

小児前腕骨骨幹部骨折の治療成績

大野 一幸¹⁾・松村 宣政²⁾

1)大阪みなと中央病院 整形外科

2)八尾市立病院 整形外科

要旨 2009年1月から2015年4月の間で、徒手整復後十分な整復位が得られなかった前腕骨骨幹部骨折に対して、Kirschner 鋼線による経皮的髓内固定術を行った9例の治療成績を報告した。受傷時年齢は平均10.2(1~16)歳、男5例、女4例、両骨骨折7例、尺骨単独骨折2例であった。骨癒合期間は橈骨47±16.2日、尺骨61±21.6日であった。12歳以上の3例で、尺骨の癒合まで70日以上かかった。経過観察期間は平均173日であった。合併症は、鋼線刺入部の橈骨神経知覚枝の損傷1例と同部位の骨折後に変形癒合し、さらに再骨折した1症例において前腕回内外可動域制限を残していた。全例骨癒合が得られたが、本固定法は回旋固定力不足のため上腕からの外固定が必要であることが多く、治療期間中は日常生活の支障が大きくなるので、12歳以上ではプレート固定を選択してもよい場合もあると考える。ただ、小児の前腕骨は細く、適合する内固定材の選択や骨癒合後の抜釘困難、再骨折に注意する必要があると考える。

序文

小児前腕骨骨幹部骨折では転位や角状変形が強く、良好な整復位が保持できない症例に対して手術治療が行われる¹⁾³⁾⁵⁾⁶⁾。当院では徒手整復後にKirschner 鋼線(K-wire)による経皮的髓内固定術を行っており、その治療成績と問題点、プレート固定の可否を検討した。

対象

2009年1月から2015年4月までに治療を行った9例で、年齢は平均10.2歳(1~16)であり、男5例、女4例であった。右が8例、左が1例であり、橈尺骨両骨折が7例、尺骨単独骨折が2例であった(表1)。1例で尺骨に線維性骨異形成症を合併していた(症例8)。1例は保存療法後の橈尺骨変形治療骨折の再骨折症例であった(症例9)。

AO分類では22-D/4.1が1例、D/5.1が6例、

Du/4.1が2例であった。

方法

手術は全身麻酔下での徒手整復後に髓腔径に応じて1.2~2.4 mmのK-wireを橈骨は茎状突起から逆行性に、尺骨は肘頭から順行性に髓内に刺入して固定した。整復できなかった症例では、小皮切からのKapandji法や骨折部を展開して、観血的整復と鋼線固定を行った。5例7骨折(橈骨骨折2部位、尺骨5部位)で観血的整復を行った。橈尺骨両骨折の症例では、全例で両骨折の髓内固定を行った。鋼線は埋没せずに皮膚外に出し、術後は上腕から手部までギプスシーネ固定を行った。

骨癒合の診断はX線正面・側面像で3箇所にも骨性架橋が認められた場合とした。抜釘は骨折部の圧痛が消失し、骨癒合が確認できてから行った。抜釘後再骨折を防止するため、1~2週間の外固定を行った。

Key words : diaphyseal forearm fractures(前腕骨骨幹部骨折), children(小児), intramedullary nailing(髓内釘固定)
連絡先 : 〒552-0021 大阪府大阪市港区薬港1-8-30 大阪みなと中央病院 整形外科 大野一幸 電話(06)6572-5721
受付日 : 2015年12月30日

