

소아 전완부 골절의 수술적 치료 [Surgical Treatment of Both Forearm Bone Fracture]

주 선 영 · 김 현 우*

가톨릭대학교 의과대학 인천성모병원 정형외과, 연세대학교 의과대학 세브란스병원 정형외과*

서 론

전완부 골절은 흔한 소아의 골절로 소아 상지 골절의 약 30%를 차지한다. 이 중 약 75% 정도가 원위부에서 발생하며, 간부 골절은 약 18%에서 발생한다³²⁾. 성인의 전완부 골절이 수술적 치료를 요하는 반면, 소아의 전완부 골절은 대부분의 경우 비수술적 치료로도 만족할만한 결과를 기대할 수 있다. 이는 빠른 골절의 유합과 재형성에 의한 것으로 골절부가 성장관에 가까울수록 재형성(remodeling)이 잘 이루어져, 원위부 골절의 경우 매년 10도 정도의 재형성이 이루어진다. 반면, 간부 골절의 경우 재형성이 잘 이루어지지 않아 9세 이하의 소아의 경우 약 20도 정도의 각형성 변형과 45도 이하의 회전 변형이 허용되나, 10세 이후에서는 약 10도의 각형성 변형과 30도 이하의 회전 변형만이 허용된다²⁵⁾.

전완부의 완전 골절은 치료가 쉽지 않으나, 불유합이나 다른 심각한 합병증의 발생보다는 잔여 변형과 전완부의 회전운동 장애가 주된 문제점이다. 즉, 전완부는 요골 및 척골, 두개의 장관골이 근위부와 원위부에서 각각 관절을 형성하며 연결되어 있어 서로 간에 길이의 균형을 유지하면서 성장하는데, 이 균형이 깨지게 되면 회전운동의 장애가 초래된다. 불안정성 골절이나 보존적 치료가 실패하였을 때 수술적 치료를 요하며, 전위된 재골절, 개방성 골절, 동측 상완골 골절이 동반되었을 경우에도 수술적 치료를 요한다. 수술적 방법으로 마취하 도수정복 및 석고 고정, 금속판 고정술(plate osteosynthesis), 골수내 고정술(intramedullary fixation) 등이 있다. 본 중설에서는 소아 전완부 골절의 수술적 치료에 대하여 고찰해 보고자 한다.

본 론

1. 도수정복 및 석고 고정

최근 마취기술 및 수술방법, 수술 중 방사선 투시기의 발달로, 전완부 골절에 대해보다 적극적인 치료를 하는 경향을 보이거나, 도수정복은 여전히 가장 먼저 시도되는 치료 방법이다. 전신마취하에 이루어지며, 소성 변형(plastic deformation)을 교정하기 위하여 변형의 첨부(apex)에 뼈를 댄 후 변형의 근위부와 원위부에 수분 동안 점진적인 힘을 가한다(fulcrum-bending technique). 정복 후 주관절을 90도 굴곡시키고 6주간 장상지 석고 고정을 유지한다. 완전 골절의 경우 변형을 더 심하게 만든 다음 견인을 하고 골절편을 정복한다. 방사선 촬영을 통하여 회전 정렬을 확인하는데, 회전 정복 상태는 다음 세 가지 방법을 이용한다. 첫 번째는, 이두조면(bicipital tuberosity) 정렬을 이용하는 방법으로 전완부가 90도 회외전된 경우 이두조면은 내측에 위치하고 중립인 경우 후면에 위치하여 방사선사진상 나타나지 않고 회내전된 경우 외측에 위치한다. 두 번째는 방사선 전후면 및 측면 사진에서 요골과 척골의 양 끝단의 모양을 이용하는 방법으로 전완부의 회외전 상태에서 측면 사진상 척골의 구상돌기(coronoid process)는 전방에 경상돌기(styloid process)는 후방에 위치하며, 전후 사진상 요골의 경상돌기와 이두조면이 나타난다(Fig. 1)²⁹⁾. 마지막으로 골절 부위의 상하 골편의 직경 차이를 확인하는 방법이 있다. 정복을 얻은 후 주관절을 90도 굴곡시킨 후 장상지 석고 고정을 시행하는데, 이때 골간을 편평하게 하고(interosseous mold) 석고봉대의 단면이 타원형이 되도록 하며, 척측이 일직선이 되게 한다. 고정은 약 6~8주간 유지하며, 초기에 정복 소실이 발생할 수 있으므로 주의 깊

