

小児前腕骨骨折の治療

札幌医科大学附属病院 高度救命救急センター・整形外科 入 船 秀 仁

Key words : Pediatrics (小児科)

Remodeling (自然矯正)

Forearm fracture (前腕骨骨折)

Internal splinting (骨内シーネ固定)

はじめに

小児の骨折は小児ゆえの特徴 (remodeling が旺盛) のため、保存治療を選択することが多いが、remodeling 能を過度に期待しすぎると往々にして予期せぬ変形残存や機能障害を引き起こし、治療に難渋することがある。

小児前腕骨骨折は日常診療の上で比較的良好に治癒する小児外傷であるが、前腕骨の特殊性を十分に理解して治療にあたらないと、変形の残存や機能障害、特に前腕の回内外機能が障害され、重篤な後遺障害を残すことになる。

今回、教育研修セミナーでミニレクチャーをすることになったが、まとまった報告が少なく、また私自身もまだまだ未熟で、十分な経験があるとは言い難い。これを機会に、この分野のことを調べたので、私個人ばかりでなく、みなさまの日常診療に役立てればと思い、ここに

今日までに紹介されているデータで日常診療に役立つと考えられる部分を抜粋してまとめ、治療方法の最近の世界の流れについても調べたので報告する。

Remodeling 能

小児の最大の特徴といえば、やはり remodeling 能が成人に比べて格段に高いということであろう。このため、かなりの変形・転位が自然に矯正されるので、無処置のままギブス固定を行っているのも散見されるが、やはり、その remodeling 能もその部位、受傷年齢によって限界があり、これを逸脱している場合には、十分な整復操作が必要となる。また、逆に、整復操作を行う際の目標にもなるので、この数値は十分知っておく必要があると思われる。

ここでは、部位ごとの骨折転位の許容範囲に



図一 1 橈骨骨端部骨折例 (参考文献1より転記)

ついて記述していく⁷⁾.

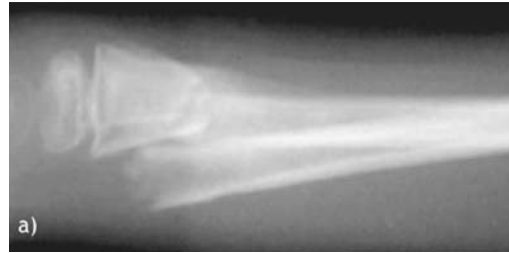
1) 橈骨遠位骨端部

この部位はもっとも remodeling が旺盛な部位の一つであり、かなりの転位が矯正されるといわれている。実際にどれくらいかという、成長があと1.5年残っていれば、50%以上の転位はほぼ完全に矯正されるといわれている (図-1 a, b, c)。

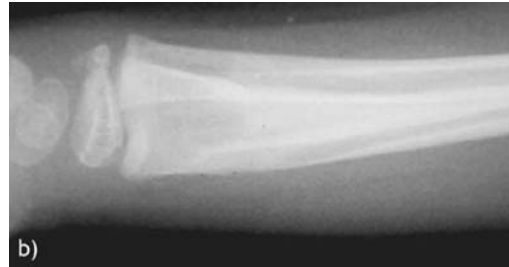
2) 橈骨遠位骨幹端部

この部位も変形矯正能の高い部位である (骨幹端部であるため)。特に、角状変形に対する矯正能が高いといわれており、成長があと5年残っているのであれば、矢状面で30~35°, 冠状面で10°までの変形は矯正されるといわれている。また、この部位でよく見られる転位である銃剣 (Bayonet) 変形であるが、12歳までであれば、アライメントさえあっていれば十分な矯正が期待できるとされている (図-2 a, b)。

