

平成29年度 SART支部合同勉強会



撮影セミナー 2018

～更なるスキルアップを目指して～

日時 2018年2月17日(土) 9:50～18:30

参加費 2,000円

会場 済生会川口総合病院 講堂(B1)
埼玉県川口市西川口5-11-5

セッション1 10:00▶11:30	一般演題(各15分)	座長 船橋市立医療センター 石塚 瞬一 堀ノ内病院 小池 正行
-----------------------	------------	------------------------------------

- | | | |
|-------------------------------|-------------------|--------|
| ①「新しい画像処理パラメータの画質評価」 | 埼玉県済生会川口総合病院 | 内藤 完大 |
| ②「当院における最大後屈撮影」 | さいたま市立病院 | 金子 瑤平 |
| ③「撮影室での安全な移乗～脊髄損傷者のトランスファー～」 | 国立リハビリテーションセンター病院 | 肥沼 武司 |
| ④「整形外科領域におけるEI値による至適撮影条件の管理法」 | 埼玉県済生会川口総合病院 | 岡田 翔太 |
| ⑤「重力ストレス撮影による 足関節回外外旋骨折の評価」 | 上尾中央総合病院 | 茂木 大哉 |
| ⑥「当院における全脊椎撮影」 | 獨協医科大学埼玉医療センター | 宇津木 克弥 |

セッション2 11:40▶12:40	メーカーセッション	座長 さいたま赤十字病院 大河原 侑司
-----------------------	-----------	---------------------

「ランチョンセミナー(各社20分)」

富士フィルムメディカル株式会社
コニカミノルタジャパン株式会社
キャノンライフケアソリューションズ株式会社

技師講演 12:50▶13:50	MRIセッション	座長 東京警察病院 放射線科 古河 勇樹
---------------------	----------	----------------------

- | | | |
|--|--------------|-------|
| ①「脊椎MRIの基礎」 | 東京メディカルクリニック | 荒木 智一 |
| ②「日常検査から考える脊椎MRI
- 更なるスキルアップのために -」 | 埼玉県済生会川口総合病院 | 丸 武史 |

セッション3 14:00▶15:00	小児撮影セッション	座長 さいたま赤十字病院 渡部 伸樹
-----------------------	-----------	--------------------

- | | | |
|---|--------------|-------|
| ①「小児外傷撮影と固定方法」 | 埼玉県立小児医療センター | 持田 朋之 |
| ②「当院における小児全身骨撮影項目の検討
- 子ども虐待対応・医学診断ガイドをふまえて -」 | 埼玉医科大学病院 | 新井 舞 |

セッション4 DR 15:10▶16:10	DRセッション	座長 獨協医科大学埼玉医療センター 高橋 利聡
--------------------------	---------	-------------------------

- | | | |
|----------------------|----------|-------|
| ①「DRLを測定してみても～整形領域～」 | さいたま市立病院 | 福田 栞 |
| ②「散乱線補正処理技術の活用法」 | 埼玉医科大学病院 | 堀切 直也 |

教育講演 16:20▶17:20	「(教育講演)」	座長 越谷市立病院 村本 圭祐、上尾中央総合病院 仲西 一真
---------------------	----------	--------------------------------

「良肢位を考慮した肩関節撮影」
春日部市立医療センター 工藤 年男

特別講演 17:30▶18:30	「(特別講演)」	座長 埼玉県済生会川口総合病院 土田 拓治
---------------------	----------	-----------------------

「脊椎専門医からみた画像検査の役割」
埼玉県済生会川口総合病院 坂井 顕一郎 先生

※ 駐車券はございませんので 公共の交通機関をご利用ください

お問い合わせ先
所沢ハートセンター 放射線科
大西圭一
04-2940-8611(代)

平成 29 年度 SART 支部合同勉強会 抄録集

開催日：2018 年 2 月 17 日（土）

場 所：済生会川口総合病院 講堂 B1

掲載内容：骨軟部撮影セミナー 2018 ～更なるスキルアップを目指して～

【掲載月】

2019 年 5 月 256 号

「新しい画像処理パラメータの画質評価」

済生会川口総合病院 内藤 完大

「撮影室での安全な移乗～脊髓損傷者のトランスファー～」

国立リハビリテーションセンター病院 肥沼 武司

「重力ストレス撮影」

上尾中央総合病院 茂木 大哉

2019 年 7 月 257 号

「脊椎 MRI の基礎」

東京メディカルクリニック 荒木 智一

「日常検査から考える脊椎 MRI ～更なるスキルアップのために～」

済生会川口総合病院 丸 武史

「小児外傷撮影と固定方法」

埼玉県立小児医療センター 持田 朋之

「当院における小児全身骨撮影項目の検討」

埼玉医科大学 新井 舞

2019 年 10 月 258 号

「DRL（診断参考レベル）を測定してみて～整形外科領域～」

さいたま市立病院 福田 栞

「散乱線補正処理技術の活用法」

埼玉医科大学病院 堀切 直也

「良肢位を考慮した肩関節撮影」

春日部市立医療センター 工藤 年男

「脊椎（腰椎）MRIの基礎」

健診会 東京メディカルクリニック 画像検査センター
荒木 智一

1. はじめに

脊椎（腰椎）MRIは、MRI検査の中で頻度も高く、早い段階で携わることが多いことから「ポジショニングも撮像も簡単!」、「ルーチン撮像すればとりあえず大丈夫でしょ!」、「検査時間がおしているな・・・腰椎なら時間短縮できる!」といった印象を持たれている方も多いのではないかと思います。しかし、ただ撮像するだけではなく、ポジショニング・撮像断面・画像知識など、エビデンスも含めて正しく理解しておくことが重要である。本稿では、脊椎（腰椎）MRIを撮像する上で最低限必要と考えられる基礎知識について紹介する。

2. T1・T2強調画像の基礎

2-1 椎間板・椎体の正常画像

椎間板の基本構造は二層構造で、外側が主に線維成分であるコラーゲンを多く含んだ線維輪、中心が水分含有量の高いプロテオグリカンを含む髄核で構成されている。T1強調画像では、両者の区別はつかず、椎間板全体が中等度～低信号となる。T2強調画像では、内側の髄核は水分含有量の高い組織であるため高信号、外側の線維輪は線維成分に富むため低信号となる（図1）。

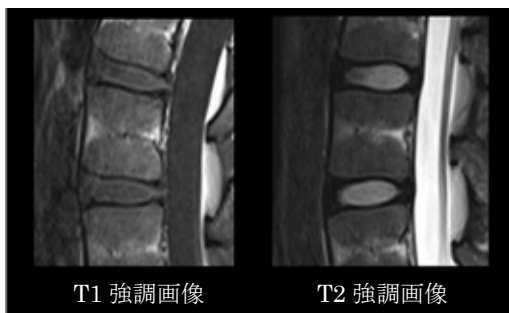


図1 椎間板（10歳代）のT1・T2強調画像

椎体の基本構造は、外側の皮質骨と内側の海綿骨（空洞の中に骨髄を含む）とで構成されている。

T2強調画像上では、全体的に等信号を示すのに対して、T1強調画像では、脂肪髄の信号が反映され高信号となる（図2）。

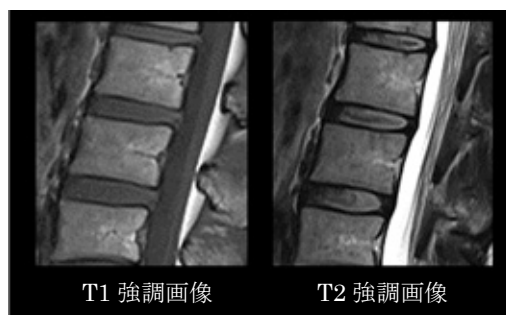


図2 椎体（30歳代）のT1・T2強調画像

2-2 椎間板・椎体（骨髄）の加齢性変化

2-2-1 椎間板

椎間板に変性が生じると、内側の髄核の水分含有量が低下し、T2強調画像で信号が低下する。さらに年齢を重ねることで椎間板全体の信号が低信号へと変化していく（図3）。しかし、これらの椎間板変性は、約7割に椎間板ヘルニアが認められたという報告もある一方、腰痛のない健常者でも約8割に見られたという報告もあるため、神経根症状を伴っているのかが重要となる。検査をする上で、画像所見があるからといってそれが必ずしも症状を伴うものではないということを認識しておくことが重要である。

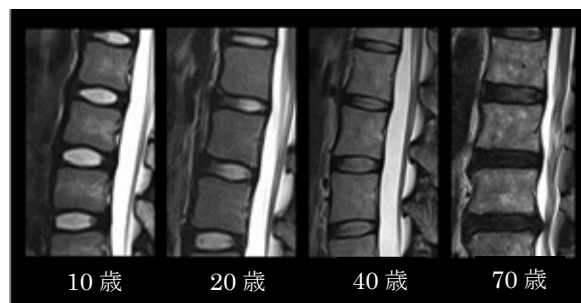


図3 椎間板の加齢性変化（T2強調画像）

2-2-2 椎体（骨髄）¹⁾

椎体の海綿骨を構成する骨髄は、造血髄である赤色骨髄と脂肪髄である黄色骨髄に分けられる。年齢を重ねるにつれて、骨髄は脂肪の含有量が増え赤色骨髄から黄色骨髄へと変化する（図4）。

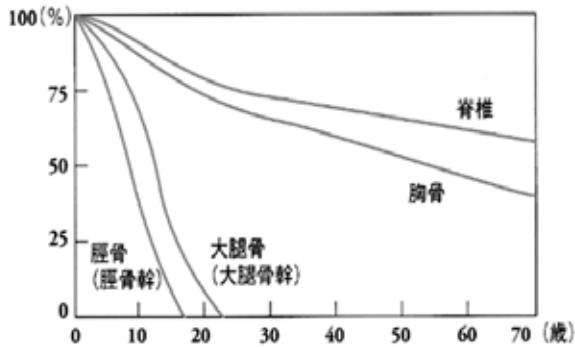


図4 成長に伴う骨髄の赤色髄から黄色髄への変化（縦軸は生下時を100とした骨髄の細胞数）

MRI 画像上の骨髄の信号変化は、生後6カ月頃より徐々に進行し、25歳～30歳で脂肪髄の信号を反映する。図5に加齢に伴う椎体（骨髄）の信号変化を示す。15歳の画像では、椎体中央部に限局した脂肪髄が認められるが、信号強度としては赤色骨髄の水成分を反映して、T2強調画像で等信号、T1強調画像で低信号を示している。30歳の画像では椎体全体が脂肪髄となり、T1強調画像で高信号を示していることがわかる。



図5 椎体（骨髄）の加齢性変化

3. 椎間板・椎体の変性所見

3-1 椎間板における変性

椎間板における早期の変性所見として、T2強調画像で椎間板前部に限局した低信号領域が認められることがある。これを central dot（図6左）という。外層に存在する線維輪の陥入や変異が原因である。

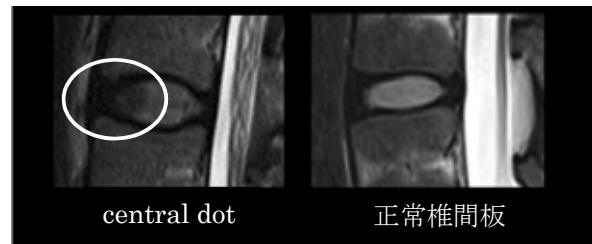


図6 早期椎間板変性所見（central dot）

また椎間板内を横に走る線上の低信号領域が認められる時がある。これを、intranuclear cleft（図7左）という。central dotと同様、外層に存在する線維輪の陥入や変異が原因である。

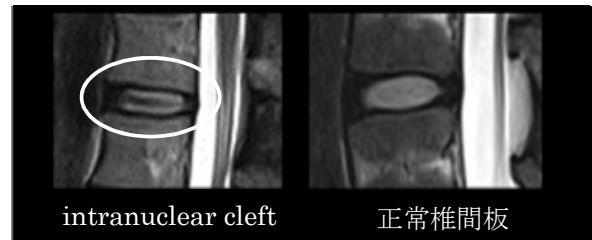


図7 早期椎間板変性所見（intranuclear cleft）

これらの早期椎間板変性は、生理的变化として良いとされているが、知っておく必要のある変性である。

3-2 椎体（骨髄）における変性

T1強調画像上で、椎体内の脂肪髄化した骨髄の中に、多発性の低信号領域が認められることがあるが、これは再転換または過形成性骨髄という（図8）。



図8 再転換（過形成性骨髄）を示した T1 強調画像

何らかの原因で脊髄の造血能が亢進すると、脂肪髄は造血髄に再転換することがあり、T1 強調画像上で低信号領域として認められることがある。造血能が亢進する原因は、多く存在するため、臨床所見や他の検査結果と比べることが非常に重要である。(図9)

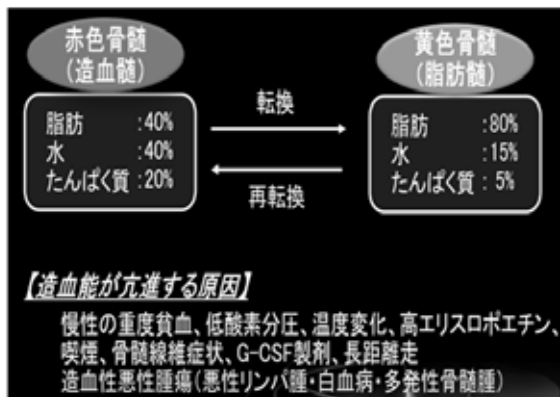


図9 造血能の亢進原因

4. 脊椎における STIR 法の有用性

4-1 STIR 法の特徴

STIR 法は非選択的脂肪抑制法であり、水と脂肪の緩和時間差を利用した方法である。脂肪の null point でのデータ収集となるため、脂肪と同程度の T1 値を有する組織の信号も抑制されてしまうことから、造影後の撮像には使用することができない。しかし、CHESS 法に比較して磁場の不均一性に強いという最大の利点を持つ。

図10は、腰椎スクリー術後で金属インプラントがあるが、CHESS 法に比べて STIR 法ではメタルアーチファクトの影響が小さく、磁場の不均一性に強いということが分かる。



図10 腰椎スクリー術後の各画像

図11は、頸椎冠状断において、CHESS 法では肩周囲は、空気と実質との境界で磁場の不均一により脂肪抑制効果が不十分であるが、STIR 法では良好な脂肪抑制が得られている。

