に相当する値を設定している(図3)。ある施設で行われている検査の被ばく線量がDRLより高い値に相当した場合、そのプロトコルを見直す必要があり、そのように是正する施設が増えることで集団として線量分布が図3bのように左方移動することを目的としている。

米国や欧州などでは、CTのみならず単純X線撮影などもDRLが調査され、論文やガイドラインとして公表されている。本邦におけるDRLはCT、単純X線撮影、核医学、透視検査、アンギオグラフィ

など、小児、成人共にいまだ報告されておらず、現在は他国から報告されたDRLを参照する以外にDRLを用いた最適化を行うことはできない。わが国のDRLの設定については、2014年に医療被ばく研究情報ネットワーク (Japan Network for Research and Information on Medical Exposures : J-RIME) を中心にワーキンググループが発足している。現在(2015年初頭)、2015年内をめどに発表準備中である。

DRLは、画質については何ら示唆を与えるものではないが、画質と線量のバランスをとるための指標が確立されていない現在、画像診断における最適化の有用なツールとして位置づけられている¹⁾。被ばく線量が多く、検査頻度の高い小児CTの被ばく管理が問題となるが、現在世界中で使用されているDRLの指標は volumetric CT dose indices (以下、CTDIvol) と dose length product (以下、DLP) である。

そのほか、高線量の施設を選り分ける目的のDRL以外の指標として、ACRと米国医学物理学会(以下、AAPM)は achievable dose (以下、AD) という指標の併用を提唱している⁷⁾。ADは、ある集団の線量調査における平均値、またはおおよその中央値を示している。つまり半分の施設はADに設定されている線量より高く、半分は低い線量で行っている。各施設は、DRLを指標に高線量に注意して日々の線量管理を行い、ADを指標に画質を維持するプロトコルで検査を行うことで最適化を実現できる(図4)。表2にACR-AAPMのDRL