このように、この部位ではかなりの変形が矯正されるため、この部位の骨折で、男児で14歳、女児で12歳までであれば角状変形15°, 短縮1cmまでは十分許容され、ほとんどの症例で回復は不要だとの報告もある。



a 受傷時

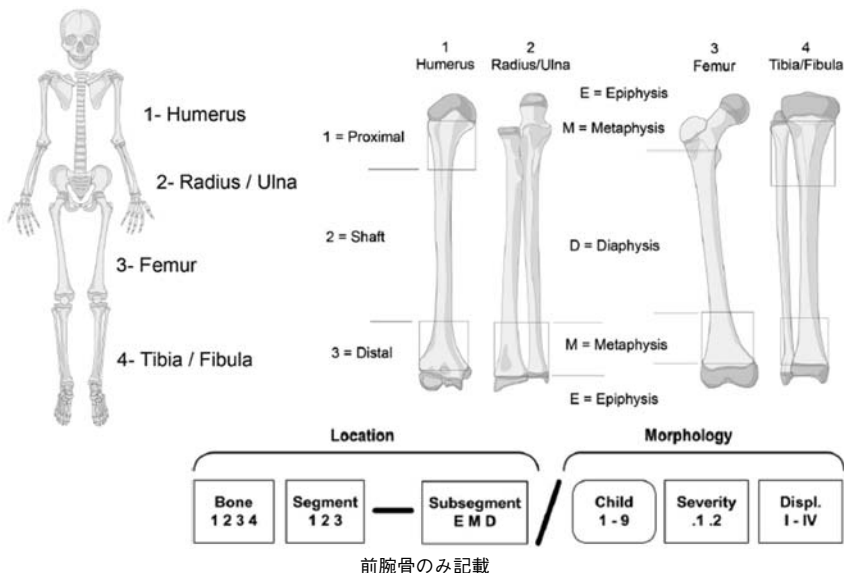


b 18ヵ月後

図-2 橈骨骨幹端部骨折例 (銃剣変形例)

表 1

年齢	角状変形	回旋変形	転位	橈骨弯曲喪失
9歳以下	15°	45°	完全	完全
9歳以上	10°	30°	完全	部分的



前腕骨のみ記載

図-3 AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures (PCCF)

21-E Proximal epiphyseal/radial head fractures

Simple	Complex	Simple	Complex
Isolated fractures of the radius			
21-E/1.1 I Epiphysiolysis radial head SH I no angulation and no displacement	21-E/2.1 II 21-E/2.2 II Epiphysiolysis radial head with metaphyseal wedge SH II angulation with displacement up to half of the bone diameter	21-E/1.1 II Epiphysiolysis radial head SH I angulation with displacement up to half of the bone diameter	21-E/2.1 III 21-E/2.2 III Epiphysiolysis radial head with metaphyseal wedge SH II angulation with displacement more than half of the bone diameter
21-E/1.1 III Epiphysiolysis radial head SH I angulation with displacement more than half of the bone diameter	21-E/3.1 21-E/3.2 Epiphysiolysis radial head with metaphyseal wedge SH II angulation with displacement more than half of the bone diameter	21-E/2.1 I 21-E/2.2 I Epiphysiolysis radial head with metaphyseal wedge SH II no angulation and no displacement	Epiphysiolysis radial head fracture SH III 21-E/4.1 21-E/4.2 Epi-metaphyseal radial head fracture SH IV

21-M Proximal metaphyseal/radial neck/ulnar fractures










Simple	Complex	Simple	Complex
Isolated fractures of the radius			
21-M/2.1 Metaphyseal torus/buckle fracture radial neck	21-M/3.1 II 21-M/3.2 II Complete, metaphyseal radial neck angulation with displacement up to half of the bone diameter	21-M/3.1 I 21-M/3.2 I Complete, metaphyseal radial neck no angulation and no displacement	21-M/3.1 III 21-M/3.2 III Complete, metaphyseal radial neck angulation with displacement more than half of the bone diameter
Isolated fractures of the ulna			
21-U-M/2.1 Metaphyseal torus/buckle olecranon	21-U-M/7.1 Avulsion of the olecranon apophysis	21-U-M/3.1 21-U-M/3.2 Complete, metaphyseal olecranon	

