

소아 상완골 과상부 골절에 대한 정복평가

- 운반각, 바우만각, 골간단-골간각의 비교 -

박승림 · 김형수 · 강준순 · 이우형 · 김성환

인하대학교 의과대학 인하병원 정형외과

= Abstract =

Assessments of Reduction for Supracondylar Humerus Fractures in Children

- Comparison of Clinical carrying angle,
Baumann's angle and Metaphyseal-diaphyseal angle -

Seung-Rim Park, M.D., Hyoung-Soo Kim, M.D., Joon-Soon Kang, M.D.,
Woo-Hyeong Lee, M.D., Seong-Hwan Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Inha University, Inha Hospital, Sungnam, Korea.

Purpose : The object of this retrospective study is to verify Baumann's angle as assessment methods of reduction for supracondylar fracture of the humerus in children and to confirm what is the more accurate assessment methods of supracondylar fracture of the humerus between Baumann's and metaphyseal-diaphyseal angle.

Materials and Methods : 34 cases of more than 1 years follow up after closed reduction and pinning were reviewed. Simple linear regression has been used for statistical analysis and Pearson's correlation coefficient(ρ) has been used for comparison of Baumann's angle and metaphyseal-diaphyseal angle.

Results : The results form simple linear regression, about a 10° change in Baumann's angle

※ 통신저자: 이우형
경기도 성남시 수정구 태평4동 7336(461-194)
인하대학교 인하병원 정형외과
Tel: (0342) 720-5864 Fax: (0342) 754-7235

- 본 논문의 요지는 1998년 10월 제 42차 대한정형외과학회 추계학술대회에서 구연되었음.
- 본 연구는 1998년도 인하대학교 연구비 지원 사업에 의해 이루어졌음.

contributes to a change in the carrying angle of approximately 3.7° on the uninjured($r=-0.372$, $r=-0.750$, $p<0.001$) and injured($r=-0.365$, $r=-0.759$, $p<0.001$) arms. In comparison of Baumann's angle and metaphyseal-diaphyseal angle to predict final carrying angle, the correlation coefficient between Baumann's angle and carrying angle($r=-0.759$) was higher than that between metaphyseal-diaphyseal angle and carrying angle($r=-0.495$) with statistical significant using Fisher's rho($p<0.05$).

Conclusion : The Baumann's angle after reduction can be reliably used to predict accurately the final carrying angle and is more accurate than the metaphyseal-diaphyseal angle to predict the final carrying angle.

Key Word : Humerus, Supracondylar Fracture, Baumann's angle, Metaphyseal-diaphyseal angle, Carrying angle

서 론

상완골 과상부 골절은 소아 주관절 부위 골절 중 50-60%를 차지하는 가장 흔한 골절¹⁾로 치료후의 합병증으로 부정확한 정복과 골유합시의 내반기움 등으로 인한 내반주 변형이 가장 흔하다.^{1,5)} 내반주 변형은 골절의 부정유합등에 따른 결과로 이러한 합병증의 예방을 위해 비교적 정확한 골절 정복이 필요하다고 여겨진다. 주관절부 골절부위의 정복평가 기준으로는 바우만각(Baumann's angle)^{1,6,15)}, 상완골-척골각(Humero-ulnar angle)¹⁾, 골간단-골간각(Metaphyseal-diaphyseal angle)^{1,12)} 등이 있고 실제의 임상적 운반각 12.13.17)에 가장 근접한 방사선학적 평가 기준은 상완골-척골각이나^{1,13)} 수술후 또는 정복후의 주관절 굴곡위에서 그 측정에 어려움이 있으므로 골절의 정복, 고정후 정확한 정복평가의 기준 및 향후 임상적 운반각의 변화 예측치로 바우만각이 많이 사용되었으나^{1,2,15)} 소두 성장판(capitella growth plate)과 원위 상완골의 골성지표(bony land mark) 일치의 어려움 등으로 인해 그 측정의 어려움과 부정확성에 대한 논란이 있어 왔다. 한편 O'Brien¹²⁾등은 최근 지견에서 골간단-골간각이 소아 상완골 과상부 골절 치료시 정복평가 방법으로 바우만각 보다 더 유용하다고 주장하였다. 이에 본 저자는 기존의 바우만각의 골절정복 평가척도로서의 타당성에 대한 검증과 더불어 바우만각과 골간단-골간각을 비교 분석하여 소아 상완골 골절의 정복평가 기준을 보다 명확히 하고자 하였다.

연구 대상 및 방법

(1) 연구 대상

1994년 1월부터 1997년 12월까지 비관혈적 또는 관혈적으로 K-강선 내고정술을 시행한 76명의 소아 상완골 과상부 골절 중 12개월 이상 추시 관찰이 가능하였던 34례를 대상으로 하였다.

(2) 연령 및 성별분포

총 34례 중 남자 23례(68%), 여자 11례(32%)였고 2-10세 사이가 20례로 59%를 차지하였다(Table 1).

