

# 소아 상완골 과상부 골절에서 회전 변형이 내반 주에 미치는 영향

## The Effect of Rotational Deformities on Cubitus Varus for Supracondylar Humerus Fractures in Children

신현대 · 김경천 · 김동규\* · 이우용

충남대학교 의학전문대학원 정형외과학교실, \*근로복지공단 창원산재병원 정형외과

**목적:** 소아의 상완골 과상부 골절의 수술적 정복 및 고정 후 회전 정도와 내반 주 변형과의 연관성을 분석하고자 하였다.

**대상 및 방법:** 1996년 5월부터 2003년 5월까지 상완골 과상부 골절 중 Gartland 2형 이상의 골절에서 수술적 치료를 시행한 263예의 환자를 대상으로 하였다. 골절의 분류는 Gartland의 방법을 이용하였으며 2형 141예, 3형 122예였다. 수상 당시 개방성 요골 신경 손상을 보인 1예를 제외한 전 예에서 도수 정복 후 경피적 K-강선 고정술을 시행하였으며, 골 유합 시점에서 과상부 골절의 축상면 회전 이상과 내반 주 변형과의 연관성을 평가하기 위하여 수학적 방법을 이용하였다.

**결과:** 수술 후 불유합이나 의인성 척골 신경 마비는 없었으며, 합병증으로 내반 주 변형이 8예 관찰되었다. 내고정 후 골절편의 축상면에서의 회전 정도와 최종 추시 상 내반 주 변형과의 관계는 통계학적으로 유의성이 없었다( $p > 0.05$ ).

**결론:** 소아의 상완골 과상부 골절에서 축상면에서의 원위부 골절의 회전 정도와 내반 주 변형은 연관성이 없는 것으로 사료된다.

**색인단어:** 상완골 과상부, 골절, 내반 주 변형

## 서론

소아의 상완골 과상부 골절은 주로 4-10세의 연령에서 호발하며 소아 주관절 손상의 약 40-60%를 차지하는 비교적 흔한 골절로 알려져 있으며 과신전 상태의 주관절에 외력이 가해져서 발생하는 신전형 골절이 대부분이다.<sup>1,2)</sup> 또한 골절 또는 골절 치료의 결과로 Volkmann씨 허혈성 구축증을 비롯하여 신경 및 혈관손상, 내반 및 외반 변형과 같은 주관절 변형, 운동범위 제한, 관절 강직성 등의 합병증이 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다.<sup>3-7)</sup> 이러한 합병증 중에서 가장 흔한 장기간의 합병증은 주관절의 내반 변형이다. 주관절의 내반 변형은 신전 운동 시 불편감을 호소하게 할 수 있으나 주로 미용적인 문제를 일으킨다. 또한 장기간의 추시

에서는 상완골 기계적 축 및 삼두근의 내측 전위로 인한 외측 측부인대 복합체의 신장으로 주관절의 후외측 회전 불안정성을 유발할 수 있다. 주관절의 내반 변형의 주된 병인으로 관상면에서 원위 골편의 전위라고 알려져 있으며, 축상면에서 원위 골편의 회전이 내반 변형에 영향을 미치지 않는다는 사실은 교과서적인 내용으로 알려져 있다. 하지만 소아 과상부 골절 시 축상면에서 원위 골편의 회전과 내반주와의 연관성을 수학적으로 측정하여 분석한 예는 아직 보고되지 않았다. 이에 저자들은 전위된 소아 상완골 과상부 골절의 수술적 치료 후와 최종추시 상의 단순 방사선 사진을 분석하여 축상면에서의 부정 회전과 내반주 변형의 상관 관계를 알아 보고자 하였다.

## 대상 및 방법

1996년 5월부터 2003년 5월까지 치료받은 16세 이하의 상완골 과상부 골절 304예 중 보존적 치료를 시행한 41예는 추시 기간이 6개월 미만으로 짧아 제외하였으며, 최소 1년 이상 추시한 경우

접수일 2009년 12월 8일 게재확정일 2010년 7월 23일

교신저자 신현대

대전시 중구 문화로 33, 충남대학교 의학전문대학원 정형외과학교실

TEL 042-280-7349, FAX 042-252-7098

E-mail hyunsd@cnu.ac.kr

대한정형외과학회지 : 제 45권 제 5호 2010 Copyrights © 2010 by The Korean Orthopaedic Association

"This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited."