22-D Diaphyseal fractures














Simple	Complex	Simple	Complex
22-D/1.1 Bowing diaphyseal radius and ulna	22-D/5.1 22-D/5.2 Complete forearm oblique or spiral (> 30°) radius and ulna	22-D/2.1 Greenstick diaphyseal radius and ulna	22-D/6.1 22-D/6.2 Monteggia lesion, ulna
22-D/4.1 22-D/4.2 Complete forearm transverse (<= 30°) radius and ulna	22-D/7.1 22-D/7.2 Galeazzi lesion, radius		

Simple	Complex	Simple	Complex
Isolated fractures of the radius			
22-D/1.1 Bowing radius	22-D/4.1 22-D/4.2 Radius complete, transverse (<= 30°)	22-D/2.1 Greenstick radius	22-D/5.1 22-D/5.2 Radius complete, oblique or spiral (> 30°)
Isolated fractures of the ulna			
22-U-D/1.1 Bowing ulna	22-U-D/4.1 22-U-D/4.2 Ulna complete, transverse (<= 30°)	22-U-D/2.1 Greenstick ulna	22-U-D/5.1 22-U-D/5.2 Ulna complete, oblique or spiral (> 30°)








23-M Distal metaphyseal fractures

Simple	Complex	Simple	Complex
23-M/2.1 		23-M/3.1 	23-M/3.2 
Torus/buckle metaphyseal, distal radius and ulna			
Complete distal radius and ulna			
Isolated fractures of the radius			
23r-M/2.1 		23r-M/3.1 	23r-M/3.2 
Torus/buckle distal radius		Complete distal radius	
Isolated fractures of the ulna			
23u-M/2 		23u-M/3.1 	23u-M/3.2 
Torus/buckle distal ulna		Complete distal ulna	

23-E Distal epiphyseal fractures

Simple	Complex	Simple	Complex
23-E/1.1 		23-E/4.1 	
Epiphysiolysis SH I radius and ulna		Epi-metaphyseal fracture SH IV radius and ulna	
23-E/2.1 	23-E/2.2 	23-E/7.1 	
Epiphysiolysis with metaphyseal wedges SH II radius and ulna		Radio-ulnar ligament avulsion	
Isolated fractures of the radius			
23r-E/3.1 	Epiphyseal fracture SH III radius and ulna		
Isolated fractures of the radius			
23r-E/1 	23r-E/4.1 		23r-E/4.2 
Epiphysiolysis SH I radius		Epiphyseal fracture with metaphyseal wedge SH IV radius	
23r-E/2.1 	23r-E/2.2 	23r-E/7.1 	
Epiphysiolysis with metaphyseal wedge SH II radius		Ligament avulsion radial styloid	
Isolated fractures of the radius			
23r-E/3 	Epiphyseal fracture SH III radius		

23-E Distal epiphyseal fractures

Simple	Complex	Simple	Complex
Isolated fractures of the ulna			
23u-E/1.1 		23u-E/4.1 	23u-E/4.2 
Epiphysiolysis SH I distal ulna		Epi-metaphyseal fracture SH IV ulna	
23u-E/2.1 	23u-E/2.2 	23u-E/7.1 	
Epiphysiolysis with metaphyseal wedge SH II ulna		Osteoligamentous avulsion ulnar styloid process	
Isolated fractures of the ulna			
23u-E/3 	Epiphyseal fracture SH III ulna		

3) 橈尺骨骨幹部

この部位は骨幹部というだけでなく、前腕ならではの要因が関与してくる。Price らが提唱したガイドラインを表1に示すので参照されたい。この部位で問題となるのは、回内外制限の残存であるが、これに影響を及ぼすのは、両骨の変形の程度も重要であるが、もっとも重要なのは、両骨間の第三骨片によるインピンジで、これがもっとも予後に影響するとされている。

また、この部位でよく見られる **plastic deformation** (塑性変形) であるが、これは骨折ではないため、通常の骨癒合機転が働きにくく、十分な **remodeling** が起こらないことがわかっており、骨折の場合よりもその許容範囲は狭く、6歳以上で10°以上の変形は両骨とも許容されず、整復操作が必要といわれている。

