

10

小 児

## 小児領域の標準的撮像法

### 総論

#### 1 はじめに

余命が長く将来を担う子ども達に安易な検査をしてはならない。安易で不適切な画像検査は、正当化と最適化をきちんとしていないことから発生する。小児の画像診断の基本的な考え方と進め方に関しては、本ガイドライン冒頭の総論（p.32～35）に述べたので一読していただきたい。対象が成人でも本来は同じではあるが、特に小児では「正当化と最適化」を厳密にしなければならない。

小児画像診断の対象は全臓器にわたるので、各モダリティの検査法をさらに年齢別、疾患別に全てを詳述することは、小児の章の巻頭としての役割をはるかに超えるものとなるので、ここでは基本的な考え方を総論的に述べる。

#### 2 画像検査の正当化：best test first！

正当化はその検査が本当に必要かどうかを検討することから始まり、検査による侵襲などのリスクが患者の診療に寄与するベネフィットより小さいことが条件になる。さらにこの条件を満たしたとしても、検査目的に最も適した検査法を最初に行うことが肝要である。特に小児では、被ばくを伴うCTなどの検査と同等の診断能が得られるのであれば超音波検査やMRIといった被ばくを伴わない検査に置き換えることができないか、と検査法の選択を検討することも重要な「正当化」である。このプロセスが小児画像診断の正当化となる。まさに、最良の検査をまず行うこと（best test first）と同義である。

### 各論

#### 1 小児CTの最適化：not more nor less

小児放射線検査の最適化は、ALARA（as low as reasonably achievable<sup>1)</sup>）の原則に基づき行われる。小児画像診断の最適化の中でも、検査数が多く短時間に行えるが被ばくを伴うCTの最適化は最も重要である。一番強調したいことは、小児CTの基本は単相撮影であるということである。単純+造影CTが基本という過去の基準にとらわれてはならない。進歩の著しい現代のCT装置では造影CTのみでも肺野も骨も石灰化も評価可能である。もちろん肺野や気道だけの評価、中耳内耳を含む骨構造の評価では単純CTだけで十分であり、躯幹の腫瘍、炎症性疾患疑いの場合には単相の造影CTが大原則である。また、けいれん重積や意識障害の時などの救急の頭部CTは単純CTのみが原則であり、所見がなく神経症状が続く場合にはMRIの適応であるが、それができない場合には再度単純CTを行う。特殊な場合（血管奇形などを疑う理由がある場合など）にのみ単純を省いた造影CTを行う。造影の多相撮影の適応は、術前や高度外傷など動脈の情報が必要なごく限られた場合のみである。

CTの撮像条件は、必要な情報が得られる最低限の線量を原則とし、機械の性能、患者の体格、検査の目的によって、成人とは別に複数の小児専用のプロトコルを作成しておく必要がある。もちろん、必要な情報が得られないほどの低線量を用いて診断情報を損なうのは本末転倒であるので、専門知識を持って診療放射線技師と協力し、多すぎず少なすぎない設定を行うことが必要である。

単相撮影を原則とする、患者の体格と状況に合わせた多様で適切な小児CTプロトコルを備えておくことが、小児CT検査最適化の本質であり、「多すぎず少なすぎない（not more nor less）」の原則を守っていただきたい。自施設の線量を振り返る目安となる診断参考レベルに関しては本ガイドライン冒頭の総論（p.33）に記した。

## 2 小児 MRI の最適化

MRIは被ばくがなく濃度分解能に優れ、造影剤投与の必要性も少ないことから、小児でもっと活用されるべき検査であるが、検査時間が長いことから、じっとできない年齢の子どもでは適切な固定や鎮静処置が必要となる。鎮静処置にあたっては緊急対応のできる体制の構築は必須で、関係学会の出しているMRI鎮静のための提言(2013年5月初版, 2020年2月改訂, 4月改訂版出版)<sup>2)</sup>を参考に体制を整えるべきである。

小児は体格が小さいことが多く、呼吸数、心拍数も成人より多い。さらに息止め検査は通常困難であるなど、MRIにとっては成人のプロトコールでは対応できない高難度の事項が多い。これらを克服するためには、胸郭や横隔膜の動きや心拍動からのアーチファクトが出にくい radial sampling などの k-space sampling, navigator echo などを用いた呼吸同期, PROPELLER/BLADFE などを用いた体動補正法などを、各々のシーケンス、撮像方向に合わせて、使用している機種ごとに最適に組み合わせて使用する必要がある。また、中枢においても躯幹においても、骨軟部領域においても拡散強調像およびそこから得られるADC値は組織や病態に関する有用な情報をもたらすことが多いのでルーチンで撮像することをおすすめする。

脳(髄鞘化)や骨髄(赤色髄から黄色髄への変化)は、新生児期から小児期にかけて生理的信号変化が起こるため、それに合わせたシーケンスの工夫が必要である。早産児、新生児の脳では水分含有量が多いため、髄液とのコントラストが付きにくいので、特に1.5T装置においてFSE法でT2強調像を撮像するときにはeffective TEを成人や年長児より長く(最低でも120以上)設定する必要がある。また、早産児の脳を評価するときは必ず修正週数・修正月齢(出生時の在胎週数に暦年齢を足したもの)を基準として診断にあたる必要がある<sup>3)</sup>。

ガドリニウム造影剤の使用は、投与により追加情報が得られるかをきちんと検討してからにすべきである。中枢神経系MRIでは、CTのヨード造影剤と同様に脳血管関門の破綻部位が造影増強されるが、中枢神経系以外の検査では、元々組織分解能の優れたMRIにおいて、CT造影剤のような解剖学的コントラストを付けるという意義は乏しいため、投与による付加情報は限られる。したがって、中枢神経系の検査にしても躯幹や骨軟部の検査においても、腫瘍あるいは炎症疾患において漫然と治療後の効果判定などで、毎回造影剤を使用した検査を行うべきではなく、特に小児においては遊離ガドリニウムの組織蓄積効果を考えて適応は厳密にすべきである。脳におけるガドリニウム造影剤の使用において、単純検査で所見が正常であった場合の画像異常の検出はわずか0.3%にすぎず、臨床的な付加情報とはならなかったという報告もされている<sup>4)</sup>。

## 3 小児超音波検査の最適化

体格が小さく、皮下脂肪・内臓脂肪ともに大幅に少ない小児では、成人よりも超音波検査の診断における有用性は大きい。体格が小さいことで高周波探触子を使用しても深部まで観察できるので、空間分解能がCTなどに比較して圧倒的に優れた画像を得ることができる。もちろん協力の得られない子どもに超音波検査を施行するには少しの工夫あるいは訓練が必要であるが、被ばくもなく侵襲がないためトライしない理由はないと考えられる。

また、成人では考えられない適応部位として、胸腺などの縦隔臓器(胸骨近くの肋間や胸骨上から探触子を当てる)や新生児期から乳児期早期にかけての頭蓋の泉門や縫合を音響窓にしての頭蓋内超音波検査や脊椎超音波検査(背側から直接走査する・骨化が強くなってきた場合には椎間から観察する)があり、dimpleなどのスクリーニングとして有用である。

## 4 小児核医学の最適化

核医学は他の画像検査では得られない情報をもたらしてくれる有用なモダリティであるが、被ばくを伴う検査であるので適応に関してはよく検討して行う必要がある。例えば不明熱での<sup>67</sup>Gaシンチグラフィの施行などは過去の遺物と言っても過言ではなく、少なくとも第一選択になる検査法ではない。最適化はALARAの原則<sup>1)</sup>に従う。本ガイドライン内の核医学の章も参考にし、小児検査の施行法・投与量・適応疾患に関しては、小児核医学適正施行のコンセンサスガイドライン<sup>5)</sup>を参照して検査を行うことを推奨する。

## ■ まとめ：放射線診断専門医の役割

小児は放射線被ばくによる発がんリスクも高い上に、造影剤などの薬剤の影響（蓄積効果やその結果の副作用など）も60～80年以上の長い余命で考えなければならない。したがって小児画像検査は専門医の見識を持って厳選され、最もふさわしい方法で低侵襲かつ必要な診断情報を損なわないような形で行われなければならない。これは放射線診断専門医がその能力を最も発揮できる場所であり、専門知識を駆使しての積極的関与が未来を担う子ども達のために直接貢献する領域である。

### | 文献・参考にした二次資料 |

- 1) Multidisciplinary conference organized by the Society of Pediatric Radiology : The ALARA (as low as reasonably achievable) concept in pediatric CT intelligent dose reduction. *Pediatr Radiol* 32 : 217-313, 2001
- 2) 日本小児科学会, 日本小児麻酔学会, 日本小児放射線学会 : MRI 検査時の鎮静に関する共同提言. *日児誌* 124 (4) : 771-805, 2020
- 3) 相田典子 : よくわかる脳MRI 第3版 : 小児MRIでの注意点と正常像. 学研メディカル秀潤社, pp.316-323, 2012
- 4) Dunger D et al : Do we need gadolinium-based contrast medium for brain magnetic resonance imaging in children ? *Pediatr Radiol* 48 : 858-846, 2018
- 5) 日本核医学会 小児核医学検査適正施行検討委員会 : 小児核医学検査適正施行のコンセンサスガイドライン. 日本核医学会, 2013