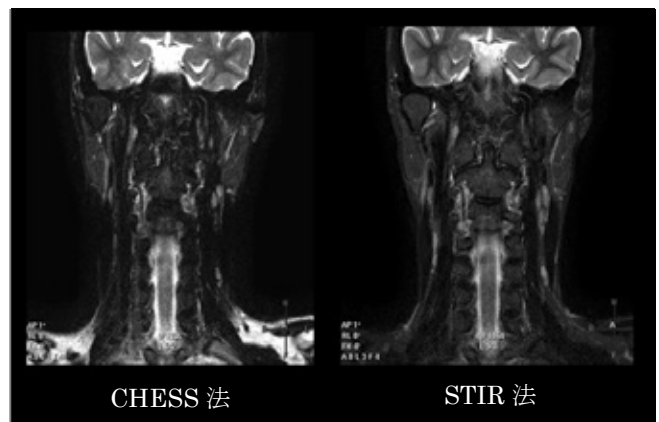


図11 頸椎冠状断の各画像

4-2 STIR 法が有用な症例

Case 1

外傷性の脊椎圧迫骨折において、図12のように T2・T1 強調画像上で、L5 と L3 に圧迫骨折が認められる。STIR 画像上では、L3 が高信号に描出され、早期の浮腫性変化を表し新鮮圧迫骨折であることが分かる。STIR 法では、陈旧性圧迫骨折か、それとも新鮮圧迫骨折かの鑑別をすることができる。



図 12 圧迫骨折の各画像

Case 2

60 歳代男性で、腰痛を主訴に受診し、MRI 撮像となった。T2・T1 強調画像では、椎間板の変性や脊柱管狭窄症以外に所見はないが、STIR 法を撮像すると、L1 棘突起に高信号領域が認められ血管腫の診断となった。T2・T1 強調画像のみの撮像では、見落とす可能性のあった症例である。

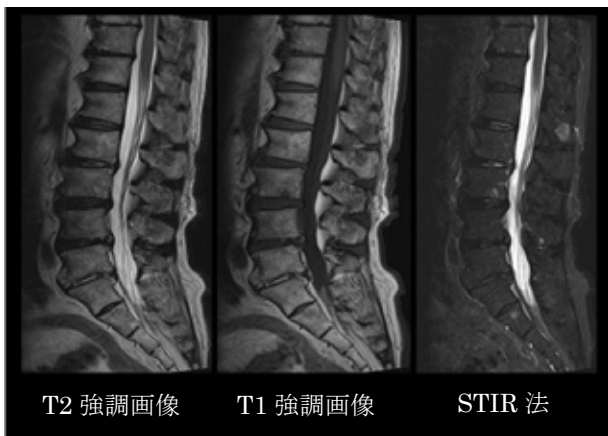


図 13 STIR 法が有用な症例画像

これらの症例のように、STIR 法は T2・T1 強調画像のみでは気が付くことができない、異常信号の見落としにも有用であると考えられる。

5. 撮像断面設定時の注意点（腰椎）

5-1 矢状断（Sagittal）の断面設定

腰椎 MRI において、最初に撮像するのが矢状断（Sagittal）画像だと思われるが、どこまでを撮像範囲とすればよいのか、エビデンスに基づい

た指標が必要となる。

椎間孔には、腹側と背側神経根が通っているが（図 14）、加齢などに伴い椎体の配列が乱れ、外側ヘルニアが生じると、椎間孔の狭窄を招き、腰痛や下肢痛の原因になるといわれている。そして椎間孔狭窄の診断において、T1 強調 Sagittal 画像は、椎間孔部の脂肪消失の有無を観察することが、椎間孔狭窄の評価をする上で感度が高いといわれている。このことから、矢状断（Sagittal）画像の撮像範囲は、左右の椎間孔狭窄が十分に確認できるレベルまで含める必要があるといえる。

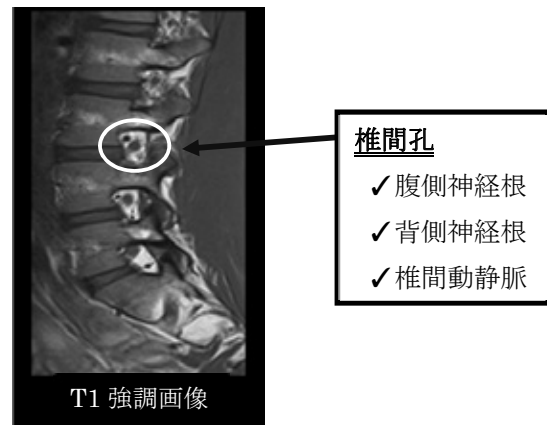


図 14 T1 強調画像における椎間孔

椎間孔狭窄に伴って周囲脂肪が消失している例を図 15 に示す。左の正常椎間孔所見の T1 強調 Sagittal 画像では、椎間孔の周囲が脂肪に覆われているのに対して、右の椎間孔狭窄所見の T1 強調 Sagittal 画像では、椎間孔周囲の脂肪が消失していることが分かる。

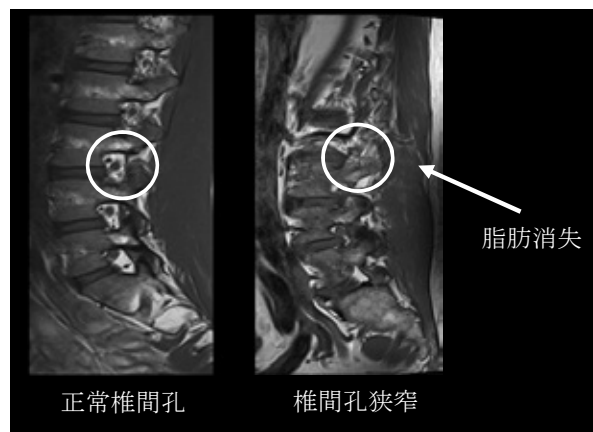


図 15 椎間孔狭窄の T1 強調 Sagittal 画像

では実際、十分な椎間孔を含む範囲とはどこまでかということ、図16、①のように、椎体外側の位置でスライスすると、L4-5、L5-S1の椎間孔の一部が確認できる。さらに、椎体辺縁より1スライス外側を撮像すると、椎間孔は確認され十分に椎間孔を含んでいると言える。

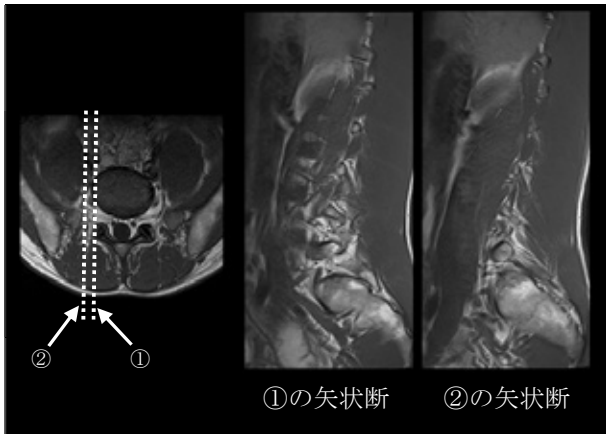


図16 矢状断 (Sagittal) の断面設定

以上のことから、左右の椎間孔を十分に含めた撮像範囲は、椎体辺縁より1スライス外側までと考える。

図17のT1強調Sagittal画像において、胸椎12番に転移性脊椎腫瘍が認められ、Axial断面上で、椎弓根を超えて椎弓全体に腫瘍が広がっていることが分かる。このように、転移性脊椎腫瘍では、必ず椎弓を十分に含めた矢状断 (Sagittal) 断面の設定が必要である。

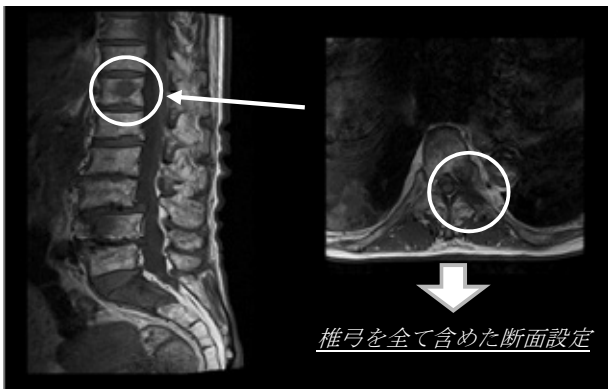


図17 転移性脊椎腫瘍の矢状断 (Sagittal)

5-2 横断 (Axial) の断面設定

Axial断面の基本は、椎間板にできるだけ平行とし、椎間板中心に3スライスが基本である。連続したAxialの断面設定が必要な症例としては、椎体骨折・転移性骨腫瘍・骨髄内腫瘍・感染などが挙げられる。

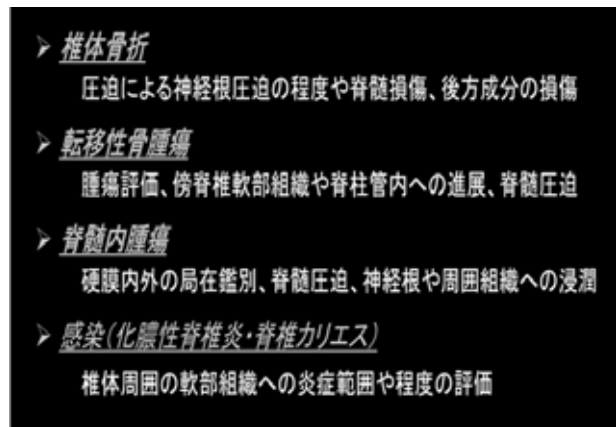


図18 連続したAxial断面設定が必要な症例

また脊椎分離症の症例では、図19のようにPedicle (椎弓) に沿ったOblique Axial断面設定で、骨髄浮腫の範囲を広く観察できる。

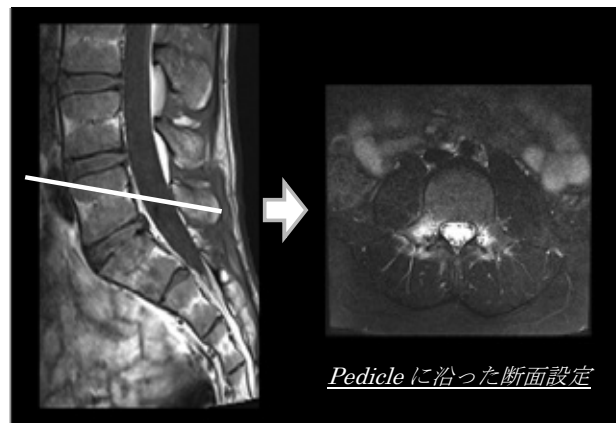


図19 脊椎分離症の横断 (Axial) 断面設定の一例

5-3 冠状断 (Coronal) の断面設定

冠状断 (Coronal) は追加撮像としている施設が多いと思われるが、冠状断の有用な症例としては、神経根の観察時、小児における脊椎分離すべり症・疲労骨折、仙腸関節炎や高齢者で多い仙骨の脆弱骨折、化膿性脊椎炎 (硬膜外膿瘍や傍椎体腫瘍を形成)・脊椎カリエス (腸腰筋膿瘍を合併することが多い) などがある。症例によって画像観察のポイントが異なることを念頭に撮像範囲の設定を行う必要がある (図 20)

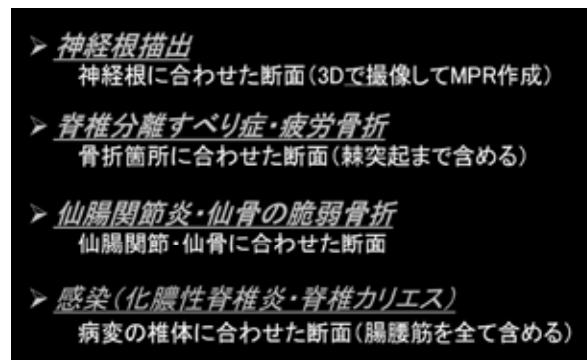


図 20 冠状断 (Coronal) が有用な症例

6. さいごに

本セミナーでは、脊椎 (腰椎) MRI を撮像する上で最低限必要となる基礎知識について紹介した。各施設でルーチンの設定があると思うが、なぜそのようなルーチンになっているのかをしっかりと理解して検査を行うことが重要である。本セミナーの内容が、検査の理解を深め画像を理解するきっかけになれば幸いである。

参考文献

- 1) 骨軟部疾患の画像診断, 上谷雅孝ほか
- 2) Aota Y (Spine.2007 Apr 15;32 (8) : 896-903.)