통신저자 : 김 현 우

서울시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 의과대학 정형외과학교실

Tel : 02-2228-2180 · Fax : 02-363-1139

E-mail : pedhkim@yuhs.ac

Address reprint requests to : Hyun Woo Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University College of Medicine, 50, Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-749, Korea

Tel : 82-2-2228-2180 · Fax : 82-2-363-1139

E-mail : pedhkim@yuhs.ac

은 추시가 요구된다(Fig. 2).

2. 골수내 고정술

골수내 고정술은 K-강선 또는 유연성 골수정(flexible intramedullary nail)을 이용하여 고정하는 것으로 1980년대에



Fig. 1. (A) The posterior-anterior view of the forearm shows the anatomic landmarks that can be used to assess the rotation of the radius. In this position, the bicipital tuberosity is pointed in the opposite direction from the radial styloid. **(B)** The lateral view demonstrates the landmarks that can help determine the rotation of the ulna. The coronoid process is in profile, pointing toward the radius and opposite the direction of the ulnar styloid.

Metaizeau와 Ligier²³⁾가 소개한 이래 소아 전완골 골절에 가장 선호되는 수술적 치료 방법이다. 금속관 고정술에 비하여 골절부의 노출을 최소화하고 피부 절개가 작으며, 제거가 쉽다는 장점이 있으나, 삽입물을 제거해야 하며, 감염, 골수정의 끝부분으로 인한 피부 자극, 신경 손상의 가능성이 있다. 골수정의 크기에 따라 1.5~2.5 mm K-강선 또는 유연성 골수정을 형광투시경하에 삽입한다. 요골의 골수정은 원위부에서 역행적으로 삽입한다. 먼저, 골수정을 요골의 만곡(bow)에 맞추어 굽힌다. 요골의 삽입부는 요골의 배측 혹은 외측(요측)에 위치한다. 배측 삽입부는 Lister 결절에서 시작하며, 외측 삽입부는 요골 원위 간단부의 외측에서 시작한다. 삽입과 골수정 제거 시 성장판의 손상을 피하는 것이 중요하여, 성장판으로부터 약 1~1.5 cm 근위부에서 삽입하도록 한다. 또한, 요골신경의 표재부를 보호해야 한다. 시작부위의 구멍은 송곳(awl)이나 드릴을 이용하여 사용할 골수정의 직경보다 약간 크게 사선방향으로 만들며, 요골의 만곡에 맞추어 미리 굽혀 놓은 골수정을 넣고 회전시키면서 골절을 정복한다. 때에 따라서는 골절부를 일부 개방이 필요할 수도 있다. 골수정 삽입 후 골절부가 신연되지 않은 것을 확인한다. 척골의 골수정은 근위부에서 순행적으로 삽입한다. 척측 골수정의 삽입은 주두의 골단을 통하거나 척골 근위부 후외측에서 삽입한다. 척골 근위부 후외측에서 삽입하는 것이 성장판을 관통함으로써 발생할 수 있는 성장판 손상과 골수정의 끝부분으로 인한 피부 자극을 피할 수 있다. 보통 활차절흔(trochlear notch) 부위에서 삽입한다. 척골은 만곡이 없으므로 골수정을 굽힐 필요는 없다. 골수정의 끝은 피부를 자극하지 않을 정도로 절단한다. 골수정의 끝은 피부 밑에 두고, 약 6개월 정도 고정하여 자연유합 및 재골질의 위험을 줄여야



Fig. 2. (A) Initial posterior-anterior (PA) and lateral radiograph of an 8-year-old girl with a forearm fracture. **(B)** PA and lateral radiograph 6 weeks after closed reduction and casting. The fracture has maintained an acceptable alignment.