## 小児の軽症頭部外傷において CT はどのような場合に推奨されるか？

**ステートメント** 小児の軽症頭部外傷においては、PECARN による頭部 CT 適応基準、CHALICE rule、CATCH rule などの基準を使用して頭蓋内損傷のリスクを評価し、リスクが低い場合には CT を行うべきではない。

### 背景

小児の頭部打撲に代表される外傷は救急外来ではよくみられる疾患であり、そのほとんどは経過観察のみで対応可能な軽症例である。CT で異常所見があるものは少なく、手術に至る症例はさらに少ない。軽度の頭部外傷に CT は必要であるか、被ばくのリスクも考慮し、適応を判断する必要がある。

### 解説

小児の軽症頭部外傷において、頭蓋内損傷のリスクを予測し CT の適応を絞ろうとする研究は以前より行われてきたが、結果は様々であり、どのような症例に対して CT を行うべきか統一された見解は示されてこなかった<sup>1-8)</sup>。エビデンスレベルの高い基準としては以下の3つがある<sup>9,10)</sup>。

PECARN (pediatric emergency care applied research network) による頭部 CT 適応基準<sup>11,12)</sup> (表 1) は対象を 2 歳未満と 2~18 歳に区分して Glasgow Coma scale (GCS) score や意識状態などから CT の推奨を判定する。GCS 13 点以下の重症例は対象としていない。

CHALICE (children's head injury algorithm for the prediction of important clinical events) rule (表 2) は 2~16 歳の頭部外傷患者を対象とした基準で、米国の画像診断ガイドラインや英国の診療ガイドラインのものになっており、臨床的に広く活用されている。

外傷後 24 時間以内に GCS13~15 で臨床症状に異常のある 0~16 歳の小児を対象とした CATCH (Canadian assessment of tomography for childhood head injury) rule (2018 年に項目を追加した CATCH2 rule も公開されている)<sup>13)</sup> も、大規模多施設コホート研究による感度の高い基準として評価されている (表 3)。

実際の臨床では、現状に即してこれらの基準を選択して適応を判断することが望ましいが、担当医の判断や家族の希望、各施設における実情も十分考慮する必要がある。

2019 年には日本小児神経学会、日本小児神経外科学会、日本小児救急医学会、日本小児放射線学会によって、「小児頭部外傷時の CT 撮影基準の提言・指針」が作成された。前述した基準と図表、それらを使用する

**表 1** PECARN による頭部 CT 適応基準  
(頭部外傷 GCS14~15 に対する CT 検査の適応)

<p>&lt;2 歳未満&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ GCS=14, 意識変容, もしくは頭蓋骨骨折の触知</li> <li>・ 前頭部以外の皮下血腫, 5 秒以上の意識消失, 危険な受傷機転, もしくは両親から見て普段と様子が違う</li> </ul> <p>&lt;2 歳以上&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ GCS=14, 意識変容, もしくは頭蓋底骨折の所見</li> <li>・ 意識消失, 嘔吐, 危険な受傷機転, もしくは激しい頭痛</li> </ul>
--

上記に該当しない場合 CT は推奨されない

表2 CHALICE rule

- ・ 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, パンダの目徴候, 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 [ある程度のスピード (時速64km) 以上での交通事故, 3m以上の高さからの落下, スピードの速い物との衝突] などの危険な受傷機転

上記の1項目でも該当する場合にはCTによる精査が必要である

表3 CATCH rule, CATCH2 rule (軽度の頭部外傷で, 診察時の意識レベルがGCS13~15に対するCT検査の適応)

- ① 外傷後2時間時点のGCS scoreが15点未満
- ② 開放性, もしくは陥没骨折の疑い
- ③ 悪化する頭痛
- ④ 診察時の興奮状態
- ⑤ 頭蓋底骨折の疑い
- ⑥ 頭皮に大きな血腫がある
- ⑦ 高エネルギー外傷
- ⑧ 4回以上の嘔吐

7項目 (CATCH2 rule では⑧を含めた8項目) 中1つでも該当する項目があれば, 頭部CT検査が推奨される

際の注意点, CT撮影時の被ばく低減の工夫, 基準に則ってCT撮像の必要なく帰宅される家族への文書説明例などを含めて公開されており, 参考にされたい。

## ■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedにより children, minor head injury, trauma, CTのキーワードを用いて検索した。

また, 下記を二次資料として参考にした。

- 1) Medina L et al (eds.) : Evidence-based imaging in pediatrics. Springer, 2010
- 2) Kuppermann N et al : Identification of children at very low risk of clinically-important brain injuries after head trauma : a prospective cohort study. Lancet 374 : 1160-1170, 2009
- 3) Dunning J et al : Derivation of the children's head injury algorithm for the prediction of important clinical events decision rule for head injury in children. Arch Dis Child 91 : 885-891, 2006
- 4) Osmond MH et al : CATCH : a clinical decision rule for the use of computed tomography in children with minor head injury. CMAJ 182 : 341-348, 2010
- 5) 日本小児神経学会ほか 編 : 小児頭部外傷時のCT撮影基準の提言・指針. 日本小児神経学会, 2019

## | 文献 |

- 1) Greenes DS, Schutzman SA : Clinical indicators of intracranial injury in head-injured infants. *Pediatrics* 104 : 861-867, 1999
- 2) Palchak MJ et al : A decision rule for identifying children at low risk for brain injuries after blunt head trauma. *Ann Emerg Med* 42 : 492-506, 2003
- 3) Haydel MJ, Shembekar AD : Prediction of intracranial injury in children aged five years and older with loss of consciousness after minor head injury due to nontrivial mechanisms. *Ann Emerg Med* 42 : 507-514, 2003
- 4) Oman JA et al : Performance of a decision rule to predict need for computed tomography among children with blunt head trauma. *Pediatrics* 117 : e238-246, 2006
- 5) Boran BO et al : Evaluation of mild head injury in a pediatric population. *Pediatr Neurosurg* 42 : 203-207, 2006
- 6) Atabaki SM et al : A clinical decision rule for cranial computed tomography in minor pediatric head trauma. *Arch Pediatr Adolesc Med* 162 : 439-445, 2008
- 7) Dunning J et al : A meta-analysis of variables that predict significant intracranial injury in minor head trauma. *Arch Dis Child* 89 : 653-659, 2004
- 8) Maguire JL et al : Should a head-injured child receive a head CT scan? : a systematic review of clinical prediction rules. *Pediatrics* 124 : e145-154, 2009
- 9) Babl FE et al : Accuracy of PECARN, CATCH, and CHALICE head injury decision rules in children : a prospective cohort study. *Lancet* 389 : 2393-2402, 2017
- 10) Mastrangelo M, Midulla F : Minor head trauma in the pediatric emergency department : decision making nodes. *Curr Pediatr Rev* 13 : 92-99, 2017
- 11) Pickering A et al : Clinical decision rules for children with minor head injury : a systematic review. *Arch Dis Child* 96 : 414-421, 2011
- 12) Mihindu E et al : Computed tomography of the head in children with mild traumatic brain injury. *Am Surg* 80 : 841-843, 2014
- 13) Osmond MH et al : Validation and refinement of a clinical decision rule for the use of computed tomography in children with minor head injury in the emergency department. *CMAJ* 190 : 816-822, 2018

## 熱性けいれんが疑われる場合において神経画像検査は推奨されるか？

## ステートメント

複雑型熱性けいれんや頻回発作、神経脱落症状を伴う場合の画像検査としては、被ばくがないこと、CTよりも病変の検出能が高いことからMRIが推奨される。ただし、鎮静が必要な患者ではそのリスクを考慮して判断する。

単純型熱性けいれんと臨床的に確実に診断される場合には、画像診断（CT・MRI）の必要性は少ない。しかし、背景に基礎疾患として先天代謝異常や自己免疫性疾患が関与している可能性もあるため、複雑型熱性けいれんの可能性が残される場合や、頻回発作、神経脱落症状を伴う場合には、精密検査として頭部MRIを考慮してもよい。腰椎穿刺前検査として頭部CTの意義があり、施行を考慮してもよい。

## ■ 背景

熱性けいれんの指導ガイドラインおよび日本小児神経学会による熱性けいれん診療ガイドライン 2015によれば、熱性けいれんすなわち febrile seizure とは主に生後6～60カ月までの乳幼児におこる、通常38℃以上の発熱に伴う発作性疾患（けいれん、非けいれん性発作を含む）で、髄膜炎などの中枢神経感染症、代謝疾患、その他明らかな発作の原因疾患のみられないものを指す。てんかんの既往のあるものは除外される。

