

## 4. 骨軟部

宮崎 治

国立成育医療センター 放射線診療部

### Practical Pediatric Imaging of Skeletal System and Soft Tissues

Osamu Miyazaki

Department of Radiology, National Center for Child Health and Development

#### Abstract

This review article includes the imaging of several major categories of pediatric skeletal emergency radiology. Acute osteomyelitis and septic arthritis commonly occur together, because metaphyseal and epiphyseal vessels are connected by transphyseal vessels. Because of this, osteomyelitis originating in the metaphysis easily spreads into the epiphysis. Radiographically, deep soft tissue edema is the only abnormal finding of acute osteomyelitis on initial study. Bone destruction and periosteal reaction are not demonstrated before 10 to 14 days. MRI and ultrasonography are useful for early diagnosis of acute osteomyelitis in children. Bones in children are soft and the epiphyses are not fused, fractures are different from those seen in adults. There are some characteristic pediatric fractures in long bones, such as plastic bending fracture, torus fracture, and classic greenstick fracture. Also, it is important to recognize physical injury; Salter-Harris classification is widely used for proper treatment and prognostication. Other specific injury such as toddler's fractures and stress fractures are discussed. These categories discussed herein are basic and important for daily radiological practice.

**Keywords:** Child, Osteomyelitis, Fracture, Plain film, MRI

#### はじめに

2005年2月12日に東京で行われた小児放射線学会セミナー『小児救急疾患の画像診断：明日からの診療に役立つ画像診断検査の実際』にて骨軟部疾患につき解説した。当日は前半に総論として小児の発達に伴う骨の変化、病氣と紛らわしい normal variant, 各論のⅠ：関節炎、骨髓炎、Ⅱ：小児に特徴的な骨折、Ⅲ：child abuseを提示したが、本稿では紙面の都合上、総論部分とchild abuseを割愛し、臨床的に遭遇する頻度の高い骨髓炎と小児の骨折について解説する。

#### Ⅰ：関節炎、骨髓炎

##### 1) 一般的事項

骨軟部の感染症にはi) 血行性感染、ii) 周囲組織の感染の波及、iii) 異物の直達(穿通性外傷)の3つの感染経路がある。このうち血行性感染が最も多く、小児に特徴的といわれている。また時期により急性、亜急性、慢性の3型に分類される。

急性骨髓炎の局所病変の拡がりはいわゆる骨幹端、成長板、骨端核の特徴的な解剖学的構造と密接な関係がある(Fig.1)。

年長児や成人の場合、骨端核はepiphyseal vesselにより、骨幹端はmetaphyseal vesselにより血流が

供給されており、これらの間には交通がない。一方新生児、乳幼児の場合は成長板のtransphyseal vesselを介してepiphyseal vesselとmetaphyseal vesselが交通しており、互いに血流の行き来がある。このため骨幹端の病変は骨端核に、骨端核の感染巣は骨幹端に血行性に容易に拡がることできる<sup>1)</sup>。Fig.2に血行性の骨髓炎の感染の拡がりを図示する。血行性骨髓炎は成長の早い、血流に富む長管骨の骨幹端(大腿骨遠位、脛骨近位、上腕骨近位、橈骨遠位など)の骨髓内の静脈洞に病原

体が到達し、血流の遅い骨髓内で急激に病原体の増殖が起こる(Fig.2a)。その後病勢の拡大とともに骨髓内は腫脹し、内圧が高まり周辺の構造物へと炎症が波及する。Fig.2bのような隣接する組織へ伸展するパターンが知られているが、中でも最も頻度が高いのが、ハバース管を介して拡がる骨膜下膿瘍である<sup>2)</sup>。

2) 臨床的な問題点

骨軟部の炎症性疾患は急性期に適切な治療がなされないと、成長板の破壊により関節の変形、可動域制限、骨の成長障害を来し生涯にわたるハンディキャップを背負うことになる。しかしながら担当医は多忙な外来診療の中で目前の患児が将来四肢短縮などのハンディを負った姿を想像するこ