「日常検査から考える脊椎 MRI」

～更なるスキルアップのために～

済生会川口総合病院
丸 武史

1. はじめに

MRI は、脊椎・脊髄領域の画像診断においてなくてはならないモダリティの1つである。当院における脊椎 MRI 検査は全検査の4割近くを占めており、撮像しない日はないのが現状である。そのためプロトコルはルーチン化されており、基礎的な理解があれば経験の浅い深いに関わらず比較的簡便に撮像を行うことが可能な検査である。しかし、その中においても、さまざまな疑問点や改善点が存在することを実感する。そこで、日常検査から得られる点を考察しフィードバックすることによって、診療放射線技師のスキルアップに貢献したいと考えた。

本稿では、日常検査から得られる脊椎 MRI のポイントを当院における取り組みも含めて解説を行った。なお、取り上げる内容は部分的な紹介であるため、他の部分は成書を参考にさせていただき今後の業務に役立てていただきたい。

2. 撮像技術におけるポイント

2-1 アーチファクト

MRI 画像には必ずアーチファクトが存在している。そのため、診断に影響を与えるアーチファクトを見極めることが重要である。診断に影響を与えかねないアーチファクトが生じた場合は、それを抑制したり、見たい対象から外したり、もしくはアーチファクトだと断定できる根拠を提出するなどの対策が必要である。そのためには撮像技術の理解が重要だと考える。

脊椎 MRI において、診断に影響を与えるアーチファクトとなるモーション・ゴーストアーチファクト、脳脊髄液の流れによる flow void、磁化率アーチファクトについて、撮像技術を中心にポイントを紹介する。

2-2-1 モーション・ゴーストアーチファクト

患者の動きや脳脊髄液の拍動による動きによって画像のブレや、線状の低信号・高信号領域が発生するアーチファクトである (図1)。

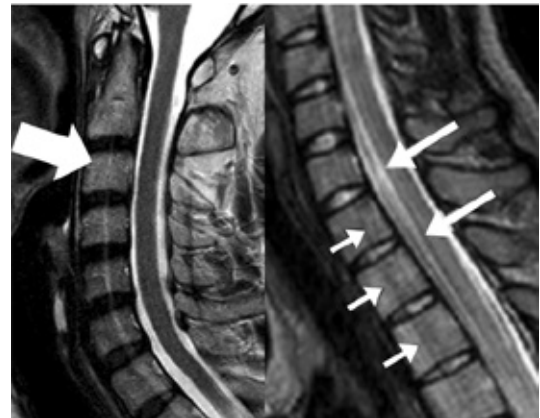


図1 モーション・ゴーストアーチファクト

このアーチファクトは患者や脳脊髄液の拍動による「動き」に起因するため、画像の位相エンコード方向に出現する。よって、動く要素が少ない方向に位相エンコード方向を設定することによって改善が可能である (図2)。

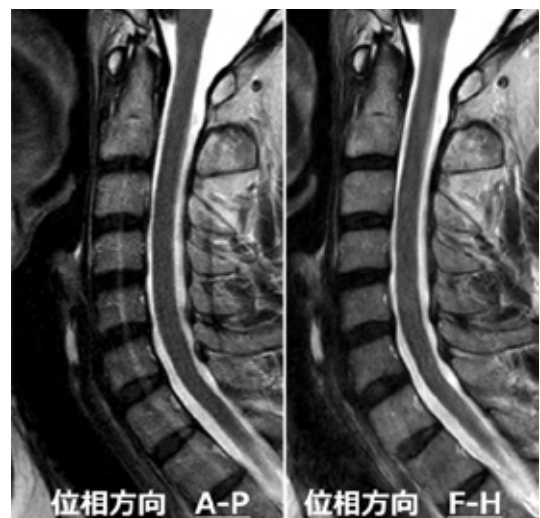


図2 位相エンコード方向による違い

それでも動きによるアーチファクトが発生してしまう場合には、echo space を短く設定することも有用である（図3）。これは echo space を短くすると収集時間が短縮されることに起因する。ただし、echo space の変更は使用するメーカーや装置によってさまざまなトレードオフが存在するため注意が必要である。

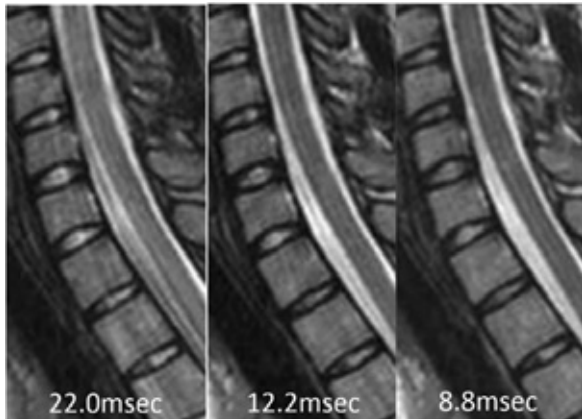


図3 echo space 短縮の効果

脳脊髄液の拍動による動きの影響が強い場合は、流体補正技術である flow compensation の使用も有効である（図4）。この技術は、先述した echo space の短縮と併用することも可能である。

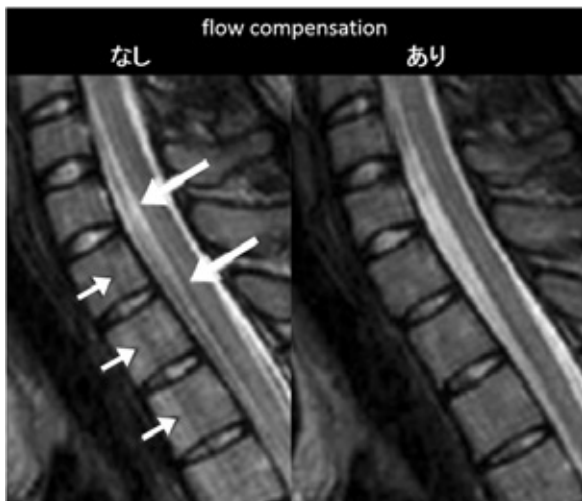


図4 flow compensation の効果

本稿では割愛するが、この他にもラジアルスキャンなどの技術も動きを抑制できる撮像技術であるため活用が可能である。

2-2-2 脳脊髄液の流れによる flow void

硬膜内の脳脊髄液は循環しているため、励起したプロトンが撮像スライス面内から流出し、信号が取得できず低信号領域が発生する（図5）。

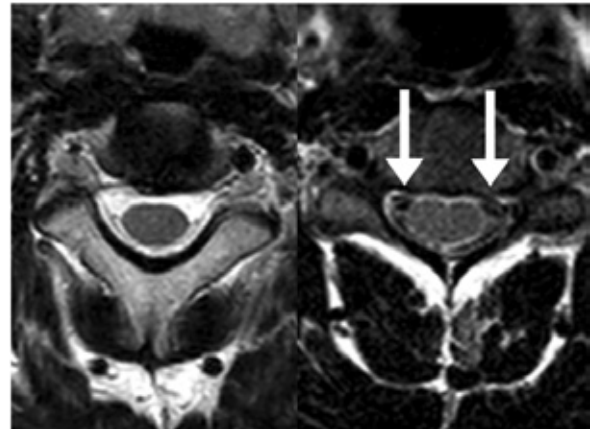


図5 flow void によるアーチファクト（右）

このアーチファクトも脳脊髄液の流れに起因するため、先述した flow compensation の使用は有用である。ただし、装置によっては直交する流れを補正するもの、水平な流れを補正するもの、あえて低信号にするものなど種類が存在するため、適切な flow compensation が付加されているか確認することも重要である（図6）。

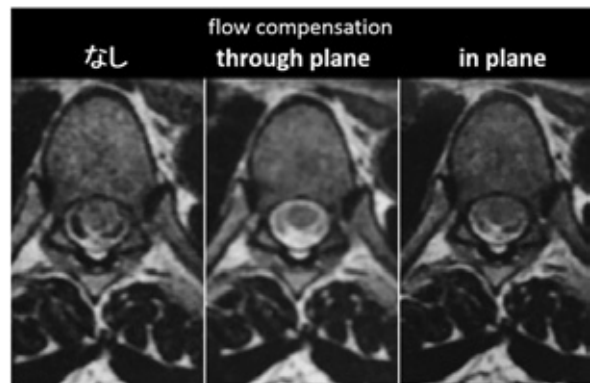


図6 flow compensation の種類

しかし、上記のような流体補正を行ったとしても発生を避けられない場合が存在する。その場合は他方向から撮像した断面を確認することによってアーチファクトかどうかの判断が可能である（図7）。これは flow void は流れの方向と直交断面で目立ち、水平断面では目立たない特徴がある

ためである。そのため、アーチファクトか病変かどうかを疑った場合は、必ず2方向以上の断面を撮像する必要がある。この方法が「アーチファクトだと断定できる根拠を提出する」方法であるともいえる。

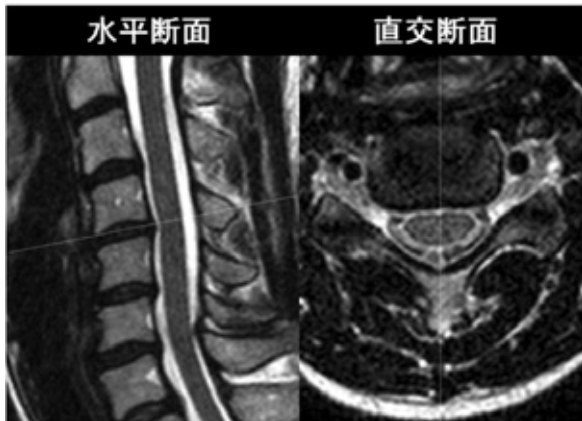


図7 断面方向による flow void の影響

また flow void は SE 系の T2WI でよく発生し影響を与える現象である。そのため SE 系ではない GRE 法の T2*WI や Balanced (true FISP) シーケンスを使用することによっても抑制が可能である (図8)。

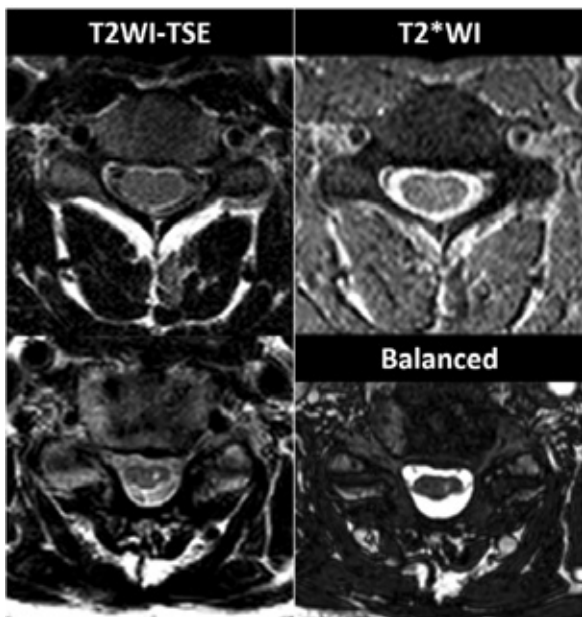


図8 T2*WI、Balanced (true FISP)

しかし、シーケンスの種類が異なるためコントラストが異なる点に注意が必要である。診断には

SE 系のシーケンスが必要となってくる場合があるため、当院では追加撮像として活用している。

2-2-3 磁化率アーチファクト

脊椎 MRI 検査において、脊椎 OPE 後の体内インプラントは磁化率アーチファクトを発生させ、診断の妨げとなる。磁化率アーチファクトは、磁性体によって局所磁場の乱れが発生し、位相変化を引き起こして信号の位置情報にズレ (欠損) が生じる現象である。

磁化率アーチファクトを低減するにあたり、シーケンスは SE 系を選択する必要がある。さらに T2WI における脂肪抑制法も STIR 法を選択する。これらの方法は一般的にプロトコールとして選択されていると思われる。その上でさらに低減するためには、位相変化の影響を最小限にとどめることが必要である。本稿において原理は割愛するが、SE 系におけるパラメータとしてはボクセルサイズとバンド幅が関係している。ボクセルサイズを小さく、バンド幅を広くすることによって位相変化による影響が画像上で小さくなり、磁化率アーチファクトが低減される。ただしトレードオフとして SNR が低下するため注意が必要である。この他に、周波数エンコード方向を変更することによって磁化率アーチファクトによる欠損方向を変更することも可能である (図9)。

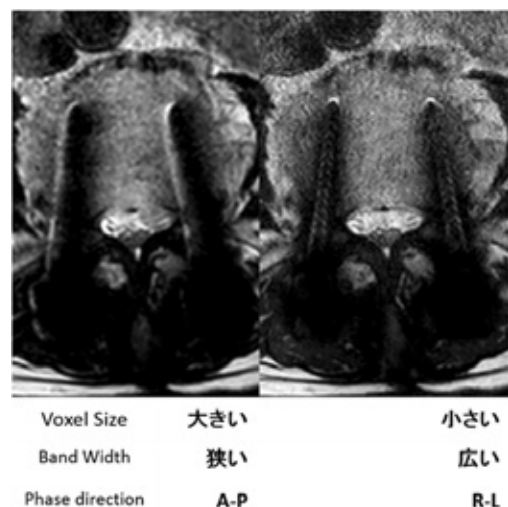


図9 磁化率アーチファクトの低減

装置によっては、VAT法やSEMAC法などを利用した磁化率 artifact 低減ソフトが存在するため、使用可能な場合は考慮に含めることを推奨する。

2-3 撮像技術におけるまとめ

今回アーチファクトの低減を目的として撮像技術のポイントを紹介した。アーチファクトの影響や程度は対象それぞれであるため、アーチファクトの発生機序を理解し、抑制のための方法を知っておくことは重要であると考えられる。それに加えて、パラメータや撮像方法を変更した場合、画像にどのような影響を与えるか知っておくことも必要である。アーチファクトの発生や低減には原理が大きく関係しているため、撮像技術のスキルアップを図るには原理の理解が不可欠であるといえる。

3. 画像診断におけるポイント

3-1 画像診断における知識

画像診断の知識が必要な理由は、撮像しているわれわれ診療放射線技師がシーケンスを選択し撮像範囲を決定することが多いためである。対象の病変によって有用なシーケンスが異なることがあり、ルーチンに含まれていないシーケンスを追加した方がよい場合も存在する。また限られた時間の中で診断に必要な画像を取得する必要があることも挙げられる。最終的な画像診断は医師の役割であるが、診断方法を知ることで診断のポイントを理解でき、結果として臨床意義の高い画像を提供できると思われる。本稿では、日常検査で経験したスキルアップに繋がると思われる症例や当院での取り組みを紹介する。

3-2-1 頸椎神経根症

頸椎神経根症は、骨棘や靭帯の肥厚、椎間関節の変性などにより、神経が圧迫される病態である。MRIにおいてT2WIの矢状断像でルシユカ関節の狭小化を認め、同部位の横断像にて神経根の圧迫がみられる（図10）

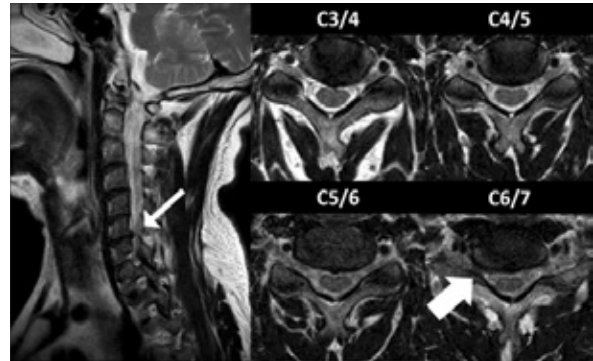


図10 頸椎神経根症のMRI

本疾患は、神経根の圧迫を矢状断像と横断像にて評価しなければならないが、頸椎の矢状断像では神経根の評価がしづらいことがある。これは頸椎の矢状断は椎間孔を斜めにスライスすることになるためである（図11）。