熱性けいれんの既往がある小児の90%以上がその後てんかんは来さない。基本的には一過性の良性疾患と考えられるが、速やかな積極的治療を要する脳症・脳炎などの鑑別が重要であり、発作を繰り返す場合には器質的異常の除外も必要である。熱性けいれんが疑われる場合に画像診断を行うべきか否か、および鑑別すべき重要な疾患について検討した。

## ■ 解説

熱性けいれんは小児期のけいれん性疾患では最も遭遇頻度は高いとされる。本邦における有病率は7～8%との報告があり、欧米（2～5%）に比してやや高い。熱性けいれんに伴うけいれん発作は典型的には全般性強直間代発作など全般けいれん発作である。熱性けいれんのうち、持続時間が15分未満の全般性の発作で、24時間以内に複数回復しないものを単純型熱性けいれん（simple febrile seizure）、①焦点性発作（部分発作）の要素、②15分以上持続する発作、③一発熱機会内の通常は24時間以内に複数回復する発作、の3項目の1つ以上をもつものを複雑型熱性けいれん（complex febrile seizure）とよぶ。

熱性けいれんの再発率は30%前後とされている。危険因子は、①両親いずれかの熱性けいれんの既往、②1歳未満の発症、③短時間の発熱発作間隔（概ね1時間以内）、④発作時体温が39℃以下、である。その後のてんかん発症率は低いが、危険因子としては、①熱性けいれん発症前の神経学的異常、②両親・同胞におけるてんかんの家族歴、③複雑型熱性けいれん、④短時間の発熱発作間隔（概ね1時間以内）が挙げられる。複雑型熱性けいれんは、てんかん発症の危険因子とされる。

単純型熱性けいれんを呈する場合の熱性けいれん患児に画像診断（CTやMRI）を推奨する高いエビデンスレベルの報告は見当たらない。米国小児科学会からも単純型熱性けいれんを呈する熱性けいれんに対しては、CTやMRI検査の施行を推奨しないという勧告が出されている。一方、複雑型熱性けいれんでは画像に異常所見を認めることがある<sup>1,2)</sup>。

熱性けいれんと鑑別が必要な疾患としては、細菌性・ウイルス性脳炎/髄膜炎、結核性髄膜炎などの脳



炎・髄膜炎や硬膜下・硬膜外蓄膿/膿瘍、脳膿瘍および急性脳症などが挙げられる。対象が小児であることから、臨床所見が取りにくいことも間々あり画像診断の果たす役割は少なくない。頻度は熱性けいれんに比して低いものの、これらの疾患の診断・治療の遅れは生命予後や機能予後の低下に繋がり、早期の診断・治療が重要である。

先に挙げたガイドラインには、腰椎穿刺はルーチンに行うものではないが、脳炎・髄膜炎が疑わしい場合には腰椎穿刺を積極的に行うべきと記載されており、腰椎穿刺が禁忌となる頭蓋内占拠性病変の除外目的としても画像診断は一定の意義がある。

画像検査としては、MRIは被ばくがないこと、CTよりも病変の感度も高いことから推奨される。ただし、鎮静が必要な患者ではそのリスクを考慮し、MRI鎮静のための共同提言を参考として十分な体制で施行することが望ましい。また、頭蓋内占拠性病変や頭蓋内圧亢進の否定を簡便に行う方法として、急性期のCTは有用である。

急性脳症<sup>3)</sup>は、高熱を伴うウイルス感染症の急性期にけいれんや急激な意識障害を呈する疾患である。感染ウイルスの病原体と臨床病理学的分類は1対1対応をしていない。つまり、特定のウイルス感染が様々な臨床病理像を惹起し、逆に様々なウイルスが同じ臨床病理学像を呈しうる。また、急性脳症は先天代謝異常、細菌感染や猫ひっかき病やQ熱など非ウイルス性感染、自己免疫疾患などの感染症以外の疾患でもおこることがある<sup>3-7)</sup>。初発で意識障害がない場合、けいれん重積型（二相性）急性脳症（acute encephalopathy with biphasic seizures and late reduced diffusion：AESD）と熱性けいれんとの鑑別は困難であり、第4～5病日に拡散強調像で皮質下白質高信号（bright tree appearance）を捉えることができれば診断の契機となる<sup>3)</sup>。いわゆる可逆性脳梁膨大部病変は、薬剤投与後を含めて様々な病態で出現し、急性脳症においては脳梁膨大部とRolando野に至る白質に局限する病変分布であれば可逆性であることが知られている<sup>8,9)</sup>。

また、慢性期においては、エビデンスレベルは高くないものの、複雑型熱性けいれんを呈した熱性けいれん患者15例中6例でMRIにて海馬の萎縮を見出したとの報告もある<sup>10)</sup>。熱性けいれん患者でてんかん発症のリスクが高いとの報告もあり、発作を繰り返すなど慢性期の精査としても画像診断に一定の役割があると思われる<sup>11)</sup>。

## ■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedによりfebrile seizure, CT, MRIのキーワードを用いて検索した。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) 福山幸夫ほか：熱性けいれんの指導ガイドライン。小児科臨床 49：207-215, 1996
- 2) 関亨：熱性けいれん：最近の知見と新しい指導ガイドライン。小児神経学の進歩 26：139-152, 1997
- 3) 日本小児神経学会 編：熱性痙攣診療ガイドライン 2015。診断と治療社, 2015
- 4) Subcommittee on Febrile Seizures, American Academy of Pediatrics：Neurodiagnostic evaluation of the child with a simple febrile seizure. Pediatrics 127：389-394, 2011
- 5) 日本小児科学会ほか：MRI鎮静のための共同提言。日児誌 124（4）：771-805, 2020

## 【文献】

- 1) Takanashi J et al：Diffusion MRI abnormalities after prolonged febrile seizures with encephalopathy. Neurology 66：1304-1309, 2006
- 2) Rasool A et al：Role of electroencephalogram and neuroimaging in first onset afebrile and complex febrile seizures in children from Kashmir. J Pediatr Neurosci 7：9-15, 2012
- 3) Takanashi J et al：Excitotoxicity in acute encephalopathy with biphasic seizures and late reduced diffusion. AJNR Am J Neuro Radiol 30：132-135, 2009

- 4) Kubota H et al : Q fever encephalitis with cytokine profiles in serum and cerebrospinal fluid. *Pediatr Infect Dis J* 20 : 318-319, 2001
- 5) Ogura K et al : MR signal changes in a child with cat scratch disease encephalopathy and status epilepticus. *Eur Neurol* 51 : 109-110, 2004
- 6) Mizuguchi M : Acute necrotizing encephalopathy of childhood : a novel form of acute encephalopathy prevalent in Japan and Taiwan. *Brain Dev* 19 : 81-92, 1997
- 7) Tada H et al : Clinically mild encephalitis/encephalopathy with a reversible splenial lesion. *Neurology* 63 : 1854-1858, 2004
- 8) Maeda M et al : Reversible splenial lesion with restricted diffusion in a wide spectrum of diseases and conditions. *J Neuroradiol* 33 : 229-236, 2006
- 9) Takanashi J et al : Differences in the time course of splenial and white matter lesions in clinically mild encephalitis /encephalopathy with a reversible splenial lesion (MERS). *J Neurol Sci* 292 : 24-27, 2010
- 10) VanLandingham KE et al : Magnetic resonance imaging evidence of hippocampal injury after prolonged focal febrile convulsions. *Ann Neurol* 43 : 413-426, 1998
- 11) Neligan A et al : Long-term risk of developing epilepsy after febrile seizures : a prospective cohort study. *Neurology* 78 : 1166-1170, 2012

## BQ 86

## 子ども虐待の診断において 単純 X 線写真による全身骨撮影は推奨されるか？

## ステートメント

身体的虐待を受けた 2 歳未満の児の骨傷の診断法として、全身骨単純 X 線撮影は有効性が確立している。

## FQ 23

## 子ども虐待の肋骨骨折の診断において胸部 CT は推奨されるか？

## ステートメント

乳児の肋骨骨折は虐待を強く疑う所見であるが、急性期の骨折の診断は単純 X 線写真では難しい。これに対して CT は急性期および亜急性期、治癒過程の骨折に対する感度が高い。虐待が疑われる状況で初回全身骨単純 X 線撮影で肋骨骨折がはっきりしない場合、適切な線量設定のもとに胸部 CT を行うことを弱く推奨する。

### ■ 解 説

#### 1 子ども虐待の診断における単純 X 線写真

身体的虐待（以下、虐待）では皮膚・軟部組織の損傷に次いで骨折が多い<sup>1)</sup>。骨折を評価する画像の第一選択は単純 X 線写真（以下、XR）である。幼い被虐待児は自ら症状を説明できないため臨床的に骨折を診断することは難しく、XRによって潜在的な骨折が発見されることもまれではない。