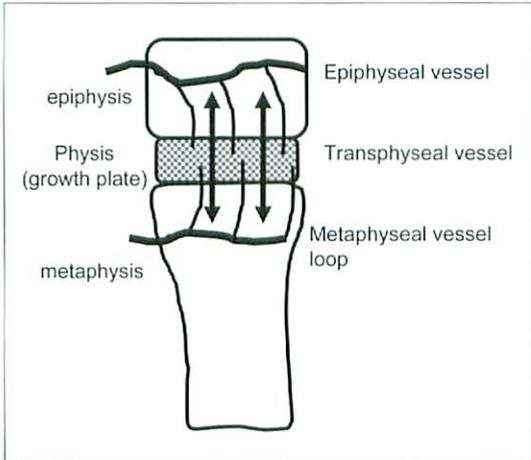


Fig.1 Vascular anatomy of epiphysis, growth plate and metaphysis in neonate and young infant. Note transphyseal vessels which connect epiphyseal and metaphyseal vessels.

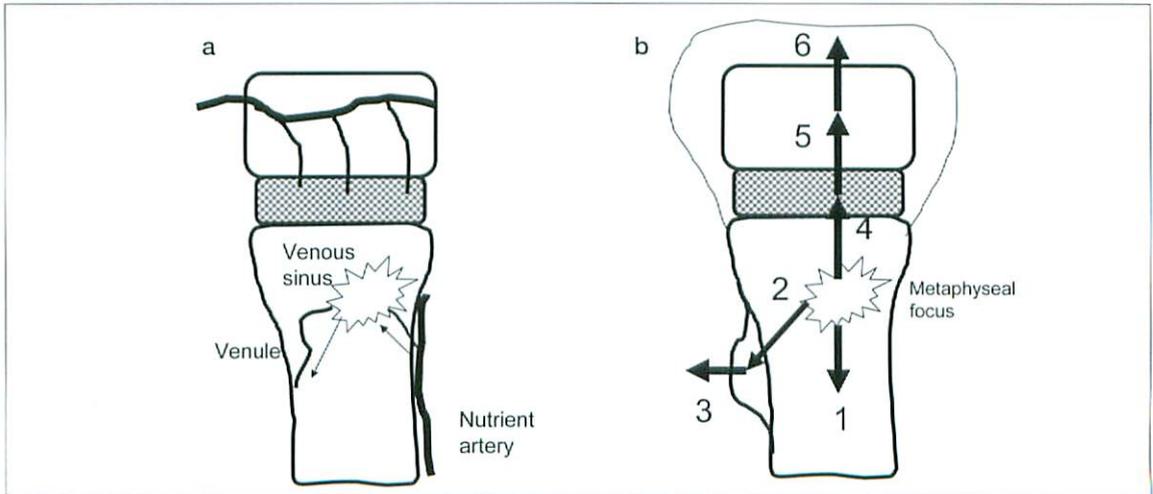


Fig.2 Pathway of pyogenic hematogenous osteomyelitis.

Diagram a depicts the hematogenous implantation in the metaphysis. The major blood supply of the metaphysis comes from the nutrient artery. Diagram b depicts the pathways of infection from metaphyseal focus as follows : 1. Spread of medullary canal, 2. Subperiosteal abscess, 3. Penetration of periosteum, 4,5 & 6. Spread across the growth plate to the epiphysis and joint space.

とは難しい。日常診療における骨軟部感染症の診断の注意点として、“単純X線撮影の骨のみを見て感染症を簡単に否定せず、局所周囲の軟部組織にも注意を払う”ことである<sup>3)</sup>。急性期骨髓炎の単純X線撮影において、骨に異常が出現するのは発症後7～14日以降であるといわれている。感染後48時間では軟部腫脹が出現しているのみであるので、骨以外の軟部にも注意を払い読影をすべきである (Fig.3)。そして速やかに整形外科医に連絡をし、しかるべき検査や治療を開始すべきと思われる<sup>4)</sup>。

### 3) 画像診断の進め方、診断のポイント

上記のごとく単純X線撮影で異常が見られない状況で骨髓炎の診断と治療を進める方法として、骨シンチグラムがある。しかしながら骨シンチグラムでも所見が陽性になるのは通常発症から48時間経過後といわれている。急性骨髓炎の画像診断方法も、他のさまざまな疾患同様、超音波やCT、MRI (Fig.4) が有用であると考えられている。MRIはT2強調像 (脂肪抑制あり、なし)、T1強調像 (脂肪抑制あり、なし) およびガドリニウム造影T1強調像脂肪抑制画像が診断に有用である<sup>1)</sup>。T1強