表 1. 対象症例の詳細

| 受傷時 年齢 | 性別 | 左 右 | 使用した k-wire 直径 | 手術時の骨折部の展開の有無 | | | 骨癒合 期間(日) | | MRB(%) | | | | 尺骨の正面像での 骨折部の角度(度) | | 経過観 察期間 | 骨折部から 3 cm 近位・遠位 の骨幅の最小値(mm) | |
|-----------|------|--------|-------------------|---------------|----|-------|--------------|------|--------|-----|-----|-------|-----------------------|----|------------|---------------------------------|------|
| | | | | 橈骨 | 尺骨 | AO 分類 | 橈骨 | 尺骨 | 右 | 左 | 右 | 左 | 右 | 左 | | Grace と Eversmann の基準 | 橈骨 |
| 1 | 14 | 男 | 右 | 1.8 | 無 | 有 | 22-D/4.1 | 53 | 81 | 5 | なし | 171 | なし | 不明 | 41 | 10 | 11.5 |
| 2 | 12 | 女 | 左 | 1.8 | 無 | 無 | 22-D/5.1 | 29 | 50 | 5.8 | 5.1 | なし | 177 | 優 | 126 | 8.39 | 7.15 |
| 3 | 8 | 男 | 左 | 1.5 | 無 | 無 | 22-D/5.1 | 33 | 33 | 6.1 | 4.3 | 168 | 173 | 優 | 130 | | |
| 4 | 1 | 女 | 左 | 1.5 | 有 | 無 | 22-D/5.1 | 52 | 52 | 5.8 | 4.3 | 176 | 177 | 優 | 504 | | |
| 5 | 4 | 女 | 左 | 1.2 | 無 | 無 | 22-D/5.1 | 35 | 35 | 6.6 | 6.1 | 173 | 169 | 優 | 336 | | |
| 6 | 16 | 男 | 左 | 2.4 | | 有 | 22-Du/4.1 | | 82 | 8.1 | 6.6 | 178 | 175 | 優 | 42 | | 8.63 |
| 7 | 12 | 女 | 左 | 2 | 無 | 有 | 22-D/5.1 | 55 | 96 | 6.4 | 5.1 | 179 | 180 | 優 | 202 | 8.14 | 8.8 |
| 8 | 11 | 男 | 左 | 2 | | 有 | 22-Du/4.1 | | 58 | 7.4 | 6.7 | 174 | 165 | 優 | 63 | | |
| 9 | 14 | 男 | 左 | 2 | 有 | 有 | 22-D/5.1 | 75 | 62 | 5.7 | 5 | 172 | 176 | 不可 | 112 | 12.2 | 10.6 |
| 平均 | 10.2 | | | | | | | 47.4 | 61.0 | 6.3 | 5.4 | 173.9 | 174.0 | | 172.9 | | |

MRB(Maximum Radial Bow) : X線正面像で橈骨の弯曲変形

尺骨の正面像での骨折部の角度(度) : 尺骨の近位骨片と遠位骨片のなす角度

骨折部から 3 cm 近位・遠位の最小値(mm) : プレート固定術の適応を判断するため、骨折部から 3 本目のスクリューが刺入されると予測される部位の骨幅の最小値

調査項目は橈骨、尺骨の骨折癒合期間と X 線正面像で橈骨の弯曲変形を Maximum Radial Bow(MRB)を用いて、尺骨変形を近位骨片と遠位骨片のなす角度を用いて評価した。AO 法の前腕骨骨折のプレート固定の基本原則では、3.5 mm のスクリューを使用して近位・遠位ともに 3 本のスクリューでの固定が推奨されており、スクリューの太さは骨幅の 1/3 を超えないことが適応条件であり、骨幅はスクリュー径 3 倍の 10.5 mm 以上が必要となる。そこで、12 歳以上の症例についてはプレート固定の適応を判断するために、橈骨、尺骨それぞれの骨折部中央から近位と遠位に 3 cm の部位(3 本のスクリューで近位・遠位とも固定できる範囲)の太さを X 線正面・側面像で計測し、最小値を骨幅とした。機能評価は肘関節、前腕、手関節の可動域制限の有無と、Grace・Eversmann の評価基準を用いて行った。術後合併症も調査した。統計学的解析は t 検定を用いて行い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。

結 果

全例で骨癒合が得られ、骨癒合期間(抜釘までの期間)は、橈骨が 47 ± 16.2 日、尺骨が 61 ± 21.6

日であった(表 1)。12 歳以上の 5 例中 3 例で、尺骨の骨癒合に 70 日以上を要した(症例 1, 6, 7)。抜釘から最終診察までの期間は平均 173 日(41~504)であった。最終観察時の X 線所見で橈骨の MRB は、患側が $5.5 \pm 0.99\%$ であり、健側の $6.3 \pm 0.94\%$ と比較して有意に減少していた($p < 0.01$)。尺骨の近位骨片と遠位骨片のなす角度は患側が $174 \pm 3.7^\circ$ であり、健側の $174 \pm 4.9^\circ$ と比較して有意差はなかった。尺骨に線維性異形成症を合併した症例では健側と比較して 9° の角状変形が残存した。12 歳以上の症例で橈骨と尺骨それぞれの骨折部から近位と遠位に 3 cm の部位で、骨幅の最小値は平均 9.7 mm と 9.3 mm で、骨幅が 10.5 mm 以上の症例は橈骨では 1 例、尺骨では 2 例のみであった(図 1)。