小児の骨折は背景となる病態（くる病や骨形成不全症などの易骨折性）が関連している場合もあるが、骨折の原因が虐待であった場合にそれを見逃すことは児のその後の生命を大きな危険にさらすことになる。そこで虐待を疑った場合に潜在的な骨折を検出するため、全身を網羅的に撮影する検査法が全身骨単純 X 線撮影（skeletal survey：SS）である。虐待が疑われた児の 11～34%に SS によって潜在していた骨折が検出されたと報告されており<sup>1-3)</sup>、適切な SS を行うことが重要である。

代表的な英米の SS では、頭蓋骨 2 方向、四肢骨 1～2 方向、躯幹骨 2 方向の撮影を基本としている。表に二次資料 1, 2 をもとにした SS の参考例を示す。SS の絶対的な方法はなく各施設で定める必要があり、以下に撮影細部について解説する。

#### ① 年齢による区分

虐待の対象は 2 歳未満が約 90%、虐待による骨折の 80%以上は 18 カ月未満の児である<sup>1,4)</sup>。また、病院を受診する骨折症例のうち虐待の診断がなされる割合は 1 歳未満では 20～25%、1 歳から 2 歳では 6～7%と言われている<sup>2)</sup>。年齢が小さいほど骨折のリスクが高くなるため、対象が 2 歳未満の場合は全例に SS を実施し、2～5 歳では個別の状況に応じた実施が提唱されている。

#### ② 胸部両斜位像

受傷機転がはっきりしない肋骨骨折は虐待の可能性が高い<sup>4)</sup>。しかし、通常の胸部正面像では肋骨と心陰影・縦隔陰影が重なるため、偏位の少ない骨折の診断が難しい。胸部正面像・側面像の 2 方向撮影に比べ、両斜位像を加えた 4 方向撮影は骨折の検出感度、特異度が増すため<sup>5)</sup>、SS に含めることを推奨する。

なお、上記 4 種類の胸部撮影を組み合わせても XR での肋骨骨折の診断が難しいことがあり、この場合は胸部 CT による評価が提案されている。

表 skeletal survey

		RCR-RCPCH (2017) <small>二次資料 1</small>	ACR-SPR (2017) <small>二次資料 2</small>	SS 参考例
SS	頭 蓋	正面 AP 側面	正面 AP 側面	正面 AP (※ 1) 側面
	胸 部	正面 AP (肩まで含める)* 両斜位 (肋骨)*	正面 AP*・側面 (肋骨・胸椎・ 上部腰椎を含める) 両斜位 (肋骨)*	正面 AP*・側面 (胸椎) 両斜位 (肋骨)*
	腹部・骨盤	正面 AP (腹部～骨盤)	正面 AP (中部腰椎～骨盤)	正面 AP (腹部～骨盤)
	脊 椎	側面 (頸椎～腰仙椎) 1 歳未満：1 回で撮影 1 歳以上：複数回に分けて撮影	正面 AP・側面 (頸椎) 側面 (腰仙椎)	側面 (頸椎) 側面 (腰仙椎)
	上 肢	年少児 (体格の小さい児)： 正面 AP (上腕～前腕)* 側面 (肘関節，手関節) 年長児： 正面 AP (上腕；肩～肘，前腕； 肘～手関節)* 側面 (肘関節，手関節)	両上腕 AP* 両前腕 AP*	両上腕 AP* (※ 2, 3) 両前腕 AP*
	下 肢	年少児 (体格の小さい児)： 正面 AP (股関節～足関節)* 側面 (膝関節，足関節) 足関節 mortise AP view 年長児： 正面 AP (大腿，下腿)* 正面 AP (膝関節，足関節) 側面 (膝関節，足関節)	両大腿 AP* 両下腿 AP*	両大腿 AP (股関節)* (※ 2, 3) 両下腿 AP*
手 足	両手 PA 両足 PA	両手 PA* 両足 PA または AP*	両手 PA* 両足 PA*	
FUSS	11～14 日後に撮影 初回撮影の 28 日以内に行う FUSS は初回 SS で異常がある部位/疑わしい部 位に加えて*印の部位の撮影を行う		初回撮影の約 2 週間後に行う FUSS は*印の部位の撮影を 行う	初回撮影の約 2 週間後に行う FUSS は*印の部位の撮影を 行う

※ 1：頭蓋 XR は頭部 CT 撮影時は不要

※ 2：体格の小さい児では，上腕～前腕，大腿～下腿を同時に撮影しても可

※ 3：上肢・下肢の正面像で骨折が疑われる場合は側面像を追加

### ③ 長管骨側面像

長管骨側面像の追加は骨幹部骨折の検出には影響しないが，骨幹端骨折の検出感度が向上すると報告されている<sup>6)</sup>。乳児の骨幹端骨折は虐待に特異度が高いことから，正面像で病変が疑われる場合には側面像の追加が推奨される。

### ④ 脊椎，骨盤，手，足の撮影

上記部位については頻度の低さや被ばくを理由に SS の対象から除く意見もある<sup>1)</sup>。しかし別の報告では，虐待が疑われ SS を行った児のうち上記部位に骨折を伴う頻度は 5.5% で，さらに同部位にしか骨折のない事例があったことが言及されている<sup>7)</sup>。このことから除外することによる虐待見逃しのリスクは大きいと考えられ，SS に含めることが推奨される。

## ⑤ 頭 部

受診時に頭部外傷の評価のため、SS よりも先に頭部 CT が施行されていることがある。CT による骨折の検出感度は高く、横断像の他に多方向断面像での評価が推奨される。さらに3次元(3D)再構成像を用いると縫合線や血管溝等の正常構造との鑑別が容易になる<sup>8,9)</sup>。従って頭部 CT が撮影された症例では、多方向断面像や3次元(3D)再構成像を作成することで頭蓋骨 XR に代用できる。

## ⑥ follow-up SS (FUSS)

骨折は受傷後1~2週で修復が進行し、2カ月程度で癒合する。受傷から10~14日経過すると骨膜反応や仮骨形成などの治癒過程がXRで顕在化するため、病変検出率の向上、疑診病変の判定、受傷時期の推定に寄与できる<sup>1,2)</sup>。初回SSで陰性であった乳児の9~12%にFUSSで治癒過程の骨折が認められたとされ、虐待の疑いが残る限り、初回から約2週間後のFUSSを推奨する。

ただし、不必要な被ばくを避けるためFUSSは特定の部位に限る方法が提唱されており、英米のFUSSでは頭蓋が除外されている(頭蓋骨はXRでの修復反応の評価が困難であるため)。また、初回SSで脊椎および骨盤の所見が陰性であれば、これらをFUSSで除外しても診療に支障はないとされており<sup>10)</sup>、FUSSでの除外を考慮してもよい。

## 2 子ども虐待による肋骨骨折への胸部CT

受傷機転がはっきりしない乳児の肋骨骨折は虐待を強く疑う所見であるため<sup>4)</sup>、SSでは骨折の検出感度向上のために胸郭の斜位像を追加している。しかしXRでは偏位が少ない乳児の急性期骨折の診断は難しく、肺野の透過性低下や心陰影・縦隔構造との重なるのために検出不可能な場合も少なくない。

この問題に対して、胸部CTではXRよりも急性期および治癒過程の肋骨骨折の検出感度が高くなることを示した報告がいくつかある<sup>11-15)</sup>。死後画像と剖検診断を比較した報告<sup>11,12)</sup>では、肋骨骨折に関する感度はXRで14~46%、CTで45~85%であった。生存例に関してもXRに対してCTでの検出感度が高くなることが報告されている<sup>13-15)</sup>。

CTは多方向断面像や3次元(3D)再構成像を作成することで病変の位置を把握しやすくなる他、肩甲骨や脊椎の骨折の検出にも有用である<sup>15)</sup>。

ただし、CTは診断能が高い反面、被ばくや鎮静などの問題がある。FUSSで新たに骨折が判明する場合もあるが、肋骨骨折の確実な診断が児の生命予後に大きく影響することをふまえると、虐待を疑う場合には早期に胸部CTを考慮してもよいと考える。なお、CTを行う際は診断の質を担保した低線量化が望ましい。

## ■ 検索キーワード・参考にした二次資料

Pubmedによりabuse, fracture, skeletal survey, bone survey, non-accidental injury, rib, CTのキーワードを用いて検索した。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) The Royal College of Radiologists and The Society and College of Radiographers : The radiological investigations of suspected physical abuse in children, 2017
- 2) Wootton-Gorges SL et al : ACR Appropriateness Criteria® : suspected physical abuse-child. J Am Coll Radiol 14 : S338-S349, 2017

## | 文献 |

- 1) Karmazyn B et al : The prevalence of uncommon fractures on skeletal surveys performed to evaluate for suspected abuse in 930 children : should practice guidelines change ? AJR Am J Roentgenol 197 : W159-W163, 2011
- 2) Wood JN et al : Development of guidelines for skeletal survey in young children with fractures. Pediatrics 134 : 45-53, 2014