調像は正常な骨髓脂肪織が高信号であり、病変部が低信号に描出され認識できる。またT2強調像は逆に脂肪抑制画像において正常骨髓の信号を抑制することで病変が明瞭な高信号に描出される。また造影T1強調像では脂肪抑制の併用にて病変部が高信号に描出される。また造影効果を確認するため造影前のT1強調脂肪抑制の施行も望まれる。超音波は骨膜周囲の異常、特に骨膜下膿瘍の診断に有用である。新生児例では長管骨内部の主病巣の観察ができる場合もある (Fig.5)。NICU病棟などでも施行可能であり、繰り返し経過観察できるメリットもある。CTは骨破壊と骨膜反応、骨新生が観察されるが、必須の検査ではない。

## II：小児に特徴的な骨折

成長過程にある小児の骨軟部構造の特殊性は小児の骨折にも反映されている。小児の骨軟部には成人と比し、i) 骨組織はハバース管が太く多孔である、ii) 水分が多く可塑性に富む、iii) 骨端線が存在する、iv) 厚く強固な骨膜が、骨皮質にルーズに付着しているといった特徴がある。本稿では3つのカテゴリー、1) 不完全骨折、2) 骨端線損傷、

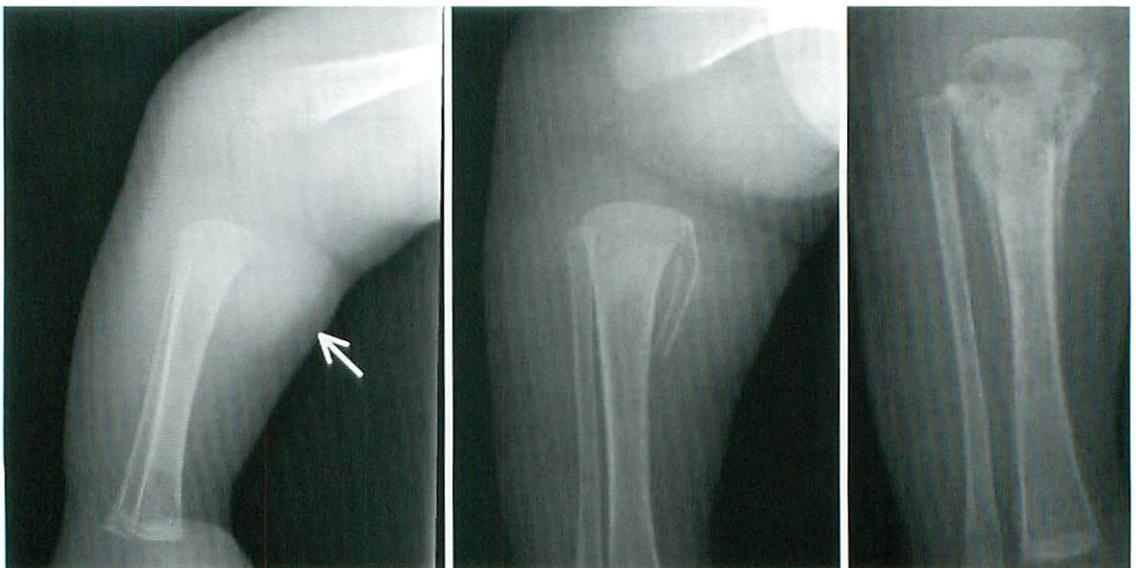
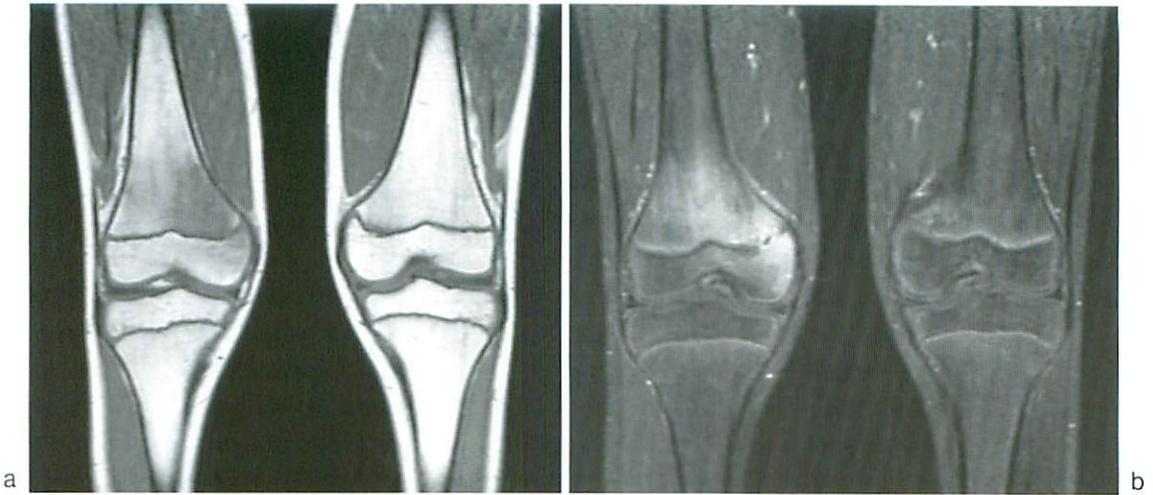