変形治癒骨折後の再骨折症例にのみ回内 60° 、回外 80° と制限が残存した。その他の症例では、関節可動域に制限を認めなかった。合併症として、鋼線刺入部での橈骨神経知覚枝の損傷による知覚障害と表層感染をそれぞれ 1 例に認めた。いずれも経過観察と経口抗菌薬の投与で治癒した。術後に再骨折を認めた例はなかった。Grace と Eversmann の評価基準では優が 7 例、可が 1 例

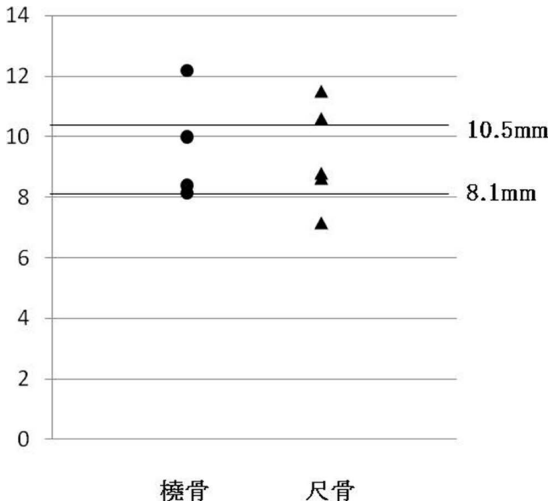


図1. 12歳以上の5症例における骨折部から近位と遠位に3 cmの部位での骨幅
 スクリューの径は骨幅の1/3を超えないことが原則であり、2.7 mm径のスクリュー使用では骨幅が8.1 mm、3.5 mm径の使用では10.5 mm以上が必要である。橈骨の骨幅が10.5 mm以上の症例は1例のみ、尺骨では2例であった。

で、不明が1例であった。

症 例 (症例7)

12歳、女性。クラブ活動中に転倒して受傷し(図2)、翌日手術を行った。橈骨は徒手整復後に茎状突起から逆行性に2 mmのK-wireで髓内固定した。一方、尺骨は小皮切から骨折部を展開して整復し、肘頭から順行性に固定を行った(図3)。鋼線は皮膚から出し、上腕から手部までギブスシーネ固定を行った。この症例の橈骨と尺骨の骨折部から近位と遠位に3 cmの部位で、骨幅の最小値は橈骨が8.1 mm、尺骨が8.8 mmであった。このため、プレート固定が可能か否かの検討では、骨幅の1/3を超える3.5 mmスクリューの使用は不可能であった。一方、2.7 mmスクリューは尺骨でのみ使用可能であった。橈骨は手術から56日で癒合し抜釘した。尺骨骨折部で骨膜に沿って骨形成を認めたが、骨癒合は遷延化した。CTや血液生化学的検査を行い、感染などの合併症がないことを確認した(図4)。術後76日で鋼線刺入部に表層感染を認めたが、経口抗菌薬の投与で



図2. 受傷時のX線像
 転位の大きい前腕骨骨幹部骨折を認める。

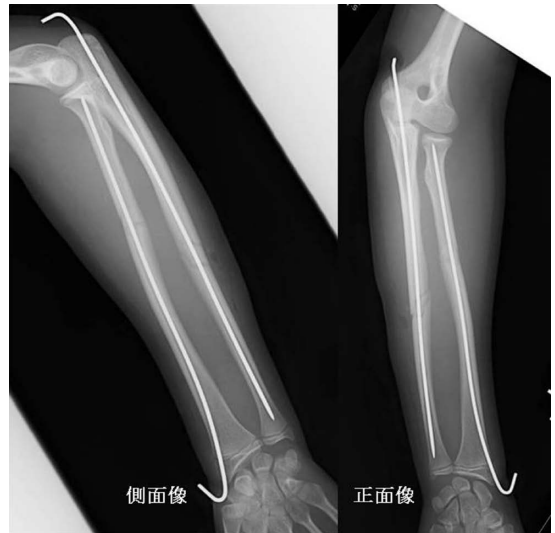


図3. 手術直後のX線像
 骨折部を整復して橈骨と尺骨にKirschner鋼線での髓内固定を行った。

改善した。術後96日で尺骨の骨癒合を認めたため、抜釘を行った。術後10か月で骨癒合は完成し、前腕の回内外と手関節の可動域に制限はなく、日常生活動作に問題はなかった(図5)。