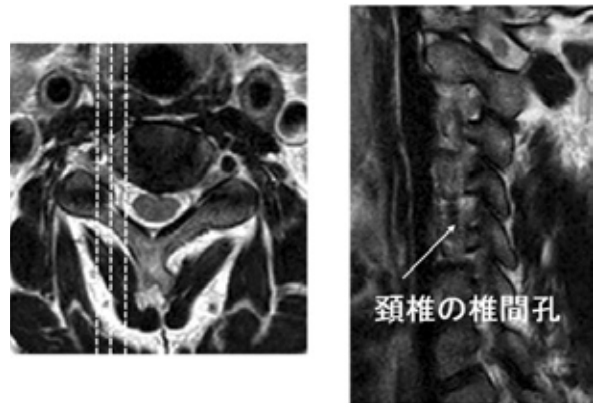


図11 頸椎矢状断像における椎間孔

当院の整形外科医からも神経根の評価がしづらいとのコメントをいただいたため、神経根症を疑った場合は3D-T2W-VISTA（3D-T2W-FSE）を冠状断で撮像し、MPRにより斜冠状断を作成している（図12）。一般撮影と同様に、神経根の観察は斜位による観察が適していると考えられる。特に圧迫の原因が椎間板ヘルニアであった場合は、MRIでの評価が重要となってくるため有用だと思われる。当院の取り組みが参考になれば幸いです。

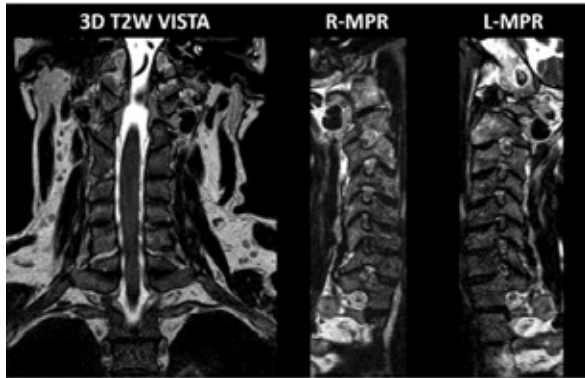
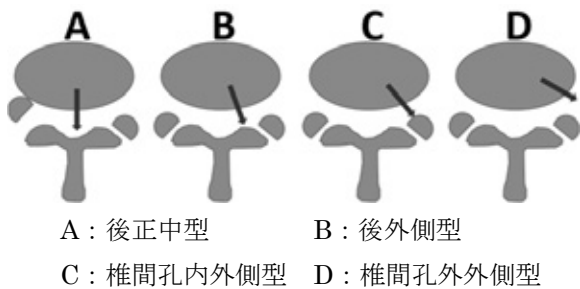


図 12 3D-T2W-VISTA による斜冠状断

3-2-2 腰椎椎間板ヘルニア

腰椎椎間板ヘルニアは突出した髄核の横断面での脱出方向により4つの型に分類される(図13)

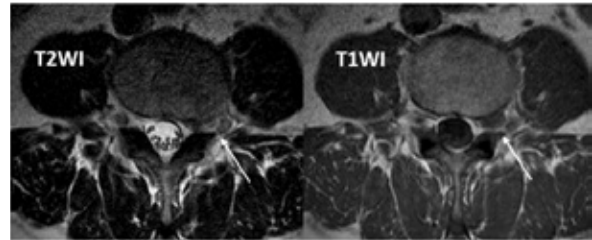


A: 後正中型 B: 後外側型
C: 椎間孔内外側型 D: 椎間孔外外側型

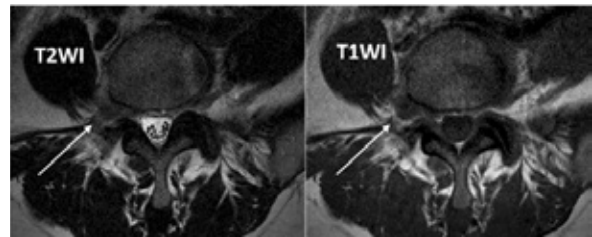
図 13 腰椎椎間板ヘルニアの分類

後正中型・後外側型のヘルニアの診断は容易であり、脊髓腔造影やCT-Myelographyにおいても同様である。MRIにおいて注意しなければならないのは椎間孔型のヘルニアである。椎間孔型ヘルニアの場合、硬膜嚢に変形が見られないので診断は困難となる。椎間孔型ヘルニアでは、椎間孔内外の脂肪組織の減少・消失の所見が重要であるため、横断像はT2WIに加えT1WIを追加する。T1WIの撮像によりヘルニアと脂肪組織の間には高いコントラストが得られる。よってヘルニアの同定・進展範囲の把握が容易になる(図14)。T1WIの横断像は省略されがちであるが、有用な症例もあるため追加撮像も考慮に含めることを推奨する。

また椎間孔型に関しては、薄いスライス厚の冠状断も神経根の評価に有用である。当院では脂肪抑制3D-FFEを採用している。



椎間孔内外側型



椎間孔外外側方

図 14 椎間孔型ヘルニアの横断像

3-2-3 化膿性脊椎炎

化膿性脊椎炎は化膿性細菌による脊椎の感染である。脊椎炎の進展は椎体だけに留まらず椎弓等の後方成分、近接椎間板、脊柱管内の硬膜外腔にも進展する。

X-PやCTにおいては発見診断が困難なこともあり、MRIが必須となる病変である(図15)。

MRIの所見としては①T2WIで椎間板の菲薄化および高頻度で内部に高信号が見られること。②椎間板を挟んだ上下の2椎体にわたる信号変化があり、造影効果も見られることである(図16)。

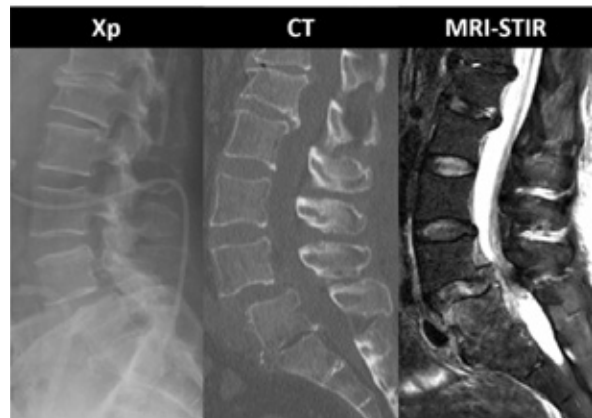


図 15 モダリティによる化膿性脊椎炎(L4・L5)

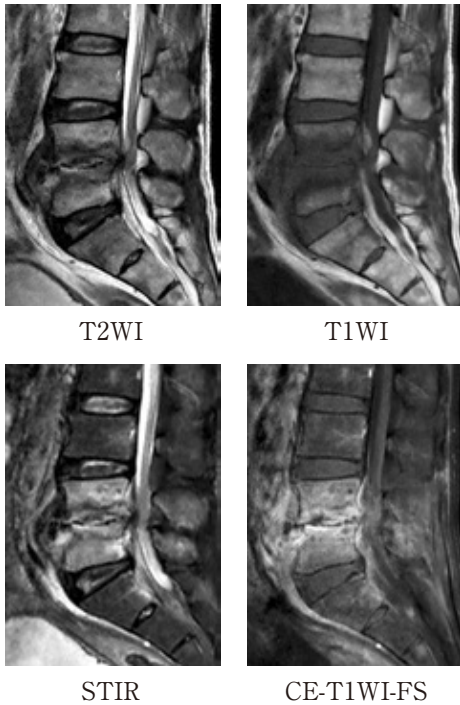


図 16 化膿性脊椎炎の MRI

化膿性脊椎炎は、付随する所見も多く、ルーチンシーケンスだけでなく追加撮像が必要なことも多い。以下に化膿性脊椎炎を撮像する際にポイントとなるシーケンスを示す。

(a) 脂肪抑制 T2WI

化膿性細菌による脊椎の感染が原因であるため、炎症による骨髄浮腫を反映することから、脂肪抑制 T2WI が必須となる。また、椎体だけでなく、椎弓などの後方成分・近接椎間板・脊柱管内の硬膜外腔・腸腰筋にも進展することから、脂肪抑制 T2WI の冠状断が進展範囲の確認に有用である (図 17)。検査当初から化膿性脊椎炎が疑われる場合は、脂肪抑制 T2WI の冠状断を最初に撮像することで、進展範囲を確認してからプランニングが可能である。

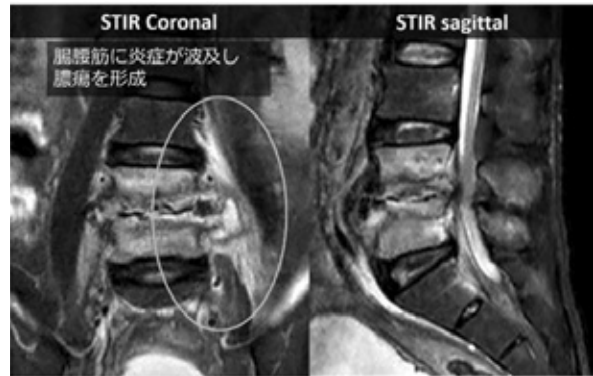


図 17 脂肪抑制 T2WI の有用性

(b) DWI

化膿性脊椎炎は傍脊椎や硬膜外に液貯留のある軟部腫瘍を形成 (75%) することが知られており、2 次的変化による膿瘍形成もすることから DWI も撮像すべきである (図 18)。

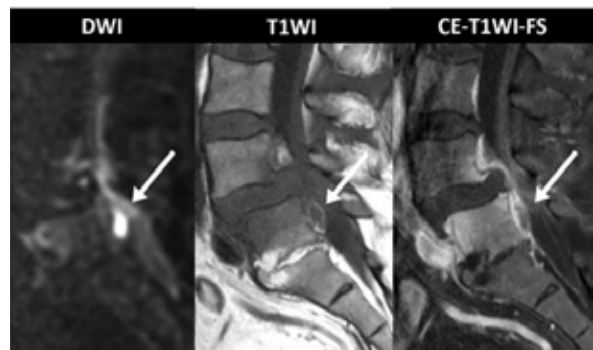


図 18 DWI による膿瘍の描出

(c) 造影後 T1WI

化膿性脊椎炎の所見として強い造影効果を示すことが知られている。そのため、造影効果を確実に判断できるシーケンスを選択すべきである。造影後に通常の T1WI で撮像してしまうと、脂肪髄や椎体周囲は高信号であることが多いため、造影された高信号領域はもとの高信号に埋もれてしまい、造影効果の有無が評価困難となる (図 19)。造影後の T1WI は脂肪抑制を併用することが望ましい。脂肪抑制 T1WI 造影されている部位が著明に高信号となるため造影効果や範囲の特定が容易となる。これは化膿性脊椎炎だけでなく、椎体病変全般の造影検査における共通なポイントである。

体内インプラントによるアーチファクトにより脂肪抑制が困難な場合は、通常の T1WI における造影後の画像から造影前の画像を Subtraction した画像も有用である (図 20)。

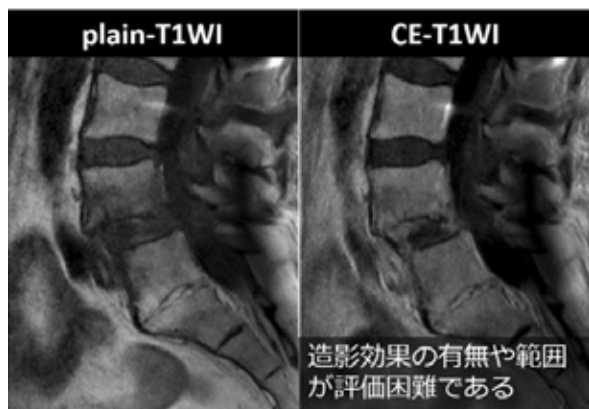


図 19 通常の T1WI による造影 MRI

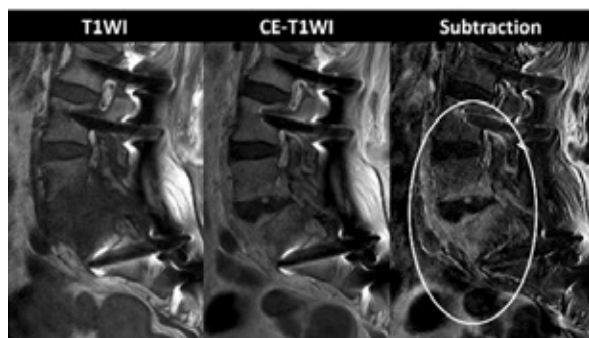


図 20 造影後の Subtraction 画像

3-3 脊椎 MRI でよく追加されるシーケンス

当院の脊椎 MRI におけるルーチンシーケンスは、STIR (脂肪抑制 T2WI)・T2WI・T1WI の矢状断像、T2WI・T1WI の横断像となっている。これによく追加されるシーケンスとして、先述した冠状断の STIR、脂肪抑制 3D-FFE の冠状断、3D-T2W-VISTA (3D-T2W-FSE) の冠状断、DWI の矢状断がある。その中でも DWI は、その原理の複雑さゆえに用途に迷うものとして捉えられることが多いと考える。DWI について簡単な用途について紹介したい。

DWI は拡散強調画像のことであり、文字通り水分子の拡散の差を強調した画像である。よく使用される症例として、急性期脳梗塞が挙げられる。急性期の脳梗塞にて梗塞部位が DWI で高信

号となるのは、血液循環の低下により細胞に浮腫が生じ、細胞外液の水分子に拡散制限が生じたためである (図 21)。

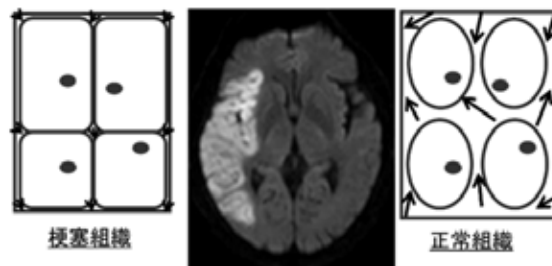


図 21 急性期脳梗塞の水分子

つまり、脳梗塞が DWI で高信号になるのではなく、水分子の拡散が制限されている部位が高信号となるわけである。よって、水分子の拡散制限が引き起こされる病態が疑われた場合に DWI が選択される。水分子の拡散制限が引き起こされる病態を以下に示す。