Fig.3 Osteomyelitis ; follow up examinations.

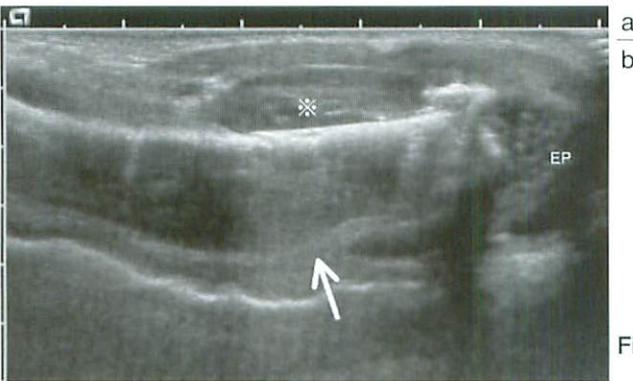
a | b | c

Osteomyelitis with septic arthritis in a neonate. a. Hematogenous osteomyelitis first manifests with deep soft tissue edema (arrow). b. Three days after the initial image (a), orthopedic treatment was carried out, but there was no bony destruction. c. 3 weeks later, non-homogeneous bone marrow with periosteal reaction had appeared.



**Fig.4** MR findings of osteomyelitis

Osteomyelitis originating in the metaphysis easily spreads into the epiphysis and, subsequently, periosteal area and joint space. T1 weighted MR study (a) demonstrates extensive involvement of metaphysis ; the areas of pathology are manifest as low signal areas. Fat-suppressed images with gadolinium enhancement (b) demonstrate marked enhancement of both epiphysis and metaphysis. Abnormal small ring enhancement is seen at growth plate.

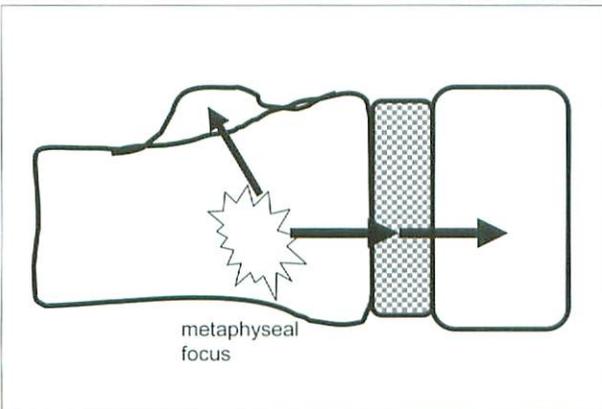


a  
b

**Fig.5** Osteomyelitis ; ultrasonographic appearance

a : Longitudinal view of right proximal humerus : Note the non-homogenous echo texture of proximal humerus (arrow) as metaphyseal focus of osteo-myelitis. Note the focal oval-shaped hypoechoic area of subperiosteal abscess formation (\*).  
EP : epiphysis

b : Schematic representation of the pathways of infection after hematogenous implantation. Image reveals same positioning as a.



3) その他の小児期骨折, につき解説する.