한다. 골수정의 끝이 피부 바깥으로 노출되어 있는 경우 4~6주 후에 제거하며, 이 경우 약 4주간 석고 고정을 하여 재골절을 예방하여야 한다. 골수정은 회전력에 약하므로, 약 6주에서 8주간 장상지 석고고정을 하는 것이 필요하다 (Fig. 3).

요골과 척골 중 어느 골을 먼저 정복하는지, 두 개의 골을 모두 고정하여야 하는지 혹은 하나의 골만 고정해도 되는지에 대하여는 이견이 있다. 요골과 척골 중 정복이 어려운 것을 먼저 고정하는 방법(일반적으로 요골의 정복이 어렵다)과 쉬운 것(대개의 경우 척골이 해당된다)을 먼저 고정하는 방법이 있다. 전자의 경우 척골을 먼저 고정하면 요골의 정복이 더욱 어려워질 수 있으므로 요골을 먼저 정

복하는 것을 선호하고, 후자의 경우 척골을 먼저 고정하는 것은 척골을 고정함으로써 요골이 안정화되어 척골만 고정하는 것이다. 즉, 보통은 요골과 척골 모두 고정하는데, 나이가 어린 경우 혹은 1개의 골이 불완전 골절이거나 전위가 없는 경우 1개의 골만을 고정하면 다른 골도 어느 정도 정복이 되므로 유용한 방법이 될 수 있다^{3,9,15}. 한 개의 골만 고정한 경우 고정하지 않은 골의 전위가 있을 수 있으므로, 술 후 석고 고정과 추시에 주의를 요한다.

3. 금속판 고정술

성인에서와는 달리 금속판 고정술은 소아의 전완골 골절



Fig. 3. (A) Initial posterior-anterior (PA) and lateral radiograph of a 13-year-old girl with a forearm fracture. (B) PA and lateral radiograph 6 months following intramedullary nailing.



Fig. 4. (A) Initial radiograph of a 15-year-old boy with a closed fracture of both forearm bones. (B) Open reduction and internal fixation was performed using 3.5 mm plates.

에서 잘 사용되지 않는다. 하지만, 분쇄 골절 또는 골격 성장이 얼마 남지 않은 청소년(14세 이상의 남아, 12세 이상의 여아)에 적용이 될 수 있다. 금속판 고정술은 해부학적 정복과 견고한 고정을 얻을 수 있는 장점이 있으나, 절개부위가 크고 연부조직의 벗김이 많으며, 골유합 후 제거술이 보다 어렵고 재골절의 위험이 많은 단점이 있다. 성인의 경우 3.5 mm 역동적 압박금속판(dynamic compression plate)을 이용하여, 골절부를 중심으로 근위부 및 원위부에 각각 3개의 나사못 고정을 하는 반면, 소아의 경우 크기에 따라 3.5 mm, 2.7 mm 압박 금속판, 1/3 tubular plate를 이용할 수 있으며, 경우에 따라서는 4개의 나사못 고정으로 충분히 안정성을 얻을 수 있다(Fig. 4). 요골에

대한 접근법은 Henry에 의한 전방 도달법이나 Thompson에 의한 후방 도달법을 이용하며, 척골은 내측으로부터의 직접 도달법을 이용하여 노출시킬 수 있다. 척골의 경우 금속판을 척골의 전방에 위치하도록 함으로써 금속판에 의한 피부 자극을 줄일 수 있다. 술 후 약 2주간 설탕 집게 부목(sugar tong splint) 고정 후 제거한다. 골수강내 고정술에서와 같이 한 개의 골만을 고정할 수 있으며, 좋은 결과들이 보고되고 있다^{4,15,27}.