- ①細胞性浮腫 (梗塞)
- ②高細胞密度 (悪性腫瘍に多い)
- ③間質繊維化 (繊維化腫瘍)
- ④粘稠な液体 (膿瘍、粘液、血腫)

脊椎 MRI においては、先述した化膿性脊椎炎 (膿瘍形成による高信号) や、転移性脊椎腫瘍 (高細胞密度による高信号)、脊髄梗塞 (細胞性浮腫による高信号) がある (図 22)。その他にも、腫瘍性病変が疑われた場合には細胞密度の把握のために追加されることが多い。このように必要になる病態を理解することで、症例に併せて DWI を用いることが可能である。

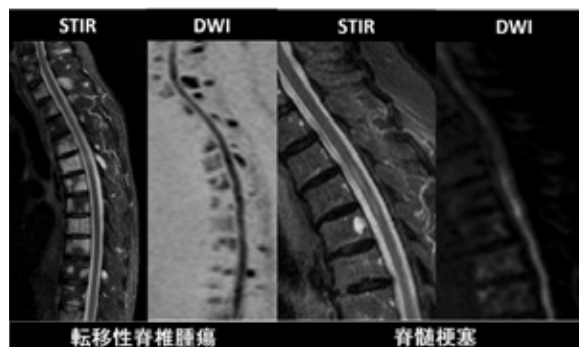


図 22 DWI が有用な疾患

3-4 画像診断におけるポイントのまとめ

症例ごとの画像診断のポイントを理解することで、MRIで得意な疾患・苦手な疾患を理解でき、その疾患におけるMRI診断のポイントをおさえることが可能である。また、対象疾患との鑑別が必要な疾患および存在・鑑別診断に有用なシーケンスを知ることで更なる応用が可能である。このように、診断に何が有用か理解することは非常に重用だと考える。

4. 知っている役立つ知識

4.1 デルマトーム

デルマトームとは、皮膚感覚帯とも呼ばれ、神経根ごとの皮膚表面の感覚（触覚・痛覚・温度覚）の領域を表したものである。この知識があると症状の部位からどの神経に障害があるか予測することができる。そのため、撮像計画をたてやすくなることや、ルーチンに含まれていない椎体レベルに病変がある場合の見逃し防止にも効果があると考えられる。

4.2 他部位の病変の存在

脊椎MRIに限られたことではないが、撮像された画像の中に目的病変とは異なる病変が存在している場合がある。腰椎MRIでは脊椎のほかに大動脈・腎臓・尿管・膀胱・子宮・卵巣などの組織が含まれることが多い。そのような脊椎ではない部位に主訴の原因となる疾患が存在することがある。例を図23に示す。「背部痛、下肢の脱力感」が主訴である患者に対し、脊椎MRIが施行されたものである。図23に示すように、T2WI矢状断の最外側スライスの大動脈内に2層構造が見られ、追加撮像により大動脈解離を認めた症例である。このように脊椎・脊髄だけでなく、他組織に病変が存在することがあるため、視野を広く持つことは重要だと考える。またその存在に気づくためにも臨床の知識を広く持つことや、他モダリティの画像の見方、血液データなどの総合した知識が必要であるといえる。

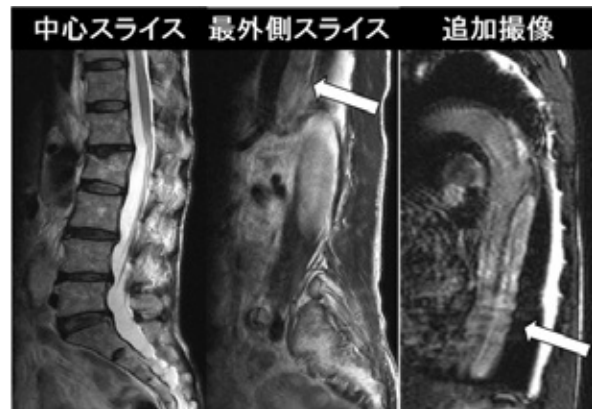


図23 腰椎検査にて発見された大動脈解離

5. さいごに

脊椎MRIは脊椎・脊髄領域の画像診断において必須のモダリティである。冒頭でも述べたように、多くがルーチン化され、基礎的な理解があれば比較的簡便に撮像を行うことが可能な検査である。その中で更にスキルアップをしていくためには、MRI画像の原理や画像診断の知識、その他の臨床知識が必要不可欠である。それらの知識を学ぶための起点として、日常検査における疑問点や改善点を拾い上げ、フィードバックを行うことが重要であると考えられる。

今回、当院の日常検査から学べるポイントを紹介したが、検査環境や施設によってはすべてが有用ではない点をご容赦願いたい。本稿でまとめた内容がこれからの業務や理解の一助になれば幸いである。

6. 謝辞

この度、講演の機会を与えていただいた骨軟部セミナー世話人の皆さま、またご指導いただいた東京警察病院古河さま、東京メディカルクリニック荒木さま、済生会川口総合病院放射線技術科の諸兄に誌面にてお礼申し上げます。

7. 参考文献

- 1) エキスパートのための脊椎脊髄疾患のMRI 第2版 柳下章 編 三輪書店
- 2) MRI応用自在 第3版 監修 高原太郎 メジカルビュー社

「小児外傷撮影と固定法」

埼玉県立小児医療センター
持田 朋之

1. 施設紹介

病床数 316 床

- ・ NICU（新生児集中治療室）30 床
- ・ GCU（新生児回復治療室）48 床
 - ・ PICU（集中治療室）14 床
 - ・ HCU（準集中治療室）20 床
 - ・ 無菌室 4 床
 - ・ 準無菌室 4 床

診療科

小児科（新生児科・代謝内分泌科・腎臓科・感染免疫科・血液腫瘍科・遺伝科・総合診療科・循環器科・神経科・消化器肝臓科）、心臓血管外科、脳神経外科、小児外科、整形外科、形成外科、精神科、アレルギー科、皮膚科、泌尿器科、眼科、耳鼻咽喉科、リハビリテーション科、放射線科、病理診断科、臨床検査科、救急科（集中治療科・救急診療科）、麻酔科、小児歯科

平成 29 年 1 月に新病院に移転し、さいたま赤十字病院と併設され、総合周産期母子医療センターとなった。また小児救急救命センターの指定も受けている。現在、小児の総合病院として稼働している。

2. はじめに

一般病院では小児患者（以下、患児）の検査件数が少なく、また患児は多様な状態であることから、その撮影法や検査法の選択に苦慮することがある。そのため、当センターではどのような点に注意し、どのような方法で検査を行っているのかについてまとめる。

3. 当センターの一般撮影室は 3 部屋あり、それぞれ X 線管が 2 機ずつ設置されている（図 1）。

部屋により固定具撮影機器は異なり、新生児用の固定具であるピゴスタット（図 2）や乳児立位撮影用固定台（図 3）、長尺撮影システムなど検査目的に合わせて使用する部屋を使い分けている。



図 1 一般撮影室



図 2 ピゴスタット固定具



図 3 乳児立位撮影用固定台（リーダー撮影台）

3-1 ピゴスタットについて

ピゴスタットは画像のような両開きのアクリル製

の固定具である。中央のサドルの部分に両手を挙上させた状態の患児を座らせ、両側のアクリルを閉めてマジックテープ、革ベルトで固定し、その前に四つ切のフラットパネルディスプレイ（以下、FPD）を設置して撮影を行う（図4）。側面を撮影する際には患児の座っている台ごと回転させ固定を維持した状態で撮影を行う（図5）。患児正面の体が当たる部分にはスポンジを貼り付け、極力患児に負担がかからないような状態で撮影を行う。

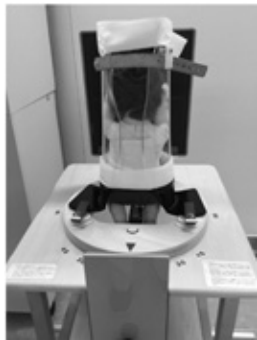


図4 ピゴスタット正面撮影

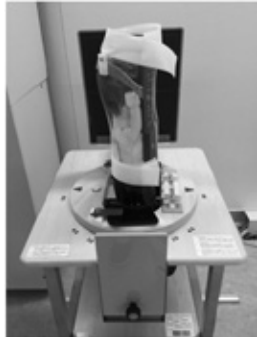


図5 ピゴスタット側面撮影



図6 リーダー撮影台サドル使用時



図7 リーダー撮影台立位台使用時



図8 リーダー撮影台座位撮影時

3-2 乳児立位撮影用固定台

立位リーダーは通常図3のような状態になっている。患児がカセット側を向いたときにテレビを見ながら撮影できる仕様になっている。また患児が立つことが困難でピゴスタットに収まらない場合や、座って撮影した状態の方が安定する場合には図6のようにサドルを使い撮影を行う。ある程度体が大きくなり一人で立って撮影が行えるようになると図7のような台に立って撮影を行う。頸椎機能撮影を目的とした頸部側面撮影などの場合、患児がサドルでは固定が安定せず、危険が生じる恐れがあるため図8のような台に座らせて撮影を行う場合もある。

3-3 一般撮影で使用している固定具

L字型ブロックは一つが約10kgの重さがあり、患者の頭部の固定や、側面撮影の際に頭や背中の後ろにおいてポジショニングを安定させる際に使用する（図9）。スポンジ枕は高さの異なるものを数種類用意しており、患児の年齢や撮影部位に合わせて使い分けをしている。砂のうは硬いものではなくある程度形が変化するものを使用している。患児の腕を固定する際、中心にスペースを作りそこに腕を通して固定を行う。発泡ウレタンの固定具は使用頻度が高く、用途に合わせてさまざまな形のものを使用している。また固定具そのものにキャラクターの絵をかくて患児の気を引きな

から検査を実施することもある。



図9 一般撮影で使用されている固定具

4. 一般撮影での固定方法

固定法について当センターのホームページにある3項目を用いて示す。

物理的固定は固定具や固定装置を用いて強制的に体動を抑制する。視覚的固定はテレビなどの動画を見せることで一時的に体動抑制を行う場合や、玩具を用いて視線誘導を行う。心理的固定では保護者に同伴してもらい患児に声掛けや、場合によっては押さえてもらいながら安心感を与えて心理的負荷を軽減しながら検査を行う。以下に各固定法について説明をする。

4-1-1 頭部撮影の固定

頭部正面では患児を仰臥位で寝かせ頭の左右をL字型ブロックで固定する。頭の下に患児の体型に合わせてスポンジ枕を置き、発泡ウレタンで頭の高さや顔の向きを調整を行う(図10-左)。技師が複数人確保できない場合は砂のうで両腕を固定し、頭部のポジショニングを行う。頭部側面像の場合患児の両腕を下垂させ、側臥位で寝かせ頭の高さが撮影台と並行になるようにスポンジ枕の高さを調整し、発泡ウレタンの固定具で頭部の微調整を行う(図10-右)。



図10 頭部撮影固定方法 正面像・側面像

4-1-2 上肢撮影時の固定

肘より遠位を撮影する場合、基本的には患児に椅子に座ってもらう。一人で座ることが困難な場合は技師が抱っこをした状態で検査を行う(図

11-左)。技師が固定を行う場合、患児の体型や目的部位により異なるが写真のように一人が患児を抱っこし、もう一人が照射野の設定とポジショニングを行う。患児の状態や目的部位によっては写真のように臥位で固定を行う(図11-中)。

肘より近位の撮影についても立位もしくは座位で行う。撮影目的に合わせて発泡ウレタンの固定具がありそれらを使用し物理的固定を行う(図11-右)。



図11 上肢撮影固定方法 手・肘・肩

4-1-3 下肢撮影時の固定

大腿より遠位の撮影時、基本的には臥位で行う。臥位での撮影が困難な場合は、抱っこでの撮影や、頭と腕を抑制し、足を発泡ウレタンで固定し撮影を行う(図12-左)。

膝や下肢全長の撮影を臥位で行う場合には一人が骨盤より頭側を抑え、一人が下肢の末端を抑え、もう一人が発泡ウレタンで動きやすい場所を固定し撮影を行う(図12-中左)。

股関節では患児の年齢、状態によりブッキータブルを使用して撮影する場合と四つ切のFPDで撮影する場合とがある。四つ切FPDで撮影する場合には台の端で患児の頭をL字型ブロックで固定し、照射野の調整や、体のローテーションの調整を行い撮影する。当センターでは初診時に撮影する場合には性腺防護は行わず、骨盤全域を収めるように撮影を行い、2回目以降のフォローから性腺防護を行い、照射野を腸骨稜より絞った状態で撮影を行う(図12-中右)。立位での下肢全長を撮影する場合には患児を支えるようにしてポジショニングを行い、固定が必要な場合については発泡ウレタンの固定具を用いて膝や足を固定し撮影を行う(図12-右)。



図12 下肢撮影固定方法
足・膝・股関節・立位下肢全長



図14 全脊椎、体幹部撮影の固定方法
全脊椎臥位正面・胸部立位正面・腹部臥位正面

4-1-4 椎体・体幹部の撮影時の固定

頸椎正面では、首がすわっていない場合は臥位で、それ以外は座位または立位で撮影を行う。臥位の場合、背中の下に薄いスポンジを敷き、頭部を軽度背屈させる。体幹部と頭部を固定し体動抑制する(図13-左)。

臥位で側面を撮影する場合、頭の下に肩と同じくらいの高さのスポンジ枕を敷き、頭部側面と同様に体幹部と、頭部を抑制する(図13-中)。座位の場合、姿勢を保持できない患児には、背筋を伸ばすように腕と背中を固定し、頭と顎などを抑えて撮影する。その際に患児が抵抗して頭や首を痛めないよう注意し撮影する(図13-右)。

全脊椎撮影では、立位可能な患児については立位で行い、立位が困難な患児は臥位で撮影する。画像のように二人以上で頭部・腕部・下肢を抑制し撮影する(図14-左)。

胸部撮影ではピゴスタットに収まらず、立って撮影することが困難な患児については図14-中の様にサドルに座らせ撮影する。図14-中の人形では顔がFPDに当たるが、実際の患児の場合ピゴスタットに収まらない体格であればFPDの高さを調節すれば顔が当たることはほぼない(図14-中)。