Table 1. Results of Clinical Assessment in Cubitus Varus Deformity

| Case | Sex | Age | Carrying angle (Degree) |           |
|------|-----|-----|-------------------------|-----------|
|      |     |     | Injured                 | Uninjured |
| 1    | M   | 5   | -23.5                   | +7.8      |
| 2    | M   | 11  | -19.5                   | +15       |
| 3    | M   | 16  | -25                     | +5        |
| 4    | F   | 6   | -6                      | +13.7     |
| 5    | M   | 5   | -24.3                   | +5        |
| 6    | M   | 9   | -25                     | +8.3      |
| 7    | M   | 11  | -24.7                   | +10       |
| 8    | M   | 9   | -22                     | +4.2      |
|      |     |     | -21.3                   | +8.6      |

를 대상으로 하였다. Gartland 2형 이상으로 수술적 치료를 시행한 263예를 대상으로 하였다. 평균 연령은 1세에서 16세까지 평균 6.6세였고, 남아가 188예, 여아가 75예였다. 발생 기전에 따른 분류는 신전형이 257예(98%), 굴곡형이 6예(2%)로 대부분 신전형 손상이 많았다. 골절의 분류는 Gartland의 방법을 이용하였고, 2형이 141예, 3형이 122예였다. 수상 원인으로서는 실족이 142예(54%)로 가장 많았으며, 추락 111예(42%), 교통사고 9예(3.6%), 직접 외상이 1예(0.4%)였다.

수술은 수상 당시 개방성 요골 신경 손상을 보인 1예를 제외한 모든 예에서 도수 정복 후 경피적 K-강선 고정술을 시행하였다. 환자를 앙와위에서 전신 마취 하에 상지의 소독 후 영상 증폭기를 이용하여 도수 정복 후 주관절을 과 굴곡 고정한 후 주관절의 하 외방에서 상 내방으로 첫 번째 강선을 삽입하였고, 두 번째 강선은 첫 번째 강선과 평행하게 삽입하였다. 내측 강선 고정은 외측 강선 삽입 후 고정의 안정성을 확인한 후 주관절의 내측에 최소한의 피부절개를 가하여 척골 신경을 확인한 후 신경을 피하여 내하방에서 외상방으로 삽입하였다. 수술 후 회내 상태에서 장상지 부목 고정을 실시하였으며, 평균 3.7주에 부목을 제거한 후 운동을 시작하였으며, 평균 4.2주째 외래에서 강선 제거를 하였다.

내반주 변형의 평가는 최종 추시 시 주관절을 완전 신전 상태에서 전완부를 회외전시킨 정 전후면 단순 방사선 촬영 상 상완-주관절-완관절 각(Humeral-elbow-wrist angle)을 측정하였으며, 정상측과의 비교로 이루어졌다. 내반주 변형으로 진단된 환자에서의 환측 운반각은 평균  $-21.3^{\circ}$  ( $-25^{\circ}$ ~ $-6^{\circ}$ )로 정상측  $8.6^{\circ}$  ( $4.2^{\circ}$ ~ $15^{\circ}$ )에 비교하여 평균  $29.9^{\circ}$  감소하였다(Table 1). 과상부 골절의 측상면에서의 이상 회전을 평가하기 위하여 Henderson 등에 의해 소개된 수학적 방법을 이용하였다.<sup>9)</sup> 단, 관상면에서의 이상 회전은 평가 요소에서 제외하였다. 3인의 정형외과 의사에 의해 각각 술 후 단순 방사선 사진 상에서 측정되었으며, 3인의 관찰자는 각각 87예, 88예, 88예씩 나누어 2회씩 반복하여 각각의 전후면 사진에서 원위부 골절선과 근위부 골절선의 거리와 측면에서의 원위부 골