4. 합병증

재골절, 부정유합 및 지연유합, 골결합(cross union, sys-



Fig. 5. (A) Initial radiograph of a 12-year-old boy with a closed fracture of both forearm bones. (B) Intramedullary nailing was performed. (C) Two months later the ulnar side nail was removed due to a skin problem. (D) Refracture after a minor fall happened at 5 months from the initial operation. (E) Intramedullary nailing for refracture. (F) Union was achieved.

nostosis), 구획증후군, 신경손상 등이 발생할 수 있다. 재골절은 약 8%에서 발생하는 것으로 보고되고 있고, 수상 후 6개월 이내에 호발한다²¹⁾. 완전 골절에 비하여 녹색줄기 골절에서 흔하고³⁵⁾ 내고정물 제거 시 잘 발생하며, 잔여 각형성이 있는 경우 발생 위험이 높다^{1,10,13,14,17,19,24,33~35,39,40)}. 재골절이 발생한 경우 도수정복 후 석고 고정으로 만족할 만한 결과를 얻을 수 있으나³⁵⁾, 정복이 되지 않은 경우 관혈적 정복 및 내고정술을 시행한다(Fig. 5)^{28,31)}.

부정유합은 외관상 좋지 않으며, 기능적 장애를 초래하기도 한다. 하지만, Price 등³⁰⁾은 부정유합을 보인 환자의 92%에서 기능적으로 만족스런 결과를 보고하였다 따라서, 부정유합을 치료하기에 앞서 재형성 가능성과 기능 소실 여부를 평가하여야 한다. 부정유합 역시 도수정복 후에 보다 흔히 발생한다. 이는 도수정복 후 불충분한 추시, 전완부의 부적절한 위치로 고정, 부적절한 석고 고정, 근위부 골절, 이미 골유합이 이루어진 후 진단이 지연된 경우에서 발생할 수 있다^{6~8,37,40)}. 만족할 만한 정복을 얻은 후에도 약 25%에서 재전위가 일어나므로 초기에 주의 깊은 추시 관찰을 요한다. 골절 후 3~4주째까지 각 형성이 진행된다면 만족할 만한 위치로 도수정복 후 다시 4~6주간 석고 고정할 수 있다. 골절 8주 후, 각 형성이 심하지 않다면 교정 절골술을 하기 전에 4~6개월 정도 기다리는 것이 바람직하다. 전완부의 회전 변형은 자연 교정이 이루어지지 않으며 수술적 교정을 하여야 한다.

소아에서 지연유합 및 불유합의 발생은 드물다. 도수정복 후에는 0.5% 이하에서 지연유합이 보고되었고, 불유합은 보고된 바 없다^{5,11,18~20,30)}. 반면에 관혈적 정복술 이후에는 약 3%에서 불유합이 발생하는 것으로 보고되었다^{4,24,35,38)}. 이는 주로 고에너지 손상, 개방성 골절, 심한 연부조직 손상 후에 발생하였다. 주로 척골의 유합이 지연되는데 이는 척골유두에서 순행적으로 삽입하는 골수정에 의해 골절부가 신연되기 때문인 것으로 여겨진다²⁶⁾.

골유합은 소아에서는 흔하지 않은 합병증이지만, 전완부의 회전장애를 초래한다. 고에너지 손상, 요골 경부 골절이 동반된 경우, 관혈적 정복, 반복적 도수정복, 두부 손상이 동반된 경우 발생할 수 있다. 금속판 고정술 후 보다 흔히 발생하며, 단일 절개를 통한 내고정술 이후에 증가한다^{2,7)}. 교차 유합의 수술적 제거 후에도 재발할 수 있으며, 성인에 비하여 결과가 좋지 않다³⁶⁾.

구획증후군은 드물지만 심한 전위성 골절 후에 발생할 수 있다. 연부조직 종창이 심하거나 정복 후에 심해질 경우 석고 고정을 반드시 분리해야 한다. 일반적으로 골절의 정복 및 석고 고정 후 심한 통증을 호소하나, 협조가 되지 않은 어린 소아의 경우, 진단이 어렵다. 골절의 정복 후 심한 통증이나 능동적 또는 수동적으로 손가락을 움직임이

없을 때, 진통제 요구량이 증가할 때 구획 증후군을 의심해야 한다. 구획 증후군의 증후나 증상이 있으면, 구획 내압을 측정하고 30 mmHg 이상이면 근막 절개술을 시행한다.