4) 橈骨頸部

この部位ははっきりとしたコンセンサスの得られている数値は示されていないが、一般的には角状変形は30°以内、転位2mm以下であれば許容されるといわれている。ただし、実際にはこれ以上でもこれ以下でも成績は安定していないようで、機能予後を予測するもっともよい方法は、麻酔下で前腕の回内外可動域を確認することとされ、回内外可動域が50°以上あれば十分な機能予後が獲得できるとされている。

骨折分類

小児の骨折分類といえば、骨端線損傷の **Salter-Harris** 分類がまず頭に浮かぶが、系統だった骨折分類はなかなか見あたらないのが現状と思われる。しかし、2007年にAOグループが小児の骨折分類を発表 (**The AO Pediatric Comprehensive Classification of Long Bone Fractures ; PCCF**) したので、ここではこれを簡単に紹介したいと思う。

これは、2007年の **Journal of Orthopaedic Trauma** に発表されたものであるが、成人同様に長幹骨を1~4に分類し、次に長幹骨の **segment** を分類し、細分類をしていくというもの

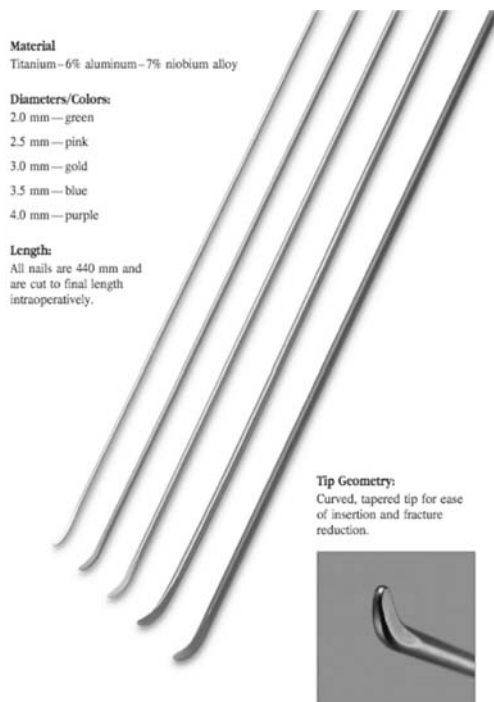
である。詳細は図-3並びに参考文献⁶⁾を参照されたい。

治療法

さて、これまでに示してきた許容範囲、骨折分類を念頭に置いて治療を行うことになるが、治療法選択の上で重要な要素は患児の年齢、体重、骨折型、骨折部位である。

当然、転位が少なく、前記の範囲内であれば保存治療が選択されることになると思われるが、これを逸脱した転位がある場合は、少なくとも徒手整復を行いギブス固定を行うか、**CRIF** (**Closed reduction and internal fixation**) を行うと考えられる。**ORIF** (**Open reduction and internal fixation**) が選択されるのは、開放骨折や整復不能な場合などの特殊な場合である。