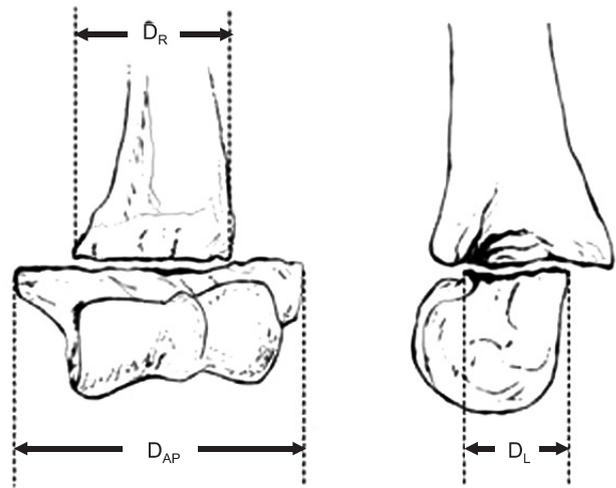


Figure 1. Calculation of rotational deformity in postoperative film.  $D_R$  is rotated fragment's dimension. AP and lateral dimension are  $D_{AP}$  &  $D_L$ .

절선 거리를 측정하였다(Fig. 1).

측상면에서 과상부 골절의 근위 부분뿐 아니라 원위부 골절편의 회전은 전후방과 측면 방사선사진의 거리에서 보여지는 다양한 골절편 성질 때문인데 만약 골절편이 완전한 정복을 해서  $0^{\circ}$ 에 왔다면, 전후방 거리는 삼각법에 의한 기능 코사인에 따라 변하게 될 것이다. 만약에 전후방과 측면 거리(각각,  $D_{AP}$ 와  $D_L$ )와 회전 이상의 각도( $\theta$ )를 안다면, 회전된 골편의 거리(Rotated fragment's dimension,  $D_R$ )는 계산될 수 있다.

$$D_R = \cosine \theta \times (D_{AP} - D_L) + D_L$$

회전된 골편의 거리는 방사선 사진에서 계산할 수 있으므로 회전 각도를 다음 공식을 통하여 얻을 수 있다.

$$\theta = \arccosine[(D_R - D_L) / (D_{AP} - D_L)]$$

회전각도는 3인의 정형외과 의사에 의해 측정된 거리의 평균값을 이용하여 계산하였으며(Fig. 1), 최대한 정 전후방 및 측면 단순방사선 사진을 얻기 위해 촬영을 반복하였다. 결과의 통계학적 분석은 SPSS (Version 12.0)를 이용하여 Pearson 상관관계 분석을 시행하였다. 또한 관찰자 내 재현성을 분석하기 위하여 사용된 통계는 신뢰도 분석 중 급 내 상관계수의 크론바흐 알파 계수(Cronbach's alpha)를 이용하였다.

## 결 과

### 1. 과상부 골절의 측상면에서의 부정 회전과 내반 변형과의 관계

모든 군에서 구획 증후군의 발생은 없었고, 의인성 척골 신경 마비나 불유합이 발생한 경우도 없었다. 그러나 8예(3%)에서 주관절의 내반 변형이 발생하였다(Fig. 2).

수술 후 사진과 최종 추시 사진 분석 결과 운반각이  $0^{\circ}$ 에서  $10^{\circ}$  이하인 경우  $0^{\circ}$ 에서  $10^{\circ}$  사이의 회전 변형이 28예,  $10^{\circ}$ 에서  $20^{\circ}$  사



Figure 2. A 9-year-old male patient with cubitus varus deformity. (A) Preoperative radiographs. (B) Postoperative radiographs. (C) Fracture healed in cubitus varus deformity. (D) Radiographs after re-operation. (E) Radiographs at the last follow-up.

이는 16예, 20°에서 30° 사이는 38예, 30°에서 40° 사이는 19예, 40°에서 50° 사이는 12예였다. 운반각이 10° 이상 20° 이하인 경우 0°에서 10° 사이 회전 변형이 36예, 10°에서 20° 사이는 30예, 20°에서 30° 사이는 22예, 30°에서 40° 사이는 17예, 40°에서 50° 사이는 12예, 50° 이상이 3예였다. 그리고 운반각이 20° 이상인 경우에는 회전 변형이 0°에서 10° 사이는 4예, 10°에서 20° 사이는 9예, 20°에서 30° 사이는 6예, 40°에서 50° 사이는 1예였다. 이 결과를 바탕으로 Pearson 상관관계 분석을 시행한 결과 Pearson 상관계수는 -0.08, 유의확률은 0.18로 측정되어, 축상 면에서의 원위부 골절의 부정 회전과 내반 주 변형의 관계에는 통계학적 유의성은 없었다( $p > 0.05$ )(Fig. 3).