考 察

前腕骨骨折に対してK-wireを用いた髓内固定術後の骨癒合期間は年齢に影響されることがよく知られている¹⁾⁶⁾。服部ら⁶⁾は平均6.8歳の30例を対象とした検討で、10歳以下の骨癒合期間は平



図4. 手術後56日のX線像
尺骨骨折部で骨膜の膨隆と骨膜下の骨形成を認めた
が、骨癒合は遷延化していた。



図5. 最終観察時(術後10か月)のX線像
骨癒合は完成したが、骨膜の膨隆は残存していた。

均11週間(6~19)であり、10歳以上の平均19週間(8~31)と比較して短いことを報告している。Altayら¹⁾も平均10.3歳の36例を対象とした治療結果から、10歳未満の骨癒合期間は6.3週間であり、10歳以上の7.8週間と比較して有意に短く、遷延癒合を認めた2例(癒合期間13, 14週間)はいずれも10歳以上であったと報告している。本報告では12歳以上の5例中3例で、骨癒合に10

週間以上を要した。さらにFlynnら⁴⁾の103例を対象とした報告ではElastic Stable Intramedullary Nail (ESIN)による内固定を70例(68%)に、K-wireによる固定を33例(32%)に行い、10歳以上の67例中6例に遷延癒合をみとめたと報告している。

Fernandezら²⁾は、ESINによる髓内固定を行った小児前腕骨折537例のうち6例に尺骨の遷延癒合や偽関節を認めたと報告している。その原因として、開放骨折、骨折部の展開手技、再骨折、骨折部位が中央1/3であること、不安定な固定法を指摘している。また、Flynnら⁴⁾は、骨折部を展開して観血的に整復した症例では、徒手的に整復した症例と比較して、骨癒合期間が2週間長くなることを報告している。その原因の一つとして、骨折部の整復に展開が必要な症例では転位が大きく、整復操作で広範囲の骨膜剝離に及んだためとしている³⁾。提示した症例7では、尺骨の骨折部は最小限度の切開で整復できたが、術後経過で骨折部を挟んで広範囲に骨膜に沿って骨形成があり、Flynnらの見解を支持すると考える。我々の症例では偽関節例はなかったが、骨癒合まで10週間以上必要であった3例は、すべて12歳以上で、手術時に骨折部を展開した中央1/3の骨折であった。前腕骨は海綿骨に乏しく、骨癒合に骨膜が重要な役割を担っていると考えられ、手術で骨膜を広範囲に剝離する場合には注意を要する。

以上より、10歳以上では骨癒合遷延例があり、さらに転位が大きく、骨折部の観血的整復が必要な症例では、その可能性が大きくなることを念頭に入れ、術前の十分な説明と慎重な経過観察が必要であると考えられる。

髓内釘を用いた固定術では、術後に上腕からの外固定が必要であること、鋼線を皮膚から出すため、入浴制限や鋼線刺入部の処置が必要であることなど日常活動の制限が問題となる。一方、海外では小児に対しても術後に日常活動制限の少ないプレート固定や皮下に埋没可能なESINが行われている⁷⁾⁸⁾。Reinhardtら⁷⁾は10~16歳の前腕骨骨折に対してESINによる髓内固定(19例)とプ

プレート固定(12例)を行い、術後3か月と6か月で骨癒合率に有意差はなく、再骨折や偽関節等の発生率についても有意差はなかったことを報告している。術後機能評価においても肘関節や手関節に可動域制限を認めた症例はなく、前腕の回内外制限も両群間で有意差がなかったとしている⁷⁾。

抜釘術や抜釘後の制限について、鋼線固定術後では抜釘が容易であり、術後の活動制限も短期間である。一方、プレート固定術後では、抜釘手術が必要であることや、再骨折の危険性が高くなるため抜釘後に長期間の活動制限が必要となることが問題となる⁷⁾。畑中ら⁵⁾は、11歳でチタン製プレートをを用いて固定術を行った橈骨遠位1/3骨折の症例で、術後11か月に抜釘困難となり、術後に再骨折を起こしたことを報告している。そのため、プレートによる内固定術を行った小児前腕骨折症例では、早期抜釘の必要性や抜釘を行わない選択肢について、術前に計画する必要があることを指摘している⁵⁾。小児前腕骨骨折に対してプレート固定を行う場合には、抜釘困難例や抜釘後の再骨折のリスクがあることを念頭に置いて慎重な術前計画を立てることが必要であると考えられる。