Table 1. Age and Sex distribution

Age	Male	Female	Total(%)
0-2세	7	4	11(32)
2-10세	14	6	20(59)
10세 이상	2	1	3(9)
Total(%)	23(68)	11(32)	34(100)

Table 2. Methods of treatment in 3 type of fracture

Treatment/Type	I	II	III	Total(%)
CR & Percutaneous pinning	0	13	14	72(79)
OR & internal fixation	0	0	7	7(21)
Total(%)	0(0)	13(38)	21(62)	34(100)

* by Gartland classification⁴⁾

CR : Closed reduction

OR : Open reduction

(3) 동반손상 및 합병증

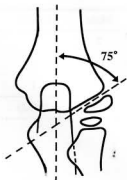
신경손상이 동반된 경우가 4례 있었다. 요골신경 손상이 2례, 정중신경 및 척골신경 손상이 각 1례였다. 그의 1례에서 동측의 원위 요골 성장판 손상이 동반된 경우가 있었다.

(4) 치료 방법

도수 정복후 경피적 핀고정술이 27례, 관혈적 정복 후 K-강선 내고정술을 시행한 경우가 7례였다(Table 2). 그중 Gartland 분류법⁴⁾에 따른 분류상 Grade II, III이 13례와 21례였다. 골절의 도수 정복은 전신 마취 후 영상증폭 투시하에서 이루어졌으며, 관혈적 정복의 경우에는 후방 도달법 또는 외측 도달법을 이용하였다. 도수 정복 또는 관혈적 정복시 K-강선 고정은 내측과 외측에서 교차 삽입하는 방법을 사용하였으며 주로 외측 상과에서는 2개의 K-강선을 사용하였다.

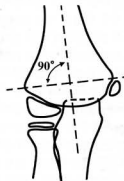
(5) 방사선학적인 계측 방법

모든 환아는 임상적, 방사선학적으로 다음의 측정치를 계속하였다:

**Fig 1.** Baumann's angle(Humero-capitella angle)(redrawn from Peter Worlock, 1986)

수상시 - 환측에서의 바우만각, 골간단-골간각 추시시 - 건측과 환측에서의 바우만각, 골간단-골간각, 임상적 운반각

Peter Worlock등¹⁵⁾에 의하면 바우만각은 상완골의 장축과 상완골 소두(capitellum)의 성장판이 이루는 각으로(Fig.1) 정상소아에서 평균 75도이며 운반각이 증가하면 바우만각은 감소하는 것으로 알려져 있다. 반면 O'Brien등¹²⁾에 의하면 골간단-골간각은 상완골의 장축과 골간단부의 폭이 가장 넓은 부위를 이루는 축이 이루는 각으로(Fig.2) 정상소아에 있어서는 평균 86도다.

**Fig 2.** Metaphyseal-diaphyseal angle(redrawn from O'Brien WR et al, 1987)**(6) 통계적 분석**

자료 분석은 통계적 분석으로 바우만각과 골간단-골간각이 각각 운반각과 어떤 선형관계를 가지며 운반각의 예측에 유용한지를 단순선형회귀분석(simple linear regression)을 통해 알아보았고, Pearson의 상관계수(correlation coefficient)를 이용해 바우만각과 골간단-골간각을 상대적으로 비교하였다. Pearson's rho의 검정에는 Fischer의 정규근사를 이용하였다. 통계량

계산에는 SPSS(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 응용하였다. $Zr = \frac{1}{2} \ln \left\{ \frac{(1+r)}{(1-r)} \right\}$

Mitchell과 Adams 분류에 따른 치료의 결과로 Excellent(26례), Good(7례), Unsatisfactory(11례)이었다. Fig.3-A는 추시시 건측의 바우만각과 임상적 운반각 사이의 관계를 단순선형회귀 분석한 것으로 표본 회귀선의 기울기 베타(β)값은 -0.372로 이는 바우만각 10도 변화에 운반각이 약 3.7도 변화를 예측할 수 있는 수치이다. 표본 상관계수 r은 -0.750, p는 0.001이하였다. Fig.3-B는 환측의 수술정복후의 바우만각과 환측의 추시시 운반각의 관계를 회귀 분석한 것으로 베타값은 -0.365, r은 -0.759, p는 0.001이하였다. 이는 환측에서도 마찬가지로 바우만각 10도 변화에 운반각이 약 3.7도 변화를 예측할 수 있는 것이다. Fig.3-C는 수상측에서 수술정복후의 바우만각과 추시시 바우만각의 상관관계를 회귀 분석한 것으로 베타값은 -0.830, r은 -0.738, p는 0.001이하였다. Fig.4-A는 추시시 건측의 골

간단-골간각과 임상적 운반각 사이의 관계를 회귀 분석한 것으로 베타값은 -0.436, r은 -0.742, p는 0.001이하였다. 이는 골간단-골간각 10도 변화에 임상적 운반각이 약 4.4도 변화를 예측할 수 있는 수치이다. Fig.4-B는 환측의 수술정복후의 골간단-골간각과 추시시 운반각의 관계를 단순선형회귀분석한 것으로 베타값은 -0.331, r은 -0.495, p는 0.01이하였다. Fig.4-C는 환측의 수술정복후의 골간단-골간각과 추시시 골간단-골간각의 관계를 회귀분석한 것으로 베타값은 -0.401, r은 -0.438, p는 0.01이하였다.

이상의 회귀분석의 결과 바우만각의 10도 변화에는 임상적 운반각이 건측과 환측 모두에서 약 3.7도 변화가 예측되었으며, 골간단-골간각의 10도 변화에는 임상적 운반각이 건측에서 약 4.4도, 환측에서 약 3.3도 변화하는 것으로 나타났다. 바우만각과 골간단-골간각 사이의 상관관계의 비교에서 환측의 수술정복후의 바우만각과 환측의 추시시 운반각의 관계(Fig.3-B)에