通常、内固定材料は日本であれば **smooth pin**



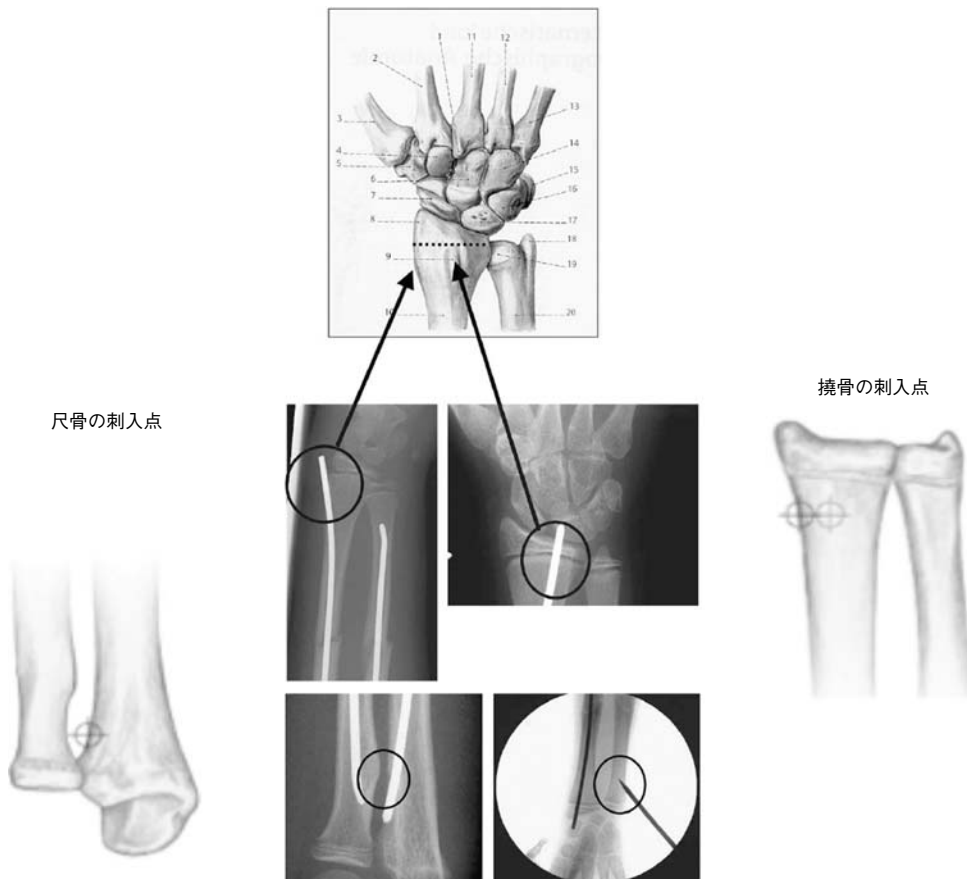
5サイズあり、先端が加工されている。これを専用の工具を使用して髄腔内に刺入する。

図-4 Titanium Elastic Nail (TEN)

(K鋼線など)を使用してのピンニングがほとんどであると思われるが、近年、AOグループが開発した Titanium Elastic Nail (TEN) が海外では主流となりつつあり、将来は国内での使用も可能となるであろう(図-4)。これはチタン製で、弾力性に富んでいるという利点があり、また、先端があらかじめ採型されているので、打ち込みしやすいなどの特徴がある。詳細については成書^{3,4)}に譲るが、小児骨折治療の上で非常に有益であると考えられる。

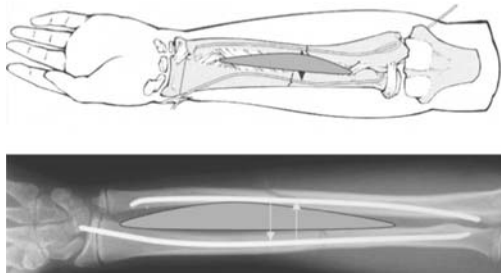
さて、手術時の留意点であるが、小児には骨端線が存在しており、これを傷害すると成長障害を来してしまうことがあるため、可能な限りこれを損傷しないように操作を行う必要がある。骨端部・骨幹部部ではこれを避けて固定を

行うのは非常に難しいが、骨幹部骨折に対してワイヤー固定を行う際には、骨端線を避けて刺入することが望ましいであろう。図-5に示したが、橈骨遠位からであれば、橈骨茎状突起、または Lister 結節が刺入点となるが、いずれも骨端線より近位に骨孔を作成するのがよいと考えられる。尺骨も同様であるが、近位から刺入する場合にも、骨端線をさけてこれより遠位の伸側・橈側に刺入点をもうけるのがよいと考えられる。また、前腕骨の場合、回内外機能を再建するのが重要であり、このためには、橈骨の生理的弯曲を再建して、骨間膜を温存することが機能予後を考える上で重要である(図-6)。このためには、先に示したように、橈骨は Lister 結節、尺骨は近位の橈背側よりワイ



橈骨遠位からは橈側、あるいは Lister 結節を使用し、骨端線を貫かずに、尺骨は近位は骨端線より遠位部の橈背側に、遠位からは橈骨と同様に骨端線を避けて尺側に刺入点を作成する。