腹部撮影では、臥位で撮影する場合は砂のうで両腕を抑え、頭部をL字型ブロックで固定し足を抑制した状態で撮影を行う(図14-右)。



図13 頸椎撮影の固定方法
臥位正面・臥位側面・座位側面

4-2 視覚的固定

図3で示したように患児に動画を見せながら撮影を行う。患児の体のサイズに合わせてFPDの高さをあわせて画面が見えるようにしている(図15-左)。モニターのない部屋ではキャラクターのシールをはり、そのキャラクターを見るようにして撮影を行う(図15-中)。管球にもシールを貼り管球方向を見てもらう場合などに用いている(図15-右)。

玩具を用いて撮影も行う。好きな玩具を選んでもらい、遊んでいる間に撮影を行う。また光る玩具を用いて視線をおもちゃに集めて撮影を行うこともある。頸椎の機能撮影などを行う際におもちゃを用いて視線を誘導し、極力物理的固定をせず患児に負荷を掛けないように撮影を行う場合もある(図16-左)。

人形を用いて視覚的固定を行う場合もある。人形を抱っこしたり、先ほどのおもちゃと同じように視線を誘導したりして撮影を行う。(図16-中) 臥位で撮影を行う場合にも人形と添い寝をしながら注意を引いてその間に目的部位の撮影を行う(図16-左)。また人形で気分をまぎらわせて患児がいやな気持ちにならないように検査を終わらせることも可能であると考える。



図15 視覚的固定1



図 16 視覚的固定 2

4-3-1 心理的固定（患児への対応）

小児撮影において重要な要素と考える。小児撮影において検査室に患児が入って来た際に、いかに検査に対して恐怖心や不安感を減らすことができるかにより、その後の検査の安全性や効率性、画像の質が変わる。われわれは常に患児に対し話しかけることを心掛けている。どのような方法でもよいが、子供だからではなく患児に伝えるためにさまざまな表現を用いて検査室でこれから何をするのか、われわれが何をしたいのか伝えることが重要な要素である。

患児が泣いたり、暴れたりすることなく検査が終われば次回の検査に対して本人の自信にもなり、検査時間の短縮につながる。また物理的固定を行う場合でも、撮影する瞬間だけの固定で済ませられれば患児の不快感を減らすことができ、患児がけがをする危険性や、体動に伴う再撮影のリスクを減らすことができる。また撮影部位に注目しすぎて、患児への注意が散漫になり患児が不安になることや、あきってしまうこともある。複数人での撮影が可能であれば一人は患児に注意し話しかけながら検査をするなど、気分を紛らわせることも必要である。また検査が終了後に必ずお礼を言ったり、ほめてあげたり、泣いているのであればあやすなどして検査に嫌な気持ちを残さないようにすることも大切なことである。心理的固定とは患児が安心して検査に挑む環境を作り、次回の検査に抵抗心や不安感を極力抱かないようにすることである。

4-3-2 心理的固定（患児家族への対応）

笑顔で検査に行った子供の泣き声が検査室の中から聞こえたり、検査前に泣いていなかった子供が泣いていて、体に押さえた跡が赤く残っていたり、検査を終えた子供が、担当した技師の検査時

の対応を批判したとしたら家族は検査に対して不安感や不信感を抱くであろう。患児のことを心配しているのは患児以上に家族や保護者であると考え。検査中に泣いていた子供が検査終了時に笑顔であることや、前回泣いていた子供が今回泣かずに検査ができれば、それだけで家族や保護者の安心につながり、われわれに対しての信頼へと繋がる。家族からの信頼が得られればその後の診療業務やフォローの検査の際により効率的に検査を行え、検査の際の固定に対してもある程度の理解を示してもらえると考える。

4-3-3 心理的固定（言葉選び）

患児の年齢や病気、育った環境により適した言葉、内容で話しかけるようにすると安全で質の高い検査につながる。例えば幼い患児に成人と同じように話しても伝わらないことがある。また年齢が高いからとその年齢に合わせて話をしてしまうと、先天的に発達が遅れている場合伝えたい意味が伝わらず、検査の協力が得られないこともある。入院期間が長く検査に慣れている幼い患児に対して、あまり子供扱いすると機嫌が悪くなることもある。そのため患児がどのような子であるのかを考え相手にどのように伝えればよいのか、一人一人に合わせた接遇を心掛けることも小児撮影には求められている。

5. CT 撮影時の固定法

当センターには図に示すような固定具がある（図 17）。この固定具にタオルで肩からくるんだ状態の患児を寝かせ、頭・あご・体を固定する。（図 18）固定具に収まらない患児の場合はアンギオカップにタオルを敷き、その上に先ほど同様タオルでくるんだ患児を寝かせ、ひたい・あご・体の固定を行う（図 19）。次にヘッドレスト型の固定を示す（図 20）。図 19 の固定具に収まらずテープでの固定では安定しない患児や体格の大きい患児にはこの固定具も使用している。患児の体格に合わせて、頭の横のスポンジの厚さや、頭の下の方のタオルの入れ具合を調節することで動きが抑えられる（図 20）。胸部や腹部の撮影をする場合には患児の腕を挙上させ、タオルを丸めたものを患児の体幹の両脇に置き、肘が下がらないように固定

をし、その上から体を固定していく(図21)。さまざまな患児の状態に応じて、このような固定をしっかりと行うことで、大きな動きの大半は抑制できる。依頼医師からは顎を押さえるので大丈夫といわれ、結果的に動いてしまうことや、頭を両側から押さえてしまいアーチファクトが生じた経験もある。固定をしたのち、顎を抑制し、室内に入ってタイミングを見て撮像するなど考慮し検査を行っている。



図21 胸部・腹部CT検査時の固定例

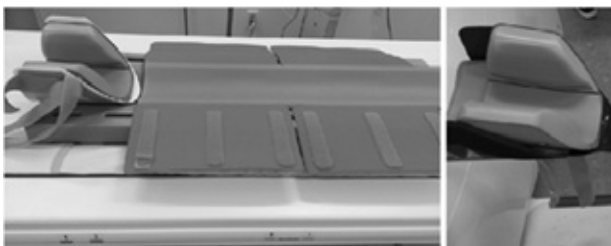


図17 CTで使用している固定具



図18 頭部CT検査時の固定例1



図19 頭部CT検査時の固定例2



図20 頭部CT検査時の固定例3

6. 実際の検査と画像

6-1-1 上腕骨顆上骨折

顆上骨折は小児では頻度の高い骨折とされている。実際に当センターの救急が始まって約一年が経過するが、肘を撮影した患児の約3分の1が上腕骨顆上骨折であり小児特有であるという実感がある。計測線としては、肘の正面撮影ではキャリングアングルとボウマンアングルが挙げられる。キャリングアングルは上腕長軸と前腕長軸のなす角で、肘の完全伸展位、前腕最大回外位で計測を行う。肘関節の内反と外反の定量化を目的とする。正常値より少なければ内反肘、多ければ外反肘と定義される。ボウマンアングルは上腕骨骨軸と、上腕骨外顆骨端線に平行に引いた線のなす角で、上腕骨遠位が正面で撮影されていれば伸展位でも屈曲位でも計測は可能である。この計測も上腕骨遠位の内反・外反の定量化を目的としている。上腕骨の前額面での内反転位の評価に有用であるとされる。側面像ではティルティングアングルとアンテリオールフューメラルラインが挙げられる。ティルティングアングルは上腕骨骨軸と上腕骨外顆長軸のなす角で矢状面における上腕骨遠位部の傾斜の定量化を目的とし、転位の評価に有用である。アンテリオールフューメラルラインは上腕骨骨幹前面の延長線上の遠位に引いた直線で矢状面における上腕骨骨幹部と遠位骨端部との位置関係の評価し、正常であれば小頭骨端核中央3分の2より後方を通過する。3分の1より前方を通過する場合、上腕骨遠位骨端部が後方に転位していることを表している。アンテリオールファットパットサインは正常でも確認できるが正常より張り出して見える場合、セイルサインとして異常所見と考えられる。ポステリオールファットパットサインは正常では見えづらく、関節内出血や水

腫があると、関節包周囲の脂肪層が押し出され描出される(図22)。

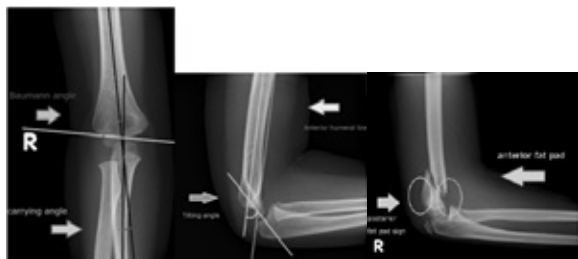


図22 肘撮影基準線

6-1-2 上腕骨顆上骨折症例

年齢：3歳

性別：男子

受傷基点：駐車場の縁石(高さ約50cm)のところを四つん這いの状態で左側を下にして落ちた。左肘疼痛があり救急要請。

画像所見としては側面像でアンテリオールフェューメラルラインが上腕骨、小頭の前方3分の1の部分を通り、肘の前傾が減弱され上腕骨顆上骨折が示唆される。正面像をしてみると骨折線が外側から内側まで連続しているように見えることから顆上骨折であると考えられる(図23)。微細な骨折の評価は、体動抑制を行うことが重要であり、より正確に描出できることをこの検査で改めて感じた。

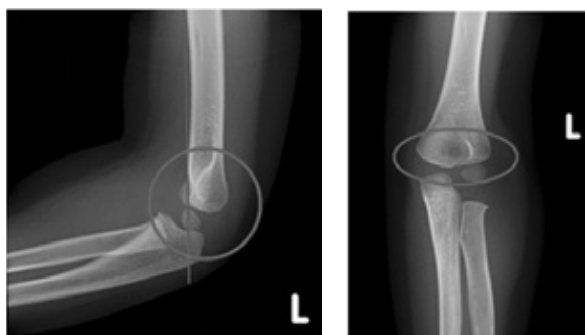


図23 顆上骨折症例画像

6-1-3 小児患児の四肢(肘)撮影

検査を行う際の注意点として、受傷部位の状態がわかっておらず、患児が協力的な場合注意する必要がある。それはポジショニングを患児が頑張ってしまう、患部の悪化を招いてしまうことがあるためである。受傷後多くの場合、簡易固定が屈曲位固定で検査をすることが多いため、側面から撮

影し腕部の状況を確認し、転位の程度がない場合や軽度な場合は注意しポジショニングを行い、状態がひどい場合は医師に相談し撮影の方が良いと考える。また患児が痛みや恐怖で暴れ、その結果体動のある画像や撮影部位の欠損が起これると思われる。そのような場合どのような対応が良いのか常に考えて、私も検査を行うよう取り組んでいる。例えば、健常側の撮影オーダーがある場合、健常側の撮影を先に行いつつ撮影の説明を行う。そうすることで患児の検査に対する恐怖心の低減を図るようにしている。また体動があるのであれば固定具を作成して対応している。各施設、人数や検査室の構造などから撮影方法や検査の流れを考え続けることにより、検査の最適化に向けた努力が必要である。また再撮影を減らすよう常に検討と対策を繰り返していくことが大切なことであると思う。

6-2-1 環軸椎回旋位固定

外傷・炎症などによる環軸関節の非対称・回旋性の亜脱臼。脊髄症状を呈さず、もっぱら疼痛と持続性の斜頸位を主訴とすることが多い。単純撮影側面での環軸間隙の拡大と、開口位での歯突起に対する環椎の側方へのシフトが単純撮影で確認される。また亜脱臼の程度を確認するためにはCTが有用であるとされている。

6-2-2 環軸椎回旋位固定症例

年齢：2歳

性別：男子

受傷基点：溶連菌感染、胃腸炎感染の10日後くらいから斜頸出現。

画像所見としては環椎歯突起間距離であるADIが3.3mm、脊椎余裕空間の指標であるSACは19.8mmと計測されている。それぞれ正常値の範囲である。また開口位オーダーがあり撮影を行ったところ患児の協力が得られず評価困難な画像が得られたため、当センター軸椎の形状確認で撮影される逆ウォーターズ法による撮影を行ったところ、歯突起の先端部の骨化中心の評価には有用であったが環軸椎の状態の評価は困難であった(図24)。

CTが撮影されており患児覚醒下で整形外科医師が頭部の固定を行い撮影する指示があり、体動

激しく撮影困難である旨を伝えた状態での検査となった。撮影してみたところ医師の指が写りこんでおり体動の抑制ができておらず評価困難な画像となった(図25)。

CT検査において抑制や鎮静の必要性については医師と十分な検討をする必要がある。緊急性が高い場合や、鎮静自体が行えない場合、また鎮静を行う時間がない場合もある。そして体動がある状態で撮影された場合でも情報として得られる場合もある。小児CTでは被ばくの観点からも体動などによる画質の低下についてどの程度であれば許容可能であるのか放射線科医や依頼医と事前に検討し検査を行う必要があると考える。本症例の患児も後日鎮静化で検査を行ったところ必要な情報を得られる画質を担保できた(図26)。



図24 頸椎側面像・逆ウォーターズ法

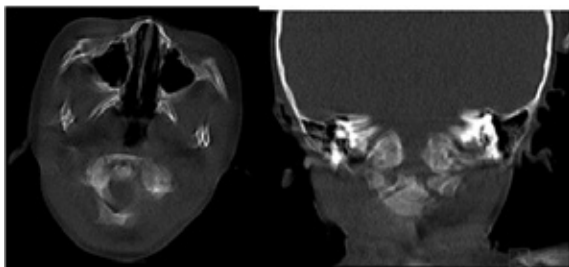


図25 覚醒下での頸椎CT画像



図26 鎮静下での頸椎CT画像

6-2-3 小児患児の頭頸部CT撮影

小児では成人に比べ体動による画質の低下が生じやすく、それに伴い情報量も低下する。しかし、救急時なのか精査なのかで検査目的で体動の許容も変わると思う。鎮静をかけずに検査を行うのであれば、患者の状態を確認しながら各施設で可能な限りの固定を実施した撮影を行う必要性が出てくる。また検査を行う前や、カンファレンスの中で放射線科や診療科医師と、どの程度の画像が必要とされているのかを事前に話し合い、再撮影にある程度の基準を事前に決めておくことで再撮影の検討を行える状態を作ること大切なことである。

7. おわりに

小児の画像検査において目的とする画像を得るためにはどのような固定をし、どの程度の妥協点で検査を終了するかがポイントになってくる。小児であるため体動やローテーションなど起こるとは思うが、小児だからしょうがないのか、小児だからより気を付けて撮影をしなければならないのかは改めて考える必要がある。小児の検査では撮影者の考え方で画像に反映される影響がとても大きいと常々私は感じている。各施設、各検査によって重要視されることは大きく異なると思うが、それぞれの施設で子供に有益な検査を行えるよう日々検討していただくと幸いに思う。