신경 손상은 정중신경 손상이 가장 흔히 발생한다^{12,16,17,22)}. 도수정복 후 신경 감입의 대부분의 경우가 초기 정복이 어려웠거나 불안정한 경우이다. 대부분 수주 혹은 수개월내 자연 회복되며, 수술적 신경 탐색술은 신경 손상 이후 3개월 이후에 시행한다.

요 약

소아 전완부 골절은 대부분의 경우 비수술적 치료로 만족할 만한 결과를 얻을 수 있으나, 불안정성 골절이나 보존적 치료가 실패하였을 때, 전위된 재골절, 개방성 골절, 동측 상완골 골절이 동반되었을 경우 수술적 치료를 요한다. 수술적 방법으로 마취하 도수정복 및 석고 고정, 금속판 고정술, 골수내 고정술 등이 있으며 환자의 연령과 골절 양상에 따른 적절한 치료의 선택이 필요하다. 각각의 적응증과 방법을 숙지함으로써 좋은 임상적 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) **Arunachalam VS, Griffiths JC:** Fracture recurrence in children. *Injury*, **7:** 37-40, 1975.
- 2) **Bauer G, Arand M, Mutschler W:** Post-traumatic radioulnar synostosis after forearm fracture osteosynthesis. *Arch Orthop Trauma Surg*, **110:** 142-145, 1991.
- 3) **Bellemans M, Lamoureux J:** Indications for immediate percutaneous intramedullary nailing of complete diaphyseal forearm shaft fractures in children. *Acta Orthop Belg*, **61 Suppl 1:** 169-172, 1995.
- 4) **Bhaskar AR, Roberts JA:** Treatment of unstable fractures of the forearm in children. Is plating of a single bone adequate? *J Bone Joint Surg Br*, **83:** 253-258, 2001.
- 5) **Carey PJ, Alburger PD, Betz RR, Clancy M, Steel HH:** Both-bone forearm fractures in children. *Orthopedics*, **15:** 1015-1019, 1992.
- 6) **Chess DG, Hyndman JC, Leahey JL, Brown DC, Sinclair AM:** Short arm plaster cast for distal pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*, **14:** 211-213, 1994.
- 7) **Crawford AH:** Pitfalls and complications of fractures of the distal radius and ulna in childhood. *Hand Clin*, **4:** 403-413, 1988.
- 8) **Creasman C, Zaleske DJ, Ehrlich MG:** Analyzing fore-