## 2. 운반각과 회전변형의 측정에 있어 관찰자 내 재현성과 관찰자 간 신뢰도

수술 후 사진과 최종 추시 사진 분석 결과 시 사용되었던 운반각과 회전변형의 측정에 있어 3명의 관찰자 내 재현성은 운반각의 경우 관찰자 1의 크론바흐 알파 계수(Cronbach's alpha)의 신뢰도 계수  $\alpha$ 는 0.986, 관찰자 2의 신뢰도 계수  $\alpha$ 는 0.992, 관찰자 3의 경우 0.997로 상당히 우수한 결과를 보였다. 회전변형의 측정에 있어 관찰자 내 재현성은 관찰자 1의 크론바흐 알파 계수(Cronbach's alpha)의 신뢰도 계수  $\alpha$ 는 0.993, 관찰자 2의 경우 0.983, 관찰자 3의 경우 Cronbach 알파값은 0.992이었으며 이것 또한 상당히 우수한 결과를 보였다. 운반각의 측정에 있어 관찰자 3의 재현성이 가장 높았으며, 회전변형 측정에 있어 관찰자 1의 재

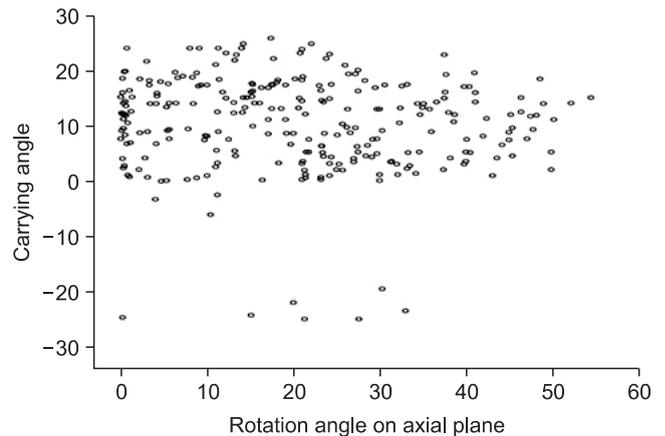


Figure 3. Relation between distal fragment malrotation in the axial plane in post-operation and cubitus varus deformity at the last follow-up.

현성이 가장 높았다. 관찰자간의 신뢰도에는 통계학적 유의성을 찾을 수 없었다( $p > 0.05$ ).

## 고 찰

Blount<sup>9)</sup>에 의하면 상완골 과상부 골절은 소아기에 빈발하는 골절로서 주관절 부위에 발생하는 골절 중 40-60%를 차지한다고 하였고, 이런 골절의 60-70%가 4-10세의 남아에서 발생되며 좌측에 호발한다고 하였으나 남아와 여아의 호발 빈도가 거의 같다

고 보고하는 문헌도 있다.<sup>9,10</sup> 일반적으로 골절의 발생 기전에 따라 신전형과 굴곡형으로 분류하는데 과상부 골절의 95-99%에서 신전형의 골절이 주로 발생한다고 하였으며,<sup>9</sup> 저자들의 경우에도 98%가 신전형이었다.

상완골 과상부 골절의 합병증은 신경 손상, 혈관 손상, 구획 증후군 그리고 내반주 변형 등이 있으며, 이러한 합병증에 대한 여러 연구가 있었고 현재에도 진행 중이다.<sup>9,11-22</sup> 저자들의 연구에서는 신경손상, 혈관손상, 구획 증후군은 발생하지 않았으며, 내반주 변형만 발생하였다.

상완골 과상부 골절 후 내반주 변형에 대하여 여러 연구가 진행되어 왔고 또한 수많은 의견이 제시되었다. 이러한 연구들 중 수술 시기도 내반주 변형의 중요한 인자로 알려져 있다. Labelle 등<sup>22</sup>은 상완골 과상부 골절로 수술한 63명의 환자를 대상으로 수술 시기에 따른 내반주 변형의 발생에 대한 연구에서 수상 후 수술이 지연되면 내반주 발생이 증가한다고 보고 하였다.