Shahらは、前腕骨折に対して3.5 mm DCPを使用したプレート固定群56例(平均14.1歳)とチタン製鋼線を使用した髓内固定群15例(平均3.3歳)で、癒合期間はそれぞれ8.9週間と8.5週間であり、2群間で有意差はなかったと報告している⁸⁾。一方、彼らの研究では、骨幅と使用するプレートサイズの問題について検討されていない。本邦では、小児にプレート固定を適応する場合に、骨幅が狭いことが問題となる場合がある。前腕骨骨折では回旋力が骨折部に加わるため、AO法では3.5 mmのスクリューで近位・遠位ともに3本のスクリューでの固定が推奨されている。一方、骨幅はスクリュー径3倍の10.5 mm以上が必要となり、我々の12歳以上の5症例中、骨幅が10.5 mm以上の症例は橈骨では1例、尺骨では2例のみであった(図1)。2.7 mm径スクリューを使用するsmall DCPでは固定性とプレート強度は低下するが、8.1 mm以上の骨幅で使用可能

となり、自験例では4例で橈骨と尺骨ともに適応可能となる。骨折部が粉碎しており、十分な整復位や長さが保てない場合等限られた症例にはプレート固定術の適応と考えるが、使用可能なプレートのサイズや強度に問題がある場合があるため、綿密な術前計画が必要である。

プレート固定と比較して、髓内固定では正確な解剖学的整復が困難であることが指摘されている。その評価方法として、X線前腕正面像での橈骨湾曲の指標であるMRBが使用されている。Reinhardtら⁷⁾やShahら⁸⁾報告では、髓内固定群のMRBはプレート固定群と比較して有意差を認めないが、その位置は有意に遠位に移動したと報告している。

本研究では、患側は $5.5 \pm 0.99\%$ であり、健側の $6.3 \pm 0.94\%$ と比較して有意な減少を認めた($p < 0.01$)。これまで健側と比較検討した報告はなく、山上ら⁹⁾はFirlら³⁾の報告した正常値と比較した研究で、湾曲が小さくなるとを指摘している。一方、小児ではMRBは自然矯正が生じるため、測定時期により変化があると考えられる。また、小児前腕骨折後のMRB変化と術後機能との関係については一定の見解がなく、今後の検討が必要である。

結 語

小児前腕骨骨幹部骨折に対するK-wireによる髓内固定術の治療成績を報告した。全例で骨癒合と良好な術後機能を獲得した。一方、12歳以上の5症例中3例で、骨癒合に10週間以上を要した。10歳以上の前腕骨骨幹部骨折では、骨折部転位の程度と骨幅を考慮して、プレート固定も念頭に入れた術前計画が必要と考えられた。

文献

- 1) Altay M, Aktekin CN, Ozkurt B et al: Intramedullary wire fixation for unstable forearm fractures in children. *Injury* 37: 966-973, 2006.
- 2) Fernandez FF, Eberhardt O, Langendörfer et al: Nonunion of forearm shaft fractures in

- children after intramedullary nailing. *J Pediatr Orthop B* **18** : 289-295, 2009.
- 3) Firl M, Wunsch L: Measurement of bowing of the radius. *J Bone Joint Surg* **86-B** : 1047-1049, 2004.
 - 4) Flynn JM, Jones KJ, Garner MR et al: Eleven years experience in the operative management of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* **30** : 313-319, 2010.
 - 5) 畑中 渉, 柴田 定 : 成長期小児の骨接合に用いたチタン性プレートの問題点. *北整・外傷研誌* **20** : 29-31, 2003.
 - 6) 服部匡次, 白井久也, 阿部宗昭ほか : 小児前腕骨骨幹部骨折の治療法. *日小整会誌* **14** : 137-142, 2005.
 - 7) Reinhardt KR, Feldman DS, Green DW et al: Comparison of intramedullary nailing to plate for both-bone forearm fractures in older children. *J Pediatr Orthop* **28** : 403-409, 2008.
 - 8) Shah AS, Lesniak BP, Wolter TD et al: Stabilization of adolescent both-bone forearm fractures: A comparison of intramedullary nailing versus open reduction and internal fixation. *J Orthop Trauma* **24** : 440-447, 2010.
 - 9) 山上信生, 山本宗一郎, 熊橋伸之ほか : 小児前腕両骨骨幹部骨折に対する髓内固定法. *別冊整形外科* **64** : 200-202, 2013.