- 3) Duffy SO et al : Use of skeletal surveys to evaluate for physical abuse : analysis of 703 consecutive skeletal surveys. *Pediatrics* 127 : e47-e52, 2011
- 4) Kemp AM et al : Patterns of skeletal fractures in child abuse : systematic review. *BMJ* 337 : a1518, 2008
- 5) Marine MB et al : Is the new ACR-SPR practice guideline for addition of oblique views of the ribs to the skeletal surveys for child abuse justified? *AJR Am J Roentgenol* 202 : 868-871, 2014
- 6) Karmazyn B et al : Long bone fracture detection in suspected child abuse : contribution of lateral views. *Pediatr Radiol* 42 : 463-469, 2012
- 7) Kleinman PK et al : Yield of radiographic skeletal surveys for detection of hand, foot, and spine fractures in suspected child abuse. *AJR Am J Roentgenol* 200 : 641-644, 2013
- 8) Prabhu SP et al : Three-dimensional skull models as a problem-solving tool in suspected child abuse. *Pediatr Radiol* 43 : 575-581, 2013
- 9) Culotta PA et al : Performance of computed tomography of the head to evaluate for skull fractures in infants with suspected non-accidental trauma. *Pediatr Radiol* 47 : 74-81, 2017
- 10) Harper NS et al : The utility of follow-up skeletal surveys in child abuse. *Pediatrics* 131 : e672-e678, 2013
- 11) Shelmerdine SC et al : Chest radiographs versus CT for the detection of rib fractures in children (DRIFT) : a diagnostic accuracy observational study. *Lancet Child Adolesc Health* 2 : 802-811, 2018
- 12) Hong TS et al : Value of postmortem thoracic CT over radiography in imaging of pediatric rib fractures. *Pediatr Radiol* 41 : 736-748, 2011
- 13) Sanchez TR et al : Characteristics of rib fractures in child abuse : the role of low-dose chest computed tomography. *Pediatr Emerg Care* 34 : 81-83, 2018
- 14) Sanchez TR et al : CT of the chest in suspected child abuse using submillisievert radiation dose. *Pediatr Radiol* 45 : 1072-1076, 2015
- 15) Wootton-Gorges SL et al : Comparison of computed tomography and chest radiography in the detection of rib fractures in abused infants. *Child Abuse Negl* 32 : 659-663, 2008

## 胎児 MRI はどのような場合に推奨されるか？

**ステートメント** 頭部、頭頸部、体幹部病変（心臓を除く）が疑われる場合に胎児 MRI の施行を推奨する。ただし、できるだけ熟練した診療放射線技師・画像診断医による撮像・読影が望ましい。

## ■ 背景

胎児 MRI は患児の診断に役立つ他、分娩管理、両親へのカウンセリングに有益な情報をもたらすが、胎児のスクリーニング検査は超音波が基本である。MRI は超音波で胎児に異常があり、さらなる情報が必要な場合、母体の肥満や羊水過少などの理由で超音波での評価が不十分な場合、超音波で異常が認められないが胎児に異常が想定される場合に施行される。実際の適応決定には、どの程度 MRI が有用であるか、どういった病態・疾患が胎児 MRI のよい適応となるかの情報が必要であり、これについて検討した。

## ■ 解説

胎児 MRI の適応として奇形と腫瘤についての精査が多くを占める。また、胎児治療が発達し、適応が拡大するにつれ、胎児 MRI での評価は重要となっている。疾患により診断可能となる在胎週数は異なるが、胎児 MRI の実施自体は妊娠第 1 期から行ったとしても胎児に有害事象が認められないことが、一般的な 1.5T 単純 MRI で示されている<sup>1)</sup>。

超音波と MRI の診断能についてはいくつかの比較報告がある。超音波が優れていたものが 4%、MRI が優れていたものが 39%（うち 56% で診断が変更、31% で新たな所見、13% で診断の確認に寄与）、同等だったものが 57% であったとの報告がある<sup>2)</sup>。Bekker らのレビューによると、MRI によって診断に有用な情報が付加された症例は 23~100% で、胎児管理が変わったものは 13~39% に及ぶ<sup>3)</sup>。また、領域別では、中枢神経系・泌尿生殖器系・消化器・胸部において、MRI は超音波に加えて有意に診断に寄与したと報告されており<sup>2)</sup>、MRI のよい適応である。一方で、四肢骨格系・顔面・心臓においては、MRI の有用性が示されなかった<sup>2)</sup>。

代表的な胎児 MRI の適応を表に示した。また、以下では、解剖学的領域毎に分けて解説する。

## 1 頭部（中枢神経）、脊椎・脊髄

脳室拡大、脳実質の奇形（脳梁形成不全、皮質形成異常、後頭蓋奇形など）、脳実質の破壊性変化（出血、梗塞、炎症など）がよい適応である。また、双胎間輸血症候群では頭蓋内合併症のリスクが高く、頭蓋内評価が行われる。

Gonçalves らの prospective study では、中枢神経系の診断は、MRI の方が超音波よりも優れ、22.2% で予後とカウンセリングに関する情報を超音波に付加することができたと報告しており、中枢神経系は最もよい胎児 MRI の適応である<sup>4)</sup>。

脳奇形が疑われた場合に関して Jarvis らのレビューでは、MRI の正診率は 91% で、超音波単独よりも 16% 上昇したとしている<sup>5)</sup>。55% では MRI と超音波の所見が一致し正しく診断され、15% では MRI で超音波に付加する情報が得られ、19% では MRI により誤った超音波診断が正しく変更されたとしている<sup>5)</sup>。さらに 41.9% では MRI により両親へのカウンセリングや胎児管理が変更になったとしている<sup>5)</sup>。その他にも、MRI により、55% で所見が付加されたとの報告<sup>2)</sup> や、超音波で異常がある患者のうち 49.6% で両親へのカウンセリングが、31.7% で診断が、18.6% で胎児管理が変わったという報告もある<sup>6)</sup>。

表 胎児 MRI の代表的な適応

適応 (大カテゴリー)		適応 (小カテゴリー)
頭部	奇形	脳室拡大, 脳梁形成不全, 全前脳胞症, 後頭蓋奇形, 皮質形成異常, 頭瘤 (脳瘤・髄膜瘤) など
	血管障害	血管奇形, 水無脳症, 脳梗塞, 脳出血, 一絨毛膜性双胎妊娠の合併症
脊椎・脊髄	腫瘍 (腫瘍)	仙尾部奇形腫
	奇形	神経管閉鎖不全 (脊髄髄膜瘤など), 椎体奇形
頭頸部	腫瘍 (腫瘍)	血管奇形 (静脈奇形, リンパ管奇形), 奇形腫, 甲状腺腫
	奇形	顔面裂, 顎裂
胸部	腫瘍 (腫瘍)・奇形	先天性肺嚢胞性疾患 (先天性肺気道奇形, 肺分画症, 気管支閉鎖症, 先天性大葉性肺気腫), 先天性横隔膜ヘルニア, 縦隔腫瘍 (奇形腫, 血管奇形, 胸腺腫瘍), 食道閉鎖
	その他	肺低形成 (先天性横隔膜ヘルニア, 羊水過少, 腫瘍, 骨系統疾患などによる肺容積や信号強度の評価), 胸水, 心嚢水
腹部骨盤部, 後腹膜	腫瘍 (腫瘍)	腹部骨盤部腫瘍・嚢胞 (血管腫, 神経芽腫, 仙尾部奇形腫, 腎上部腫瘍, 腎腫瘍, 卵巣嚢腫など)
	奇形	腎尿路奇形 (腎奇形, 下部尿路閉塞, 総排泄腔奇形, 膀胱外反など), 腸管奇形 (直腸肛門奇形, 腸管閉鎖), 腹壁異常 (腹壁破裂, 臍帯ヘルニア) など
	その他	胎便性腹膜炎, 乳び腹水など胎児腹水
単絨毛性双体の合併症		一児死亡時, 結合双生児

全ての疾患を網羅することはできず, また, 実際の MRI の有用性については個々の症例で異なるため, MRI の適応を制限するものではない。  
(二次資料 2 を参考に作成)

## 2 頭頸部

血管奇形 (リンパ管奇形, 静脈奇形), 奇形腫, 甲状腺腫といった腫瘍の評価が多い。甲状腺腫は特徴的な T1 強調像高信号により, 他の腫瘍との鑑別が容易である。また, 腫瘍の評価においては質的診断のみならず, 気道狭窄の有無の評価も EXIT (ex-utero intrapartum treatment; 母体全身麻酔・開腹にて露出した子宮を切開し, 臍帯は切断せずに臍帯の血行を確保しつつ気道確保して胎児に処置を行う手技) を含めた管理方針決定に重要である。Poutamo らによる検討では, 頭頸部病変の 8 例中 6 例で MRI が診断あるいは病変の除外に有用な情報を提供したと報告されている<sup>7)</sup>。