1) 不完全骨折

骨に外力が加わるとその力が小さな場合は, 一過性の変形のみで弾力がある骨は元の形状に戻ることができる (Fig.6-1). しかし外力が可逆性の範疇を超えた場合に骨はmicro-fractureが生じ変形は可塑性 (plastic) になり固定される (Fig.6-2,

Fig.7). この状態では骨皮質の変形や断裂は認められないが, 更なる外力の程度により皮質が軽度隆起するTorus fracture (膨隆骨折 Fig.6-3, Fig.8), さらに外力が加わると彎曲の内側の皮質が保たれ, 外側が断裂するいわゆるGreenstick fracture (若木骨折 Fig.6-4, Fig.7), 最も強い外力の場合には成人同様の完全骨折となる (Fig.6-5)<sup>5)</sup>.

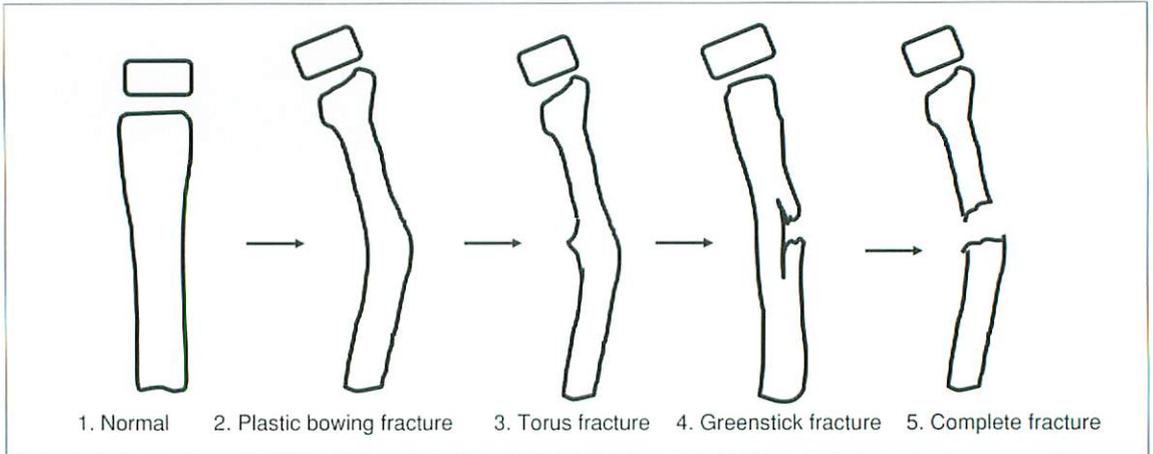


Fig.6 Types of pediatric fractures in long bone.

There is initially a stage of elastic deformation in which curvature of the bone appears and then disappears as the force is released. With greater force, microfractures appear on concave side of the bowed bone (2),

Torus fractures produce buckling of the cortex, and are manifested as an acute angulation or buckling of the cortical margin (3). If a bone is angulated beyond its limit of bending, a greenstick fracture is produced (4).



Fig.7 Plastic bowing fracture and classic greenstick fracture.

Note the plastic bowing fracture of ulna (a→) and greenstick fracture at mid third of radius (b). Greenstick fracture occurs on the convex side of the bend, and there may be marked subsequent elastic recoil, which improves the position.

2) 骨端線損傷

骨端線を含む骨端核-骨幹端複合体の骨折は小児の長管骨骨折の6~18%を占めるといわれている<sup>5)</sup>。好発部位は橈骨遠位(28%)に多く、ついで手指の末節骨(26%)、脛骨遠位(10%以下)、上腕骨遠位(7%)と続く。スポーツ時の外傷で起こりやすく男児に好発する。年齢は10~16歳の発症(平均13歳)が75%と最も多い。骨端線損傷の分類としてSalter-Harris分類が臨床的によく用いられている(Fig.9)。

Type 1: 骨端線のみでの外傷で頻度は6%, 5歳以

下に多く、近位遠位上腕骨、近位大腿骨遠位脛骨、腓骨におこる。大腿骨頭すべり症も1型に分類される。予後は良好とされ、撮影時には離開は自然軽快しており軟部腫脹を認めるのみの場合もある。

Type 2: 骨端線と骨幹端の骨折。Type 2は骨端線損傷全体の75%を占め、その1/3から半分は橈骨遠位の病変である。その他遠位脛骨、腓骨、大腿骨、尺骨にも見られる。骨幹端側には三角形の骨片(Thurston-Holland fragment)を伴うことが多い



Fig.8 Torus (buckle) fracture  
Torus fractures usually occur near the metaphysis where the bone is most porous and cortex thinnest.