내반주 변형은 일차적으로 관상 면에서의 원위 골편의 기울어짐(tiling)에 기인하며 이는 특히 축상 면의 원위 골절편의 부정 회전 시에 발생하는 것으로 알려져 있다. 소아의 원위 상완부 골절 후 발생하는 내반주 변형은 역학적 축의 내측 전위를 보이며 삼두근이 외측 측부 인대의 신장(stretching)을 유발하여 후외방 불안까지 초래할 수 있다. 이러한 부정 회전은 재형성 되는 특징이 없어 최종 골유합을 보일 당시 30-45°의 축상면의 회전까지는 허용 가능 범위로 중등도의 회전 변형은 견관절에서의 보상이 가능하다고 하였다. Henderson 등<sup>8</sup>은 단순 방사선 촬영상 축상 회전의 정도를 수학적으로 측정하는 방법을 소개하였으며 저자들의 본 연구에서는 전위된 소아 상완골 과상부 골절의 수술적 치료 후와 최종 추시 상의 단순 방사선 사진을 분석하여 축상면에서의 부정 회전과 내반주 변형의 후향적 연구에 사용되었다.

상완의 장축에 대한 원위 골편의 회전이 내반주 변형에 중요한 인자라고 알려져 있다. Oppenheim 등<sup>23</sup>은 45명의 소아 외상성 내반주 변형 환자에서 상완골의 과상부 골절제술을 시행한 연구에서 12명의 환자에서 만족스럽지 못한 결과를 얻었고, 이러한 결과를 분석해본 결과 원인은 회전 변형을 무시한 것이라고 보고하였다. 하지만 Smith 등<sup>24</sup>에 의한 연구에 의하면 회전 변형이 운반각에 직접적인 영향은 없으며, 기능에도 큰 영향은 미치지 못한다고 하였다. 본 연구 역시 기존의 알려진 바와는 다른, 유합 당시의 축상 회전 정도와 최종적 내반주 변형과는 연관성이 없는 것으로 밝혀진 바, 내반주 변형을 유발할 다른 생역학적 인자, 관절 내의 조직학적 변형 등에 추가적 연구가 필요할 것이다. 또한 본 연구에서는 임상적으로 외반주 변형에 해당하는 증례는 발견되지 않았으나, 회전변형과 외반주의 상관관계에 대한 연구도 추가적으로 이루어져야 할 것이다. 또한 저자들의 연구에서는 관찰자 내 재현성에 있어서 의미 있는 결과를 얻을 수 있었으나 증례의 수가 많아 관찰자들이 동일 연구 대상에 대하여 반복 측정을 시행

하지 않아 관찰자 간 신뢰도를 측정할 수 없었다는 제한점이 있었다.

## 결론

소아의 상완골 과상부 골절의 수술적 치료에 있어서 축상 면에서의 원위부 골절의 부정 회전과 내반주 변형은 큰 연관성이 없는 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- Holmberg L. Fractures of the distal end of the humerus in children. *Acta Chir Scand.* 1945;92 Suppl 103:1-69.
- Kim BH, Shin KS, Kim JH, Kim DJ. Clinical analysis of supracondylar fracture of the humerus in children. *J Korean Soc Fract.* 1992;5:325-33.
- Eid AM. Reduction of displaced supracondylar fracture of the humerus in children by manipulation in flexion. *Acta Orthop Scand.* 1978;49:39-45.
- D'Ambrosia RD. Supracondylar fractures of humerus--prevention of cubitus varus. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54:60-6.
- Blount WP. Fractures in children. Baltimore: Williams & Wilkins; 1954. 56-9.
- Spear HC, Janes JM. Rupture of the brachial artery accompanying dislocation of the elbow or supracondylar fracture. *J Bone Joint Surg Am.* 1951;33-A:889-94.
- Spinner M, Schreiber SN. Anterior interosseous-nerve paralysis as a complication of supracondylar fractures of the humerus in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51:1584-90.
- Henderson ER, Egol KA, van Bosse HJ, Schweitzer ME, Petrone SK, Feldman DS. Calculation of rotational deformity in pediatric supracondylar humerus fractures. *Skeletal Radiol.* 2007;36:229-35.
- Buhl O, Hellberg S. Displaced supracondylar fractures of the humerus in children. *Acta Orthop Scand.* 1982;53:67-71.
- Dodge HS. Displaced supracondylar fractures of the humerus in children--treatment by Dunlop's traction. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54:1408-18.
- Sandegird E. Fracture of the lower end of the humerus in children: treatment and end results. *Acta Chir Scand.* 1943;89:1-16.
- Gruber MA, Hudson OC. Supracondylar fractures of the humerus in childhood. End-result study of open reduction *J Bone Joint Surg Am.* 1964;46:1245-52.