前述のように顔面では MRI の有用性は示されなかったとの報告がある一方で, 口腔顔面裂においては超音波での正診率が 59%であったのに対して, MRI での正診率は 92%であったとの報告もある<sup>8)</sup>。

## 3 胸部

先天性横隔膜ヘルニア, 先天性肺嚢胞性疾患が主な適応であり, 合併する肺低形成や胎児水腫などの評価も併せて行われる。超音波に MRI を加えることで, 胸部病変では 38~44%の症例において情報が付加される<sup>2,9)</sup>。先天性肺嚢胞性疾患において, MRI では超音波よりも体循環からの異常血管の描出に優れていたとの報告がある<sup>10)</sup>。

胎児心奇形については MRI の有用性は認められず, 超音波が診断に優れていたと報告されている<sup>2)</sup>。

## 4 腹部骨盤部, 後腹膜

腹部腫瘍や奇形 (腎尿路奇形, 消化管閉鎖, 腹壁破裂など) が評価の主な対象となる。約 20 週以降は胎便 T1 強調像にて高信号を呈するため, 腸管の評価に役立つ。超音波に MRI を加えることで, 腹部消化管病変については 38%の症例で, 泌尿生殖器系病変については 29%の症例で情報が付加されたとの報告がある<sup>2)</sup>。



## ■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMed により magnetic resonance imaging, fetus のキーワードを用いて検索した。

また, 下記を二次資料として参考にした。

- 1) American College of Radiology : ACR-SPR practice parameter for the safe and optimal performance of fetal magnetic resonance imaging (MRI), 2015
- 2) Patenatude Y et al : The use of magnetic resonance imaging in the obstetric patient (SOGC CLINICAL PRACTICE GUIDELINE). J Obstet Gynaecol Can 36 : 349-363, 2014
- 3) Prayer D et al : ISUOG practice guidelines : performance of fetal magnetic resonance imaging. Ultrasound Obstet Gynecol 49 : 671-680, 2017

## | 文献 |

- 1) Ray JG et al : Association between MRI exposure during pregnancy and fetal and childhood outcomes. JAMA 316 (9) : 952-961, 2016
- 2) Kul S et al : Contribution of MRI to ultrasound in the diagnosis of fetal anomalies. J Magn Reson Imaging 35 (4) : 882-890, 2012
- 3) Bekker MN, van Vugt JM : The role of magnetic resonance imaging in prenatal diagnosis of fetal anomalies. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol 96 (2) : 173-178, 2001
- 4) Gonçalves LF et al : Diagnostic accuracy of ultrasonography and magnetic resonance imaging for the detection of fetal anomalies : a blinded case-control study. Ultrasound Obstet Gynecol 48 (2) : 185-92, 2016
- 5) Jarvis D et al : A systematic review and meta-analysis to determine the contribution of mr imaging to the diagnosis of foetal brain abnormalities In Utero. Eur Radiol 27 (6) : 2367-2380, 2017
- 6) Levine D et al : Fast MR imaging of fetal central nervous system abnormalities. Radiology 229 (1) : 51-61, 2003
- 7) Poutamo J et al : Magnetic resonance imaging supplements ultrasonographic imaging of the posterior fossa, pharynx and neck in malformed fetuses. Ultrasound Obstet Gynecol 13 (5) : 327-334, 1999
- 8) Zheng W et al : The prenatal diagnosis and classification of cleft palate : the role and value of magnetic resonance imaging. Eur Radiol 29 (10) : 5600-5606, 2019
- 9) Levine D et al : Fetal thoracic abnormalities : MR imaging. Radiology 228 (2) : 379-388, 2003
- 10) Mon RA et al : Diagnostic accuracy of imaging studies in congenital lung malformations. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 104 (4) : F372-F377, 2019

## 網膜芽細胞腫が疑われる場合において推奨される画像検査は何か？

## ステートメント

放射線被ばくがなく、組織分解能に優れる MRI を推奨する。

CT は石灰化の検出能が高く、初診時の診断に有用であるが、放射線被ばくを伴うため、必ずしも必要ではない。治療後の経過観察や定期的に CT を行うことは推奨しない。

## ■ 解説

網膜芽細胞腫は、小児眼球内腫瘍で最も多く、本邦での報告では 2/3 が片側、1/3 が両側に発生する<sup>1)</sup>。左右差や男女差は明らかではない<sup>1)</sup>。3 歳までに約 90% が診断され、約 40% が 1 歳までに診断される<sup>1)</sup>。初期の診断は眼底検査と眼球超音波によってなされ、MRI と CT は、局所進展の有無や診断をより確実にするのに用いられる<sup>2-11)</sup>。

先進諸国では、眼球内に病変が限局された状態で発見されることがほとんどであることから、治療目的は救命というよりは、眼球温存、視機能温存が主体となっている。早期病変に対してはレーザー治療や放射線療法などが選択される。視神経浸潤、脈絡膜浸潤や強膜浸潤が遠隔転移の有無に関係するが、視機能温存という観点や処置に伴う転移のリスクから、すべての症例で病理所見が得られるわけではない<sup>12)</sup>。眼球内に病変がとどまっていない転移のリスクが高い病変に対しては、眼球摘出が考慮され、化学療法を含めた集学的治療が選択される。これらの点から、転移のリスクを評価するため、組織分解能の優れた MRI が奨励される。

MRI では病理学的な視神経浸潤や脈絡膜浸潤など転移に関係する因子を評価することができる。これらに影響する因子として腫瘍の体積、長径、形状、部位、視神経の腫大や造影効果、T2 強調像での信号強度や拡散制限の程度などが評価されている<sup>2-6, 8, 11)</sup>。腫瘍が大きく、視神経板を覆う病変であること、視神経の腫大と造影効果がある場合に視神経浸潤が疑われるが、いずれも 100% 診断できるものではない。そのため、これら

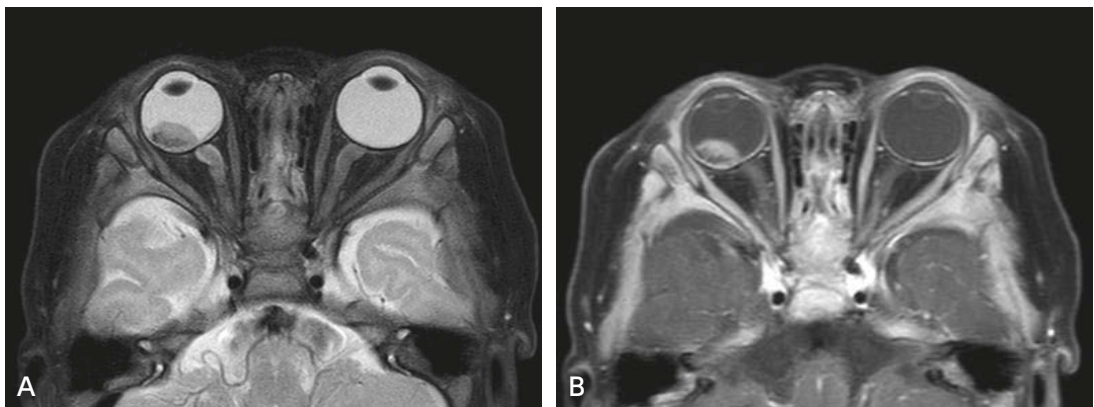


図 1 視神経浸潤がみられなかった症例

A：MRI（脂肪抑制 T2 強調、横断像）；右眼球内腫瘍を認める。長径は 11 mm 程度と計測されるが、腫瘍体積は  $0.33 \text{ cm}^3$  であった。

B：ガドリニウム造影 MRI（脂肪抑制 T1 強調、横断像）；視神経への浸潤、眼球外への浸潤は見られない。これらの所見から、転移の危険は少ないと判断した。眼球摘出術が選択され、視神経への浸潤はないと判断された。

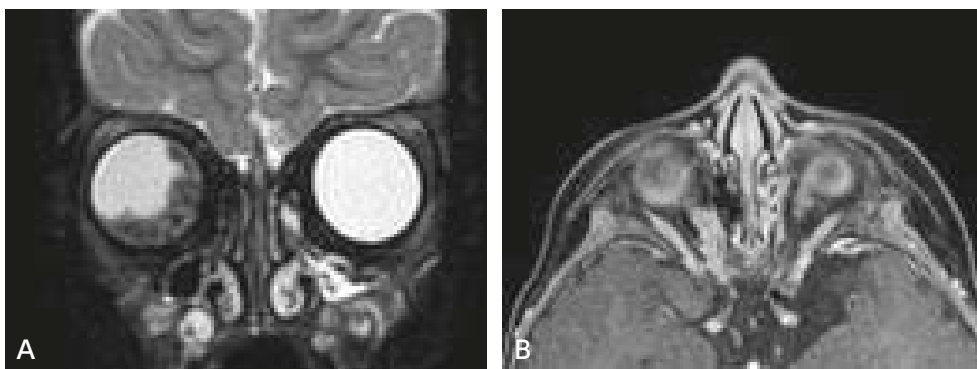


図2 視神経浸潤がみられた症例

A：MRI（脂肪抑制 T2 強調，冠状断像）；右眼球内に長径は 22 mm 大の腫瘍を認める。  
 B：ガドリニウム造影 MRI（脂肪抑制 T1 強調，横断像）；右視神経の造影効果亢進と腫大を認める。  
 これらの所見から，眼球外進展あり，転移の危険が高いと判断した。眼球摘出が行われ視神経浸潤を認め，後療法が施行された。