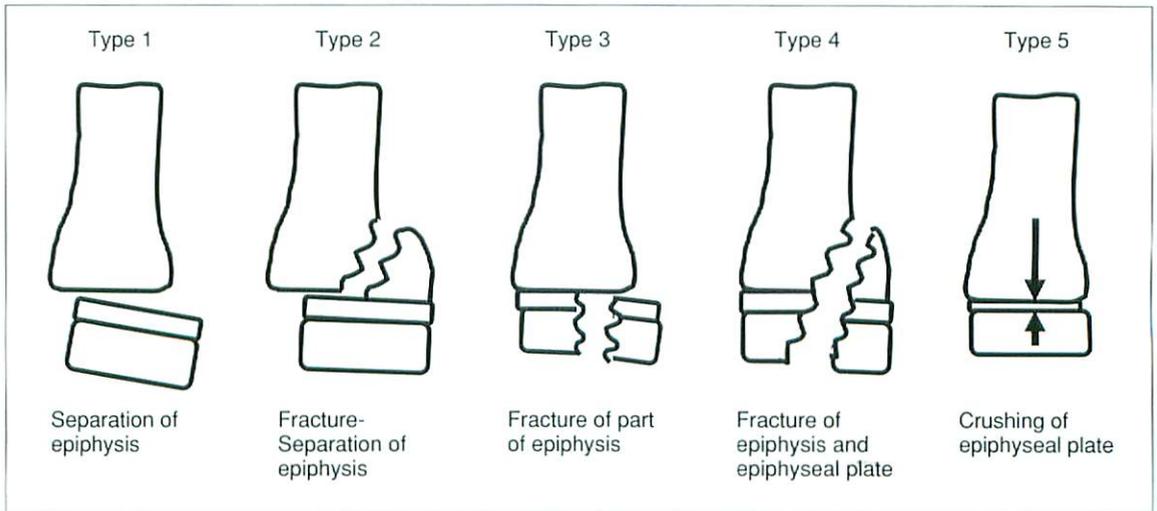


Fig.9 Epiphyseal-metaphyseal fracture (Salter-Harris classification type1~5)

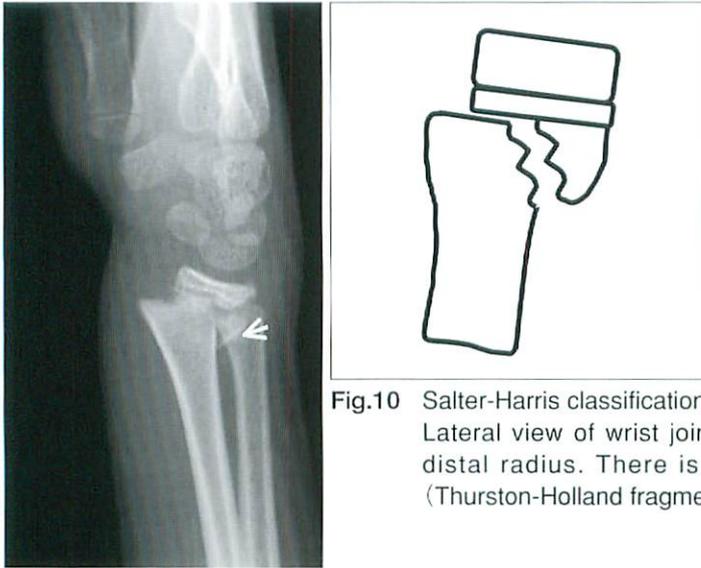


Fig.10 Salter-Harris classification type 2 fracture  
Lateral view of wrist joint shows fracture and displacement of distal radius. There is a triangular-shaped bony fragment (Thurston-Holland fragment) (arrow).

(Fig.10)<sup>5)</sup>.