13. Ariño VL, Lluch EE, Ramirez AM, Ferrer J, Rodriguez L, Baixauli F. Percutaneous fixation of supracondylar fractures of the humerus in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1977;59:914-6.
14. Swenson AL. The treatment of supracondylar fractures of the humerus by Kirschner-wire transfixion. *J Bone Joint Surg Am.* 1948;30A:993-7.
15. Herzenberg JE, Koreska J, Carroll NC, Rang M. Biomechanical testing of pin fixation techniques for pediatric supracondylar elbow fractures. *Orthop Trans.* 1988;12:678-9.
16. Zions LE, McKellop HA, Hathaway R. Torsional strength of pin configurations used to fix supracondylar fractures of the humerus in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1994;76:253-6.
17. Lee DY, Shim JI, Kim TS, et al. Treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. *J Korean Soc Fract.* 1999; 12:179-86.
18. Fowles JV, Kassab MT. Displaced supracondylar fractures of the elbow in children. A report on the fixation of extension and flexion fractures by two lateral percutaneous pins. *J Bone Joint Surg Br.* 1974;56:490-500.
19. Kallio PE, Foster BK, Paterson DC. Difficult supracondylar elbow fractures in children: analysis of percutaneous pinning technique. *J Pediatr Orthop.* 1992;12:11-5.
20. Alburger PD, Weidner PL, Betz RR. Supracondylar fractures of the humerus in children. *J Pediatr Orthop.* 1992;12:16-9.
21. Mehlman CT, Strub WM, Roy DR, Wall EJ, Crawford AH. The effect of surgical timing on the perioperative complications of treatment of supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83-A:323-7.
22. Labelle H, Bunnell WP, Duhaime M, Poitras B. Cubitus varus deformity following supracondylar fractures of the humerus in children. *J Pediatr Orthop.* 1982;2:539-46.
23. Oppenheim WL, Clader TJ, Smith C, Bayer M. Supracondylar humeral osteotomy for traumatic childhood cubitus varus deformity. *Clin Orthop Relat Res.* 1984;188:34-9.
24. Smith L. Deformity following supracondylar fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Am.* 1960;42-A:235-52.

## The Effect of Rotational Deformities on Cubitus Varus for Supracondylar Humerus Fractures in Children

Hyun Dae Shin, M.D., Kyung Cheon Kim, M.D., Dong Kyu Kim, M.D.\*, and Woo Yong Lee, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, Chungnam National University School of Medicine, Daejeon,*

*\*Changwon Workers' Compensation General Hospital, Korea Workers' Compensation & Welfare Service, Changwon, Korea*

**Purpose:** To analyze the relationship between cubitus varus deformities and rotatory abnormalities after bone union.

**Materials and Methods:** A total of 263 patients were diagnosed with Gartland type II supracondylar humerus fractures between May 1996 and May 2003 and underwent surgery. The Gartland method was used to classify the fractures. Of the 263 cases, 141 were type II, and 122 were type III. All patients underwent subcutaneous K-wire fixation after manual reduction except one that showed open radial nerve damage at the time of trauma. A mathematical method was used to evaluate rotation abnormalities in the axial plane.

**Results:** There was no postoperative nonunion or iatrogenic ulnar nerve palsy in 8 cases of cubitus varus deformity. Cubitus varus deformities failed to show a statistically significant correlation with malrotation in the axial plane.

**Conclusion:** There was no relationship between rotatory abnormalities after union and cubitus varus deformities.

**Key words:** humerus supracondyle, fracture, cubitus varus

**Received** December 8, 2009 **Accepted** July 23, 2010

**Correspondence to:** Hyun Dae Shin, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Chungnam National University School of Medicine, Munhwaro 33, Jung-gu, Daejeon 301-721, Korea

**TEL:** +82-42-280-7349 **FAX:** +82-42-252-7098 **E-mail:** hyunsd@cnu.ac.kr