図-5 前腕骨におけるワイヤーの刺入点



両骨間を広げ、骨間膜を再建するのが機能予後の上で重要になる。

図一六 前腕骨の形状

ワイヤを刺入するのが、前腕の生理的弯曲を再建しやすいのではないかと考えられる。

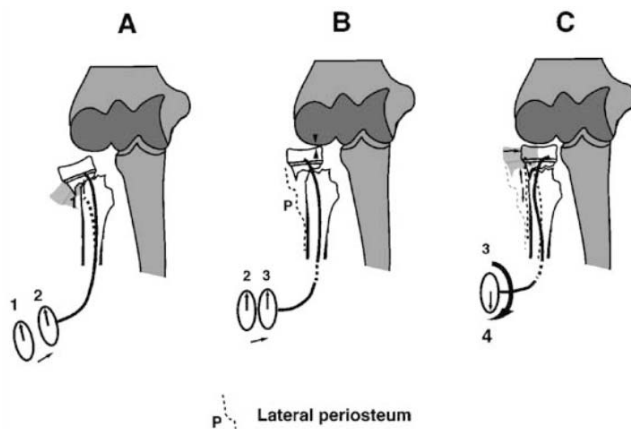
また、橈骨頸部骨折の治療に関してであるが、骨折部周囲からのワイヤー刺入では、神経損傷や前腕回内外制限などを来す可能性が高いため、最近では、橈骨遠位からワイヤーを刺入し、図一七のような方法で整復固定をするのが

よいと思われる⁴⁾。

小児の骨折に対する手術治療の第一選択はCRIFとなるが、当然、整復が困難であればORIFを行うこととなる。しかし、いずれにせよ、使用するインプラントは抜去が容易なものを可能な限り選択すべきと思われる。当然、K鋼線などではプレートなどと比較して十分な固定性が得られないが、小児骨折の場合には、in-ternal splint（骨内シーネ固定）の概念で内固定を行い、内固定はあくまで整復位の保持を補助する手段だと考えて治療を行うのが重要と考える^{1,5)}。

合併症

前腕骨でも他の部位と同様な合併症が存在するが、特にほかの部位に比べて、再骨折の頻度が高いとされている。おそらくは、誰もが一度



橈骨遠位より、先端を曲げたワイヤーを刺入し、橈骨頭内に先端を引っ掛け、ワイヤーを回転させることで骨折部の整復を行う。

図一七 橈骨頸部骨折の内固定法

は経験しているのではないであろうか。過去の報告²⁾ではおおよそ15%前後である。その要因としていわれているのは、年齢が高い(10歳以上)、若木骨折タイプである。不十分な固定期間、整復不良(特に角状変形の残存)などがあげられている。種々の要因が挙げられているが、この年齢層は活動性もかなり高く、生活指導の徹底も難しいので、治療初期の段階からこのことに十分留意した指導を本人ばかりでなく、家族にも徹底し、厳重に管理する必要があると考える。

ると考える。

ま と め

小児前腕骨骨折は比較的よく見られる外傷であるが、再骨折を来しやすい骨折でもある。この部位の転位の許容範囲を理解し、十分な矯正の起こる範囲内に転位を矯正して十分な骨癒合を得ることが治療の上で重要である。

参 考 文 献

- 1) Dietz HG, et. al. : AO Manual of Fracture Management ; Elastic Stable Intramedullary Nailing (ESIN) in Children AO publishing, Switzerland 2006.
- 2) 古江幸博ほか：小児前腕骨骨幹部骨折の再骨折例の検討．整形外科と災害外科2008；57：493-496.
- 3) Hunter JB. : The principles of elastic stable intramedullary nailing in children Injury 2005；36：S20-24.
- 4) Metaizeau JP : Reduction and osteosynthesis of radial neck fractures in children by centromedullary pinning. Injury 2005；36：S75-77.
- 5) Schmittenebecher PP. : State-of-the-art treatment of forearm shaft fractures Injury 2005；36：S25-34.
- 6) Slongo TF, Audigé L. ; AO Pediatric Classification Group : Fracture and dislocation classification compendium for children : the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures (PCCF). J Orthop Trauma 2007；S135-160.
- 7) Wilkins KE. : Principles of fracture remodeling in children Injury 2005；36：S 3-11.