- Type 3：骨端線と骨端核の骨折。頻度は8%程度、思春期に好発。近位遠位脛骨、遠位大腿骨に好発する。骨端線の全層を縦に損傷するため予後は不良である。
- Type 4：骨折線が骨幹端、骨端線、骨端核を貫く。頻度は10%で遠位大腿骨、近位脛骨に多い。手術による整復固定が必要なものも多く、変形や四肢短縮の可能性が懸念される。
- Type 5：初診時の単純X線撮影では見逃され、後に成長障害が起こったあとに後方視的に診断されることが多い。強い圧迫による栄養血管やgerminal cellの障害で起こる。5型単独の損傷は非常にまれであるが、足関節や膝関節には起こりうる。

Type 1から4は頻度が多く、5はまれながら予後不良のため念頭におく必要がある。そのほかType 6から9まで分類されているが、多くの教科書では1から5までを紹介している<sup>5)</sup>。

### 3) その他の小児期の骨折

#### i) よちよち歩き骨折 (Toddler's fracture)

1～3歳ころのよちよち歩きの年齢に起こる骨折の総称である。歩き始めたばかりの幼児の歩行は不安定で、転んだりよろけたり、あるいは階段や段差のある部位での落下などが受傷機転と考え

られる。古典的なtoddler's fractureは、下肢に振れの力が加わった結果、脛骨にらせん状骨折が起こるものを指すが、脛骨、大腿骨、中足骨、踵骨、立方骨などにも起こりうる。幼児であるため主訴があいまいであったり、受傷機転が不明瞭であったりし、診断が困難な場合もある。単純X線撮影上も所見は“hairline fracture”であり見逃しやすいため読影には注意を要する(Fig.11)。初回で所見が指摘できない場合は10日から14日後に再度撮影し、骨膜反応の出現を確認する。鑑別診断は虐待児症候群、骨髓炎、白血病、神経芽腫の骨転移、Ewing肉腫などである<sup>1)</sup>。

#### ii) ストレス骨折

小児の場合ストレス骨折は年長児の近位脛骨に好発するが、腓骨、脛骨、大腿骨にも見られる。単純X線撮影所見として、横走、または斜走する骨硬化像を伴う骨折線と、骨皮質の肥厚像を認める。骨シンチグラムも診断に有用であるが単純写真にて骨皮質肥厚が認められる場合は、必須ではない。またMRIの有用性も報告されており、T1強調像にて骨折部、骨硬化部分が低信号に描出される。

### まとめ

日常臨床において遭遇する頻度の高い小児骨軟部の救急疾患を中心に診断の際の注意点などを解



**Fig.11** Toddler's fracture  
Note hairline spiral fracture  
at distal third of tibia on  
both lateral (a) and AP  
views (b).

説した。小児の骨髓炎は発症初期には単純X線撮影にて軟部腫脹しか見られない時期があり、単純写真を見て感染症を否定してはならない<sup>3)</sup>。これに対しUS、MRIは診断的価値が高く、X線撮影にて異常がない時期でも異常所見を描出することが可能である。

小児の骨外傷は年齢、成長段階により比較的特長的なパターンが知られており<sup>6)</sup>、画像診断を行う上ではこれらの要点を念頭におくべきと思われる。

### ●文献

- 1) Swisschuck : Skeletal system and soft tissues. Imaging of the newborn, infant, and young child (4th), Ed by Swisschuck LE. Baltimore, Williams and Wilkins, 1997, p678 - 892.
- 2) Azouz EM : Infections in bone. Ed by Kuhn JP et al : Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging (10th edit. 2004, p2343 - 2373.
- 3) 相原敏則 : 臨床医に必要な小児骨疾患の診断上の注意 2・小児の骨・関節の感染症 小児科医が自らを誤診から守るために. 日小放誌 2000 ; 16 : 105 - 111.
- 4) 相原敏則 監訳 : 必修小児の画像診断. メディカルサイエンスインターナショナル, 2002, p240 - 242.
- 5) Laor T, Jaramillo D, Oestreich AE : Musculoskeletal system. Practical pediatric radiology (3rd), Ed by Kirks DR. Philadelphia, Lippincott - Raven, 1998, p327 - 500.
- 6) 宮坂実木子, 大橋健二郎, 野坂俊介, 他 : 臨床医に必要な小児骨疾患の診断上の注意 1.小児の骨外傷, 骨折. 日小放誌 2000 ; 16 : 92 - 104.