参考文献

- すぐわかる 小児の画像診断 改訂第2版：学研メディカル秀潤社 越智 純子 他 P509
 運動器の計測線・計測値ハンドブック：南江堂 紺野 慎一 他 P158～P183
 標準整形外科学 第10版：医学書院 国分 正一 鳥巢 岳彦 他 P439
 今さら聞けない画像診断のキホン：日経メディカル 柴田 靖 他 P287～P289

「当院における小児全身骨撮影項目の検討」

～子ども虐待対応・医学診断ガイドをふまえて～

埼玉医科大学病院

新井 舞

1. 小児虐待

1-1 背景

当院では、多発性骨髄腫の精査や骨転移検索を目的とした成人用の全身骨撮影ルーチンは存在していたが、小児を対象とした全身骨の撮影方法は定められていなかった。近年、小児虐待疑いなどを目的とした小児全身骨撮影の依頼は増えつつあり、同一患者であっても技師の考えの違いやスキルなどにより撮影方法が異なる場合があるため、技師間でルーチンを統一させる必要があった。

そうした中で、当院にて全職員を対象とした小児虐待対応プログラムの講演が行われたことをきっかけに、当院における小児に対する全身骨撮影の撮影項目を検討することになった。

1-2 小児虐待の現状

虐待による骨折の90%は2歳未満といわれ、虐待による骨折の判断をする際に患者の年齢は重要となる。虐待を受けた小児を何も対策をとらずに家庭に戻した場合5%は死亡、25%は再び受傷し重症になるとされ、骨折を見逃さないようにする必要がある。

厚生労働省が発表した、全国の児童相談所における虐待相談の対応件数は、年々増加し、平成28年度は122,575件で過去最多となっている(図1)。

小児全身骨撮影の依頼目的として、外傷、骨系統疾患、その他の骨スクリーニング検査として分けると、当院においても外傷は、図2に示す通り年々増加傾向となっている。内訳として依頼目的をみると、過去5年間で一番多いものは外傷で、この中には虐待疑いも含まれている。次いで、骨形成不全症やムコ多糖症などを含む骨系統疾患が挙げられる。

依頼目的における件数

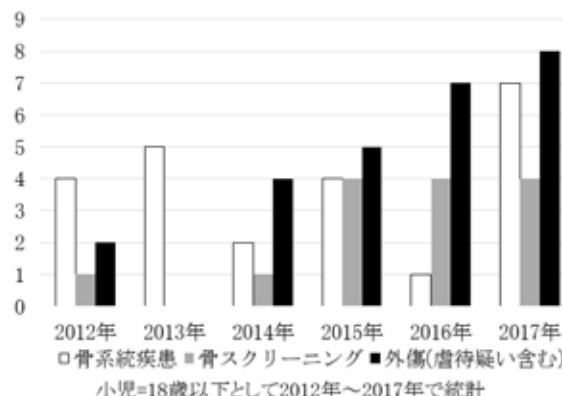


図2 小児全身骨撮影の依頼目的別件数

2. BEAMS『子ども虐待対応・医学診断ガイド』

2-1 BEAMSとは

BEAMSは医療機関向けの虐待対応プログラムのことである。BEAMSプログラムは3 Stageで

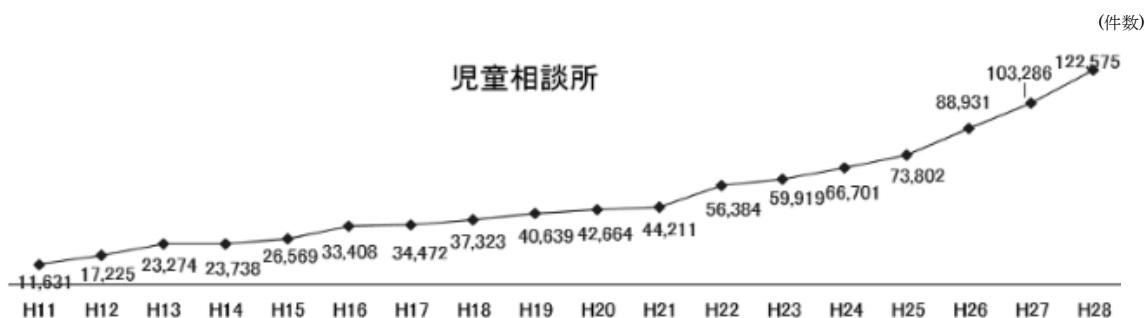


図1 全国児童相談所における児童虐待相談対応件数

構成され、各々の立場で求められている、子ども虐待に対応するための基礎知識やスキルを身に付けることが可能である。すべての医療関係者向けとされた Stage1 では、受講者が虐待の早期発見と通告の意義を理解し、医療機関での見張り番として適切な行動がとれるようになることが目標である。また、Stage2 は、小児科医・院内子ども虐待対応組織（Child Protection Team：CPT）のメンバーを、Stage3 では、CPT メンバー医師・虐待専門医師を対象としている。

BEAMS プログラムにて『子ども虐待対応・医学診断ガイド』は、Stage2 の受講者用資料として用いられており、本来、診療放射線技師は Stage1 の対象となるが、今回は詳しく記載されている Stage2 のガイドの内容も踏まえて述べていく。

2-2 通告義務

法律では、全国民を対象として、虐待を発見した者は通告する義務がある（児童福祉法 25 条）とされている。また、児童虐待を受けたと思われる児童を発見した者は通告すること（児童虐待防止等に関する法律 6 条）とされており、虐待を疑った段階で通告する義務があるということになる。

2-3 虐待を疑う周辺状況

加害者が率直に虐待を認めることは極めて珍しく、客観的な周辺状況の考察が必要となる。BEAMS によると、虐待が疑われる周辺状況はさまざま、例に挙げると、目撃者の不在・受傷機転が曖昧・外傷の程度が合わない・受診理由以外の新旧の傷・兄弟が加害したとの訴え・環境上のリスクの存在などがある。また、およその目安として、寝返りは 5 ヶ月、ハイハイが 9 ヶ月、始歩までに 13 ヶ月かかるとされているが、小児の発達段階と受傷機転に矛盾がある場合も虐待を疑うポイントとなる。

2-4 小児全身骨撮影と小児虐待

American College of Radiology：ACR によると、虐待が疑われる時に施行すべき検査として妥当性が高い検査は、全身骨撮影とされている。表 1 に BEAMS で推奨されている、小児における全身骨スクリーニング撮影の撮影項目を示す。虐待

を疑ったときのスクリーニング検査としては、骨損傷を評価する目的で全身骨撮影を行い、頭蓋内損傷の検索を目的として、頭部 CT・MRI 検査を行う必要がある。

自ら受傷状況を訴えられず、また虐待による生命の危険や重篤な後遺症が生じる可能性の高い、2 歳未満の乳幼児では、虐待が疑われる全症例で全身骨撮影が行われるべきとされている。2～5 歳では身体的虐待の疑いが強い症例に限り、全身骨撮影を行うことが推奨されている。5 歳以上では、訴えや理学的所見を伴わない偶発的な骨折の頻度は非常に少なく、全身骨スクリーニング撮影を行う価値はないとされているため、外傷が疑われる部位のみ撮影を行う。

表 1 小児全身骨撮影の撮影項目（BEAMS）

	部位	撮影方向
1	頭蓋骨	正面・側面
2	脊柱・胸腰椎	正面・側面
3	胸郭	正面・側面
4	骨盤	正面
5	大腿	左右正面
6	下腿	左右正面
7	上腕	左右正面
8	前腕	左右正面
9	手	左右正面
10	足	左右正面

3. 小児全身骨撮影のポイント

症例に沿って表 1 の撮影項目が必要な理由を記述する。

3-1 症例 1

左下肢運動障害を主訴として来院し、左下腿部の熱感および周径に左右差があったため、両下腿撮影が施行された（図 3）。図 3 にて左脛骨骨幹部に骨折がみられ、局所の腫脹があり急性期所見が認められた。また、骨折部分では一度骨折して骨膜反応が生じた後に再度骨折して起きたとされる骨膜反応の断裂（図 4a）がみられるが、一度目の受傷から 10～14 日前後経過していると推測される。骨折における骨膜反応は、骨折後数週間で骨折線がわずかに開大、その次の数週間で骨折

部の外部では仮骨といわれる新たな骨が出現し、内部で骨折線の不明瞭化として現れる。初診時から4日後の左下腿の撮影では骨折部分に仮骨形成が確認できるため、受傷時期はこの日から7～14日前と予測される。受傷時期の推定は、年齢・栄養状態・安静度合が影響し、時間経過を問診に頼ることが出来ない場合、推定は幅を持たせた診断となるため、注意しなければならない。

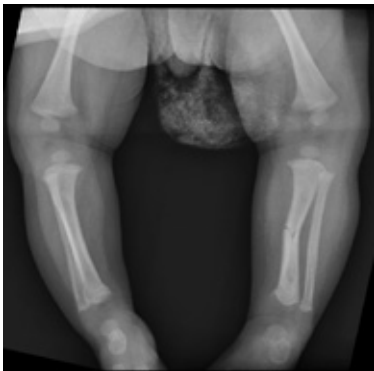


図3 初診時両下腿正面

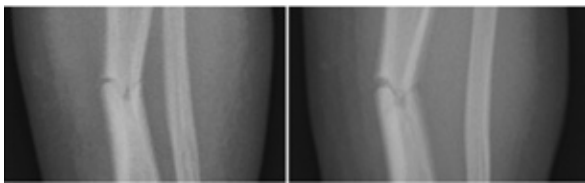


図4 左脛骨骨折部分の比較 a | b
a : 図3aの左下腿正面を拡大
b : 初診から4日後の左下腿正面を拡大

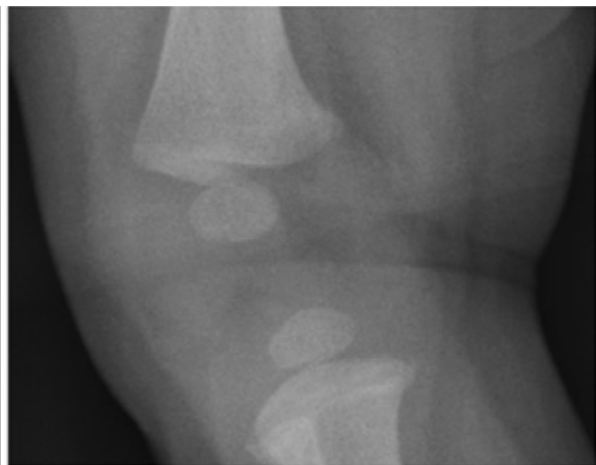
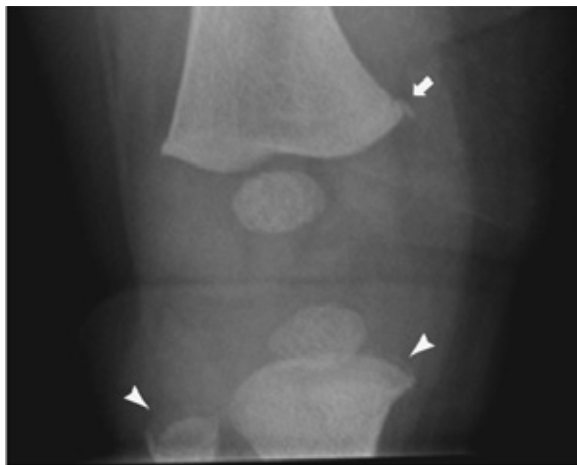


図6 右膝関節の比較 a | b
a : 全身骨撮影での右大腿骨正面を拡大 (→ : corner fracture ➤ : bucket handle fracture)
b : 図3aの右下腿正面を拡大

3-1-1 古典的骨幹端損傷 CML

骨折スクリーニングとして全身骨撮影が施行された。その他の骨折として、corner fracture、bucket handle fractureの所見があると指摘された。

corner fracture 角骨折と、bucket handle fracture バケツの取っ手骨折を総称して、古典的骨幹端損傷 Classical Metaphyseal Lesion : CML(以下CML)と呼ばれ、虐待でしか発生しない骨折とされている。CMLは、小児が前後に激しく揺さぶられた場合、長管骨の長軸に垂直方向の力が働き、ムチのようにしなることによって、骨端線に平行に起きる骨折である。corner fractureは小さな骨片が脱落したように視認でき、bucket handle fractureでは脱落された骨片はより大きく、円板様に見えることが特徴である(図5)。

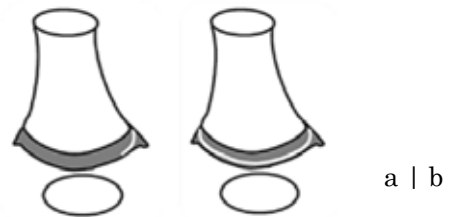


図5 CML
a : corner fracture
b : bucket handle fracture

図 6a では、大腿骨遠位端に corner fracture が、脛骨・腓骨の近位端に bucket handle fracture が確認できる。前日の下腿正面撮影（図 6b）では被ばくを考慮し、両下腿を一度に撮影しているが、斜位になってしまっている。体幹部と足趾を押さえてしまうと、膝関節の向きは固定できず、外旋位となりやすい。また、入射点も異なるため、今回のように正確な評価ができない場合がある。

CML は脛骨・遠位大腿骨・近位上腕骨においてよく見られ、評価しやすくするため確実に正面像となるように心掛け、部位別に撮影する必要がある。

3-1-2 乳幼児揺さぶられ症候群 SBS

乳幼児揺さぶられ症候群 Shaken Baby Syndrome: SBS（以下 SBS）は、小児が前後に激しく揺すられることで、外表面に痕跡を残さない加害でも、硬膜下出血や CML・肋骨骨折・棘突起骨折などを引き起こす危険性があり、乳幼児特有の受傷機転として有名である。SBS はスクリーニング検査を行わないと、発見できないとされている。

脊椎では過伸展・過屈曲が加わり、棘突起の剝離骨折が起こる可能性があり、必ず側面像を撮影する。また、肋骨骨折も特異性が高いため、胸部の条件ではなく、胸郭の条件として別個で撮影が必要である。