の所見を組み合わせると，総合的に転移のリスクを評価することになる（図1，図2）。de Jong らの論文（患者数 370 例）では，視神経浸潤と明らかな脈絡膜浸潤を来した最小の腫瘍体積と長径は，それぞれ  $0.59 \text{ cm}^3$  と  $13.90 \text{ mm}$ ， $0.19 \text{ cm}^3$  と  $8.15 \text{ mm}$  とされている<sup>2)</sup>。

また，網膜芽細胞腫のほとんどが初診時転移を伴っていないことが多く，眼底検査で視神経浸潤の有無も評価がある程度可能であるため，初診時に全例で全身検索を行う必要はない<sup>13)</sup>。

石灰化の検索は，網膜芽細胞腫の診断において重要な所見である<sup>10)</sup>。しかしながら，MRI でも石灰化は 90% 以上で描出可能であると報告されていることから，CT が必ずしも必要とされるわけではない<sup>4)</sup>。

## ■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMed により retinoblastoma, MRI, CT のキーワードを用いて検索した。

また，下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本小児血液・がん学会 編：小児がん診療ガイドライン第2版 2016 年度版。金原出版，2016

## 【文献】

- 1) Committee for the National Registry of Retinoblastoma : The national registry of retinoblastoma in Japan (1983–2014). Jpn J Ophthalmol 62 : 409–423, 2018
- 2) de Jong MC et al : Diagnostic accuracy of intraocular tumor size measured with MR imaging in the prediction of postlaminar optic nerve invasion and massive choroidal invasion of retinoblastoma. Radiology 279 : 817–826, 2016
- 3) Li Z et al : Diagnosis of postlaminar optic nerve invasion in retinoblastoma with MRI features. J Magn Resonance Imaging 51 (4) : 1045–1052, 2020
- 4) Lemke AJ et al : Retinoblastoma – MR appearance using a surface coil in comparison with histopathological results. Eur Radiol 17 : 49–60, 2007
- 5) Kim U et al : Accuracy of preoperative imaging in predicting optic nerve invasion in retinoblastoma : a retrospective study. Ind J Ophthalmol 67 : 2019–2022, 2019
- 6) Hiasat JG et al : The predictive value of magnetic resonance imaging of retinoblastoma for the likelihood of high-risk pathologic features. Eur J Ophthalmol 29 : 262–268, 2019
- 7) de Jong MC et al : Diagnostic performance of magnetic resonance imaging and computed tomography for advanced retinoblastoma : a systematic review and meta-analysis. Ophthalmology 121 : 1109–1118, 2014

- 8) Cui Y et al : Correlation between conventional MR imaging combined with diffusion-weighted imaging and histopathologic findings in eyes primarily enucleated for advanced retinoblastoma : a retrospective study. *Eur Radiol* 28 : 620-629, 2018
- 9) Chawla B et al : Magnetic resonance imaging for tumor restaging after chemotherapy in retinoblastoma with optic nerve invasion. *Ophthalmic Genet* 39 : 584-588, 2018
- 10) Arrigg PG et al : Computed tomography in the diagnosis of retinoblastoma. *Br J Ophthalmol* 67 : 588-591, 1983
- 11) Kim JW et al : Clinical significance of optic nerve enhancement on magnetic resonance imaging in enucleated retinoblastoma patients. *Ophthalmol Retina* 1 : 369-374, 2017
- 12) Shields CL et al : Vitrectomy in eyes with unsuspected retinoblastoma. *Ophthalmology* 107 : 2250-2255, 2000
- 13) Chantada G et al : Results of a prospective study for the treatment of retinoblastoma. *Cancer* 100 : 834-842, 2004

## 神経芽腫の診断と病期診断において推奨される画像検査は何か？

### ステートメント

神経芽腫を疑う腫瘍の診断には CT と MRI が有用で推奨される。

神経芽腫の病期診断には  $^{123}\text{I}$ -MIBG シンチグラフィが有用で、CT や MRI と総合的に評価することが強く推奨される。

## 背景

神経芽腫は、小児がんの中では白血病・脳腫瘍に次いで多く認められる腫瘍で、小児慢性特定疾患研究事業の登録によると本邦では年間 320 例前後の新規患児が発症している。1 歳未満で約半数が、3 歳までに約 8 割が発症する。体幹の交感神経節、副腎髄質に生じ、約半数が副腎に、次いで副腎以外の後腹膜 (25%)、胸部 (16%)、頸部 (3%)、骨盤部 (3%) などに生じる。約 70% で診断時に転移がみられ、骨髄 (70%)、骨 (55%)、領域リンパ節 (30%) が好発部位で、その他、肝、鎖骨上部などの遠隔リンパ節、皮膚などに転移する。予後は診断時年齢、臨床病期、生物学的因子と強く相関し、多様性を示すがんと知られている。

治療方針はリスク分類に従って選択されるのが一般的である<sup>1)</sup>。リスク分類は、診断時年齢、病期、組織分類などの臨床的因子と、MYCN 遺伝子増幅や腫瘍細胞の染色体数 (ploidy) などの分子生物学的因子を組み合わせる。2009 年に提唱された国際神経芽腫リスクグループ病期分類 (International Neuroblastoma Staging Risk Group Staging System : INRGSS) は、治療開始前の画像診断に基づいて判定されるため、病期診断における画像診断の役割は大きい。

## 解説

### 1 診断と病期診断

神経芽腫の多くは、腹部膨満や腹部腫瘍触知が発見契機となる他、転移病変の症状 (骨や関節の痛みなど) により診断されることも少なくない。腹部腫瘍の存在診断は、簡便に行うことができ、被ばくのない超音波検査が選択される。

腫瘍の局在や広がりの評価に CT、MRI が優れ、病期分類の判定にも有用で推奨される<sup>2)</sup>。主要な血管や隣接臓器への浸潤の有無、脊柱管内への進展の有無を評価し、手術切除を含めた治療方針の決定に役立つ。さらに、リンパ節転移の有無やその広がり、骨髄や骨、肝転移の有無の評価にも有用で病期診断に役立つ。Siegel らが多施設で施行した前方視的研究による遠隔転移を伴う神経芽腫の診断能は、造影 CT が 81%、MRI が 83% と有意差はなく、リンパ節転移の検出能における陽性的中率、陰性的中率は、CT が 20%、95%、MRI は 19%、99%、腫瘍進展範囲については、CT が 73%、83%、MRI が 81%、79% と報告している<sup>2)</sup>。原発巣および局所浸潤の評価における有用性は、CT と MRI に差はないとされる。

神経芽腫の病期分類は、2009 年に INRG から画像所見を基にした術前病期分類が国際的に提唱され、その利用が広がっている (表 1)。この新分類は、画像所見から手術リスク (image-defined risk factor : IDRF) を評価し、限局性腫瘍では IDRF の有無により L1 と L2 に、遠隔転移の内容により M、MS に分類される。腹部骨盤領域での IDRF に関するチェック項目を表 2 に示す。その他、気管や脊柱管内進展の有無や範囲、主要臓器への浸潤の有無など 20 のチェック項目について画像診断で評価を行う。IDRF の評価は治療方針決定の重要な指標の一つであり、多断面での評価が有用である。

$^{123}\text{I}$ -MIBG シンチグラフィ (以下、MIBG シンチ) は、神経芽腫に特異的に集積する腫瘍シンチグラフィと

表 1 神経芽腫の新病期分類

病期	定義
L1	IDRF リストに含まれる主要構造への浸潤を示さない限局性腫瘍、かつ、1つの体幹区分に限局した腫瘍
L2	1つまたはそれ以上の IDRF が陽性となる限局性腫瘍
M	遠隔転移あり (MS を除く)
MS	18 カ月未満で、遠隔転移が皮膚、肝、および/または骨髄に限られる MS の骨髄転移：骨髄中の腫瘍細胞は有核細胞数の 10% 未満、MIBG シンチグラフィの集積陰性

IDRF=image-defined risk factor, 二次資料 1 より作成

表 2 腹部骨盤領域における IDRF (image-defined risk factor)