- arm fractures in children. The more subtle signs of impending problems. *Clin Orthop Relat Res*, **(188)**: 40-53, 1984.
- 9) **Crenshaw AH, Zinar DM, Pickering RM**: Intramedullary nailing of forearm fractures. *Instr Course Lect*, **51**: 279-289, 2002.
 - 10) **Cullen MC, Roy DR, Giza E, Crawford AH**: Complications of intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*, **18**: 14-21, 1998.
 - 11) **Daruwalla JS**: A study of radioulnar movements following fractures of the forearm in children. *Clin Orthop Relat Res*, **(139)**: 114-120, 1979.
 - 12) **Davis DR, Green DP**: Forearm fractures in children: pitfalls and complications. *Clin Orthop Relat Res*, **(120)**: 172-183, 1976.
 - 13) **Deluca PA, Lindsey RW, Ruwe PA**: Refracture of bones of the forearm after the removal of compression plates. *J Bone Joint Surg Am*, **70**: 1372-1376, 1988.
 - 14) **Flynn JM**: Pediatric forearm fractures: decision making, surgical techniques, and complications. *Instr Course Lect*, **51**: 355-360, 2002.
 - 15) **Flynn JM, Waters PM**: Single-bone fixation of both-bone forearm fractures. *J Pediatr Orthop*, **16**: 655-659, 1996.
 - 16) **Greenbaum B, Zions LE, Ebramzadeh E**: Open fractures of the forearm in children. *J Orthop Trauma*, **15**: 111-118, 2001.
 - 17) **Haasbeek JF, Cole WG**: Open fractures of the arm in children. *J Bone Joint Surg Br*, **77**: 576-581, 1995.
 - 18) **Holdsworth BJ, Sloan JP**: Proximal forearm fractures in children: residual disability. *Injury*, **14**: 174-179, 1982.
 - 19) **Kay S, Smith C, Oppenheim WL**: Both-bone midshaft forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop*, **6**: 306-310, 1986.
 - 20) **Kramhøft M, Solgaard S**: Displaced diaphyseal forearm fractures in children: classification and evaluation of the early radiographic prognosis. *J Pediatr Orthop*, **9**: 586-589, 1989.
 - 21) **Litton LO, Adler F**: Refracture of the forearm in children: a frequent complication. *J Trauma*, **3**: 41-51, 1963.
 - 22) **Luhmann SJ, Schootman M, Schoenecker PL, Dobbs MB, Gordon JE**: Complications and outcomes of open pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*, **24**: 1-6, 2004.
 - 23) **Metaizeau JP, Ligier JN**: Surgical treatment of fractures of the long bones in children. Interference between osteo-synthesis and the physiological processes of consolidation. Therapeutic indications. *J Chir (Paris)*, **121**: 527-537, 1984.
 - 24) **Nielsen AB, Simonsen O**: Displaced forearm fractures in children treated with AO plates. *Injury*, **15**: 393-396, 1984.
 - 25) **Noonan KJ, Price CT**: Forearm and distal radius fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg*, **6**: 146-156, 1998.
 - 26) **Ogonda L, Wong-Chung J, Wray R, Canavan B**: Delayed union and non-union of the ulna following intramedullary nailing in children. *J Pediatr Orthop B*, **13**: 330-333, 2004.
 - 27) **Ortega R, Loder RT, Louis DS**: Open reduction and internal fixation of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop*, **16**: 651-654, 1996.
 - 28) **Prevot J, Lascombes P, Guichet JM**: Elastic stable intramedullary nailing for forearm fractures in children and adolescents. *Orthop Trans*, **20**: 30, 1995.
 - 29) **Price CT**: Surgical management of forearm and distal radius fractures in children and adolescents. *Instr Course Lect*, **57**: 509-514, 2008.
 - 30) **Price CT, Scott DS, Kurzner ME, Flynn JC**: Malunited forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop*, **10**: 705-712, 1990.
 - 31) **Richter D, Ostermann PA, Ekkernkamp A, Muhr G, Hahn MP**: Elastic intramedullary nailing: a minimally invasive concept in the treatment of unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop*, **18**: 457-461, 1998.
 - 32) **Rodríguez-Merchán EC**: Pediatric fractures of the forearm. *Clin Orthop Relat Res*, **(432)**: 65-72, 2005.
 - 33) **Schwarz N, Pienaar S, Schwarz AF, Jelen M, Styhler W, Mayr J**: Refracture of the forearm in children. *J Bone Joint Surg Br*, **78**: 740-744, 1996.
 - 34) **Vainionpää S, Böstman O, Päätiälä H, Rokkanen P**: Internal fixation of forearm fractures in children. *Acta Orthop Scand*, **58**: 121-123, 1987.
 - 35) **Van der Reis WL, Otsuka NY, Moroz P, Mah J**: Intramedullary nailing versus plate fixation for unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop*, **18**: 9-13, 1998.
 - 36) **Vince KG, Miller JE**: Cross-union complicating fracture of the forearm. Part II: children. *J Bone Joint Surg Am*, **69**: 654-661, 1987.
 - 37) **Voto SJ, Weiner DS, Leighley B**: Use of pins and plas-

- ter in the treatment of unstable pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*, **10**: 85-89, 1990.
- 38) **Wyrsh B, Mencio GA, Green NE**: Open reduction and internal fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*, **16**: 644-650, 1996.
- 39) **Younger AS, Tredwell SJ, Mackenzie WG**: Factors affecting fracture position at cast removal after pediatric forearm fracture. *J Pediatr Orthop*, **17**: 332-336, 1997.
- 40) **Yung SH, Lam CY, Choi KY, Ng KW, Maffulli N, Cheng JC**: Percutaneous intramedullary Kirschner wiring for displaced diaphyseal forearm fractures in children. *J Bone Joint Surg Br*, **80**: 91-94, 1998.