柔軟性に富んだ乳幼児の肋骨では例外的にしか

骨折は生じず、乳幼児の肋骨骨折の 70% が虐待に起因するものと推計されている。図 7 に示すように、胸郭には前後に圧迫力が加わることで肋骨骨折が生じ、横突起がテコの支点として働き、特に好発するのが後部内側でおよそ 2/3 の割合を占める。

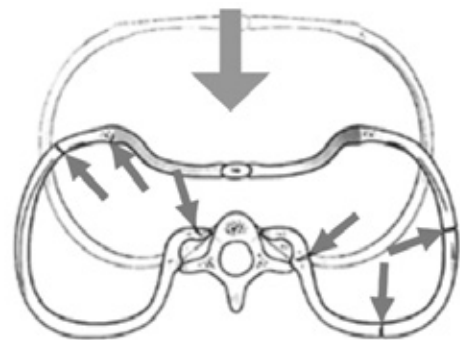


図 7 SBS により肋骨骨折が生じる機序

3-1-3 小児における骨外傷の特徴

自然外力ではなく、人為的外力による骨折では、虐待に対して特異的であるといえる。虐待による骨折として特異性の高いものは理解しておく必要がある。表 2 に特異度による骨折の分類を示す。肋骨、鎖骨、肩甲骨など自然外傷で起こりにくい場所は虐待において特異的ではあるが頻度は低い。

SBS による骨折の他に人為的外力が加わったと考えられる骨折として、らせん状骨折と鉛管骨折がある。虐待時に発生するらせん状骨折は、強くひねる力が加わることで起こり、部位は脛骨

表 2 特異度による骨折の分類

特異度	高度	中等度	低度
	骨幹端損傷 CML (corner fracture, bucket handle fracture)	複雑骨折 (特に両側)	骨膜下骨新生
	肋骨骨折 (特に後部肋骨脊椎接合部骨折・多発骨折)	発生時期の異なる複数骨折	鎖骨骨折 (中部 1/3, 中部-遠位の接合部)
	鎖骨骨折 (遠位 1/3 側, 近位 1/3 側)	骨端離開 (Salter-Harris I)	長幹骨骨幹部骨折 (歩行前児であれば比較的特異性高い)
	棘突起骨折	脊椎の骨折 and/or 脱臼	頭蓋骨線状骨折
	胸骨骨折	指趾の骨折	
	肩甲骨骨折	頭蓋の複合骨折	
		縫合線を超える骨折	
		後頭骨骨折	

に多くみられる。また、鉛管骨折では、パイプを折り曲げるような外力により骨皮質の一方が膨隆、もう一方が皮質のズレを伴う。小児の骨は水分量が多く、弾性に富み、骨膜は厚く強靱なので、骨折しても転位が起きにくいことが特徴である。

3-2 症例2

主訴は発熱・嘔吐で来院し、CTにて慢性硬膜下血腫および右側頭骨骨折が確認された。

臨床的に虐待を疑って対応すべき乳幼児の頭部外傷を、abusive head trauma in infants and young children : AHT と総称している。AHT の3主徴として硬膜下血腫・網膜出血・脳浮腫がある。乳幼児の硬膜下血腫のうち大半は虐待、特に暴力的な揺さぶりによって発生しており、不慮の事故によるものは約5%とされている。

小児は頭部が重く頸部の筋肉が弱いため、自身の力で支えることができず、揺さぶられた時、頭部が激しく動き、強い加速度が加わることになる。したがって、頭部CTで硬膜下出血などの出血を、眼底検査で眼底出血が無いか確認する。当院では小児において、頭蓋内出血が確認されるとエピソードの有無に関わらず、全身骨撮影と眼底検査を行うことになっており、全身骨撮影を施行した(図8)。ルーチンが定まっていなかったため、両下肢を一度に撮影している。

図8の右上肢正面で撮影範囲に含まれていた、右第7肋骨・第8肋骨の陳旧性骨折を指摘された。肋骨が膨隆しており、過去の肋骨骨折の痕と考えられる(図9a)。同日に撮影した胸部X線写真(図9b)と比較すると、見え方が異なるのが確認できる。小児のため押さえて撮影しても斜位になりやすく、また、上肢の撮影と比較すると入射点や体勢に違いが生じること、撮影条件の差異があることが見え方の違いにつながった可能性がある。この症例から、胸郭撮影の必要性は高いといえる。

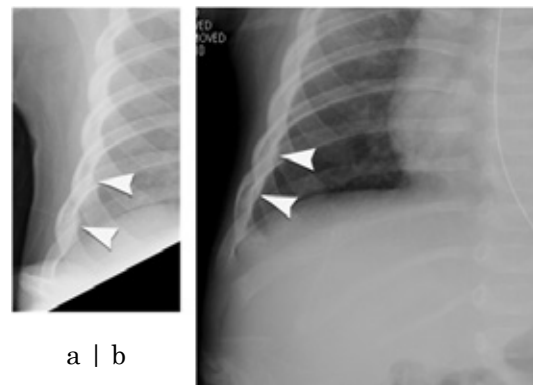


図9 右肋骨の比較
a : 右上肢正面を回転・拡大
b : 同日に撮影した胸部正面を拡大

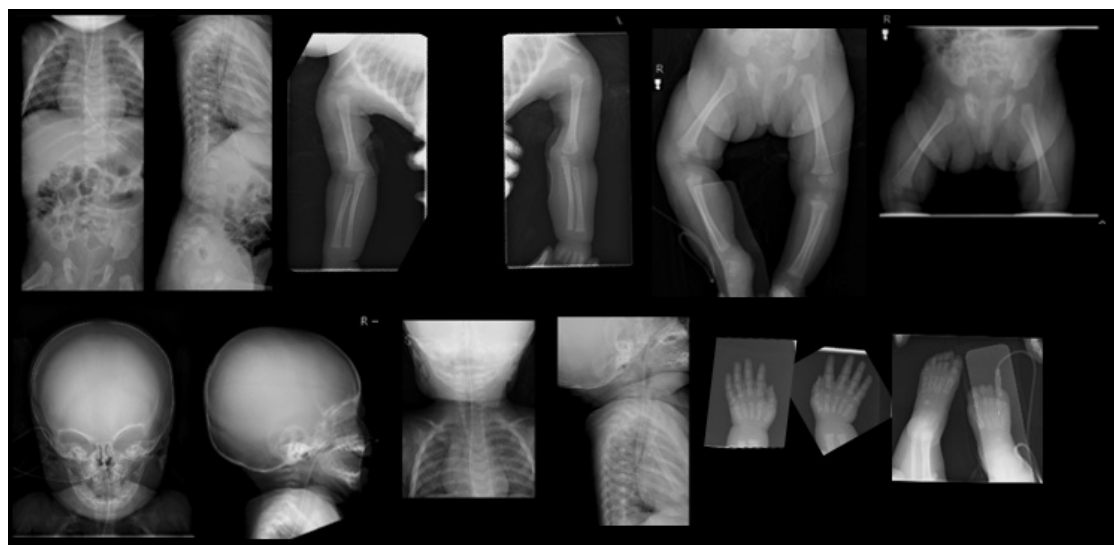


図8 全身骨撮影

3-3 症例 3

多発奇形症候群の経過観察のため、過去5年間で3回全身骨撮影が行われた。ルーチンが未決定であったため、撮影した技師により撮影方法に違いがあった。

全身骨撮影1回目(図10)：上肢および下肢は一度に撮影し、手指・足趾は片方ずつ撮影。

全身骨撮影2回目(図11)：足趾を両側一度に撮影。

全身骨撮影3回目(図12)：頸椎～腰椎の写真には胸郭が含まれているが、骨盤まで一度に撮影している。下肢も押さえて撮影していないため、正面像とは言えない写真となっている。足趾は両側同時に撮影されていないが、手指は拘縮が強かったのか、上肢と共に撮影されている。

そのときの患者の状態にもよるが、毎回撮影した技師による違いがこのような存在すると正しく

評価できない可能性がある。このため、技師間の小児全身骨撮影におけるルーチンを統一する必要がある。

3-4 小児全身骨撮影ルーチンの作成

前述の通り、成人の全身骨撮影ルーチンは存在していたが、小児の全身骨撮影ルーチンというのは、撮影頻度も少なかったため作成していなかった。表3に変更前の小児全身骨撮影項目例を示す。撮影条件も成人のものから患者の体格に合わせて毎回変更していたため、技師間での個人差があった。また、小児の場合は、半切で入る範囲であれば胸椎～腰椎の正面を1枚で撮影したり、大腿～下腿、上腕～前腕を1枚で撮影したりするなど被ばくを抑えるために撮影枚数を少なくしていた。

表4にルーチン変更後の小児全身骨撮影項目を、図13にその撮影例を示す。患者の体格により頸

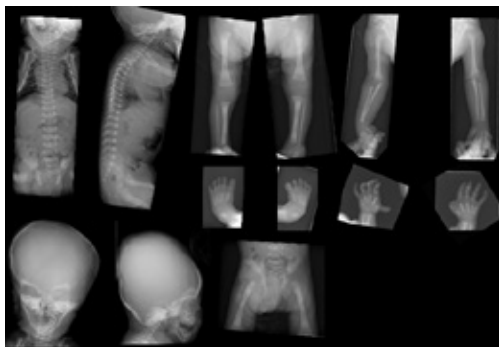


図10 全身骨撮影1回目



図11 全身骨撮影2回目

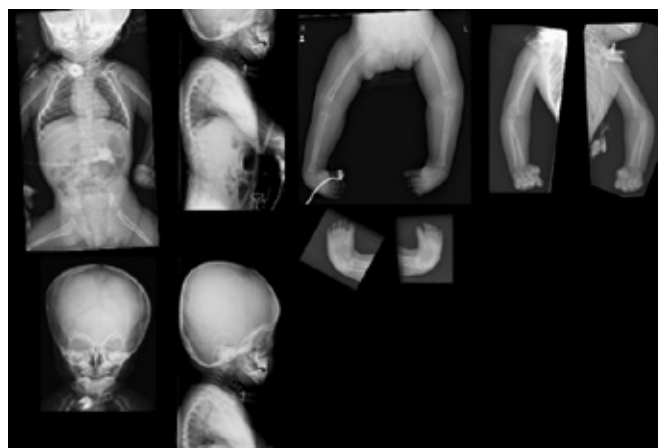


図12 全身骨撮影3回目

表3 従来の小児全身骨撮影項目例

部位	撮影方向
1 頭蓋骨	正面・側面
2 頸椎	正面
3 胸腰椎	正面
4 頸椎～腰椎	側面
5 骨盤～両下肢	正面(左右同時)
6 上腕～前腕	左右正面
7 手指	左右正面
8 足趾	左右正面(1枚)

表4 ルーチン変更後の小児全身骨撮影項目

部位	撮影方向
1 頭蓋骨	正面・側面
2 頸椎	正面
3 胸腰椎	正面・側面(頸椎含む)
4 胸郭	正面・側面
5 骨盤	正面
6 大腿	左右正面
7 下腿	左右正面
8 上腕	左右正面
9 前腕	左右正面
10 手指	左右正面
11 足趾	左右正面



図13 ルーチン変更後の小児全身骨撮影例

椎の側面を分けて撮影しているが、この撮影例のように半切に全て含むことが可能であれば、側面像は、頸椎～腰椎まで1枚で撮影を行う。胸部より電圧を下げた胸郭の撮影では、肋骨全体を含めた写真とする。また、上肢や下肢を一度に撮影せず、個別で撮影し、正面となるように確実に押さえる。入射点の違いや斜位となることで、見え方の違いが生じてしまわぬように注意している。

以前より撮影枚数が増えるため被ばくは増え、撮影にかかる時間も増えるが、虐待の見逃しは患

者の生命の危険に直結するため、見落とされないよう部位ごとに撮影するべきである。

4. 検討結果

当院の小児全身骨撮影で撮影されていた項目とBEAMSで推奨されている撮影項目を比較すると、当院では肋骨全体が含まれていない状態であり、また、両下肢同時撮影など撮影回数を減らすような撮影方法をしていた。

今回、BEAMSの講演、資料により、虐待に対

して特異性の高いCMLや肋骨骨折を考慮した結果、撮影方法を変更することとなった。これは、肋骨全体を含めた胸郭の撮影を新たに加え、また、上肢および下肢を一度に撮影するのではなく、部位ごとに確実な正面像となるような撮影をする必要があると判断したためである。

5. 今後の課題

新撮影ルーチンでは撮影枚数が増えるため、効率的に撮影できるようあらかじめ撮影の順番を設定しておく必要がある。

今回の小児全身骨撮影ルーチンは、撮影方法を統一させるという目的も含まれているため、暫定的な部分もある。このルーチンでは骨折検索を想定したものとなっているが、今後、骨折検索以外の目的の場合では、胸腰椎～胸郭、大腿～下腿、上腕～前腕を一度に撮影するなど撮影枚数を減らした撮影方法も考えていく予定である。

また、依頼目的が骨折検索の場合に、肋骨の両斜位を追加撮影することで正面・側面で確認し難かった病変への見逃しがさらに減少すると予測できる。

6. 結語

当院の撮影ルーチンはBEAMSの講演、資料を参考に検討した結果、決定したものであり、依頼目的に合った撮影方法をするべきであると考えられる。私自身、小児全身骨撮影をする際には、ポジショニングや撮影条件などの理由で所見が見落とされないよう、適切な写真を提供するように心掛けている。本稿が小児全身骨撮影について再考するきっかけとなっていただければ幸いである。

参考文献

- 1) 厚生労働省 児童虐待相談の対応件数及び虐待による死亡事例数の推移
<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11900000-Koyoukintoujidoukateikyoku/0000198495.pdf>
- 2) BEAMS 医療機関向けの虐待対応プログラム
<https://beams.childfirst.or.jp/>
- 3) 小児虐待の診断における骨折の重要性につい

て;常識のウソ, ホント/相原 敏則

https://radiology.bayer.jp/static/pdf/publications/nichidoku_iho/2006_51_01/51_01_11.pdf

- 4) American College of Radiology
<https://acsearch.acr.org/docs/69443/narrative/>
- 5) 画像診断を学ぼう 単純 X 線写真と CT の基本 / 江原 茂 / P.247
- 6) 日本小児科学会 子ども虐待診療の手引き 第2版
https://www.jpeds.or.jp/modules/guidelines/index.php?content_id = 25