解剖学的領域	定義
複数の躯幹区域	同側で 2 つ以上の区域に広がる腫瘍 (例：胸部と腹部、腹部と骨盤)
腹部、骨盤	門脈本幹や肝十二指腸間膜への腫瘍浸潤 腸間膜根部での上腸間膜動脈分枝の encasement 腹腔動脈および/または上腸間膜動脈根部の encasement 一側あるいは両側腎莖部への腫瘍浸潤 大動脈および/あるいは下大静脈の encasement 腸骨動静脈の encasement 坐骨切痕を越えた骨盤内腫瘍
脊柱管内腫瘍進展	軸位断面で脊柱管内の 1/3 以上を占める (部位は問わない)、あるいは脊柱管内の脊髄周囲の髄膜腔が認識できない、または脊髄の信号異常
隣接臓器/構造への浸潤	心膜、横隔膜、腎、肝、十二指腸、膵、腸間膜への浸潤

二次資料 1 より作成

して原発巣および転移巣の評価に有用である<sup>3,4)</sup>。Vik らの報告による MIBG シンチの診断能は、感度 88%、特異度 83% で、偽陽性の原因として心臓、唾液腺、褐色脂肪、涙腺、肝臓、膀胱などの生理的集積による影響が、偽陰性の原因として腫瘍細胞の成熟度や腫瘍内の壊死、嚢胞性変化などが挙げられる<sup>5)</sup>。MIBG シンチは、核種投与後 24 時間の画像が必須で、プラナー像に加えて、SPECT を追加することで診断能が向上する<sup>5)</sup>。SPECT/CT はさらに解像度が改善し、診断時のみならず治療効果判定にも有用である<sup>6,7)</sup>。

骨転移の評価における骨シンチグラフィは、感度 70~78%、特異度 51% と MIBG シンチや MRI での骨病変の評価に比べて診断能が低いが、MIBG シンチ陰性例での骨格系転移の評価に推奨される<sup>7)</sup>。肝臓は MIBG シンチで強い生理的集積を示す臓器であるため、肝転移の評価には超音波検査や CT、MRI が必要である<sup>1,8)</sup>。また、MIBG シンチで、転移の可能性がある 1 箇所のみ異常集積の判断に悩む場合は、他のモダリティによる評価を加え、転移か否かの判断をする必要がある。

<sup>18</sup>F-FDG PET (以下、PET) と MIBG シンチの比較についての報告が近年増えている<sup>7-9)</sup>。PET は小病変の描出能に優れるが、転移巣も含めた全体的な診断能は MIBG シンチに劣るとされる<sup>8,9)</sup>。腫瘍特異性の高い MIBG シンチに比べて被ばくが多く、偽陽性や偽陰性例が多いため、MIBG シンチ陰性例など特殊な場合に使用が限られる。

以上より、神経芽腫の局所評価には、造影 CT または MRI が推奨され、遠隔転移の評価には、CT、MRI に加えて MIBG シンチが強く推奨される。

## 2 CT・MRI の選択

CT は造影剤使用が原則必須で、放射線被ばくを伴うというデメリットがあるが、短時間で体幹部全体を評

価でき、どの施設でも比較的容易に撮影可能な利点がある。MRIは、組織分解能が高いため造影剤の使用は必須ではないが、音が大きい、検査時間が長い、撮像範囲が限られるという欠点があり、CTよりも長い時間の鎮静を必要とする場合が多い。また、術前の血管評価には造影CTが優れ、中枢神経や脊柱管に進展した腫瘍の評価にはMRIが優れる。CTとMRIの両者を行うことはより診断に有用であるが、患児の状態や施設の状況によりモダリティを選択することが望ましい。

## ■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedにより neuroblastoma, diagnostic imaging をキーワードとして検索した。  
また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) Brisse HJ et al : Guidelines for imaging and staging of neuroblastic tumors : consensus report from The International Neuroblastoma Risk Group project. *Radiology* 261 : 243-257, 2011
- 2) Bar-Sever Z et al : Guideline on nuclear medicine imaging in neuroblastoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 45 : 2009-2024, 2018
- 3) Monclair T et al : The International Neuroblastoma Risk Group (INRG) Staging System : an INRG task force report. *J Clin Oncol* 27 : 298-303, 2009

## 【文献】

- 1) Brodeur GM : Neuroblastoma : biological insights into a clinical enigma. *Nat Rev Cancer* 3 : 203-216, 2003
- 2) Siegel MJ et al : Staging of neuroblastoma at Imaging : report of the Radiology Diagnostic Oncology Group. *Radiology* 223 : 168-175, 2002
- 3) Matthay KK et al : Criteria for evaluation of disease extent by 123I-metaiodobenzylguanidine scans in neuroblastoma : a report for the International Neuroblastoma Risk Group (ONRG) Task Force. *British Journal of Cancer* 102 : 1319-1326, 2010
- 4) Fendler WP et al : High 123I-MIBG uptake in neuroblastic tumours indicates unfavorable histopathology. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 40 : 1701-1710, 2013
- 5) Vik TA et al : 123I-mIBG scintigraphy in patients with known or suspected neuroblastoma : results from a prospective multicenter trial. *Pediatr Blood Cancer* 52 : 784-790, 2009
- 6) Rozovsky K et al : Added Value of SPECT/CT for correlation for MIBG scintigraphy and diagnostic CT in neuroblastoma and pheochromocytoma. *AJR Am J Roentgenol* 190 : 1085-1090, 2008
- 7) Mueller WP et al : Nuclear medicine and multimodality imaging of pediatric neuroblastoma. *Pediatr Radiol* 43 : 418-427, 2013
- 8) Sharp SE et al : 123I-MIBG scintigraphy and <sup>18</sup>F-FDG PET in neuroblastoma. *J Nucl Med* 50 : 1237-1243, 2009
- 9) Papanthasiou ND et al : <sup>18</sup>F-FDG PET/CT and <sup>123</sup>I-metaiodo- benzylguanidine imaging in high-risk neuroblastoma : diagnostic comparison and survival analysis. *J Nucl Med* 52 : 519-525, 2011

BQ<sup>90</sup>神経芽腫の治療後の経過観察において  
MIBG シンチグラフィは推奨されるか？

## ステートメント

神経芽腫の経過観察に MIBG シンチグラフィは有用であり、推奨する。

## ■ 背景

神経芽腫は交感神経系由来の胎児性腫瘍であり、頭蓋底から骨盤内のどこにでも生じうる。神経芽腫は1歳から4歳までの頭蓋外腫瘍において最多であり、小児期における癌死の原因の約15%を占める。小児癌の7~10%に相当し、ピークは2歳未満、90%は5歳までに診断される。神経芽腫症例の約70%は診断時に転移が見られるが、予後は診断時年齢、臨床病期、生物学的因子と強く相関する<sup>1-3)</sup>。MIBGを用いたシンチグラフィによる遠隔転移の評価は神経芽腫の予後と相関すると報告されている<sup>4)</sup>。すでに本邦においても神経芽腫症例にMIBGシンチグラフィが広く用いられているが、治療後の経過観察における有用性を検討した。

## ■ 解説

Okuyamaらは40例の治療後の経過観察において<sup>123</sup>I-MIBGによる平面像およびSPECTを用い、8例11病変のうち、10病変(91%)の再発腫瘍を描出し得た。そのうち3例では腫瘍マーカーの上昇は見られなかった<sup>5)</sup>。Rozovskyらは11例の神経芽腫症例を検討し、全身像とSPECTにより5例で再発を検出したが、診断用CTで検出し得たのは2例であったとし、MIBGによるSPECT/CTで所見がない場合は造影CTを省略し得ると言及している<sup>6)</sup>。

## ■ 検索キーワード・参考にした二次資料

Pubmedによりneuroblastoma, MIBG, scintigraphy, followのキーワードを用いて検索した。その中から4編を選択した。

## | 文献 |

- 1) Brodeur GM et al : Revisions of the international criteria for neuroblastoma diagnosis, staging, and response to treatment. *J Clin Oncol* 11 (8) : 1466-1477, 1993
- 2) Shimada H et al : International neuroblastoma pathology classification for prognostic evaluation of patients with peripheral neuroblastic tumors : a report from the Children's Cancer Group. *Cancer* 92 (9) : 2451-2461, 2001
- 3) Bown N et al : Gain of chromosome arm 17q and adverse outcome in patients with neuroblastoma. *N Engl J Med* 340 (25) : 1954-1961, 1999
- 4) Schmidt M et al : The prognostic impact of functional imaging with (123) I-MIBG in patients with stage 4 neuroblastoma >1 year of age on a high-risk treatment protocol : results of the German Neuroblastoma Trial NB97. *Eur J Cancer* 44 (11) : 1552-1558, 2008
- 5) Okuyama C et al : Utility of follow-up studies using meta- [123 I] iodobenzylguanidine scintigraphy for detecting recurrent neuroblastoma. *Nucl Med Commun* 23 (7) : 663-672, 2002
- 6) Rozovsky K et al : Added value of SPECT/CT for correlation of MIBG scintigraphy and diagnostic CT in neuroblastoma and pheochromocytoma. *AJR Am J Roentgenol* 190 (4) : 1085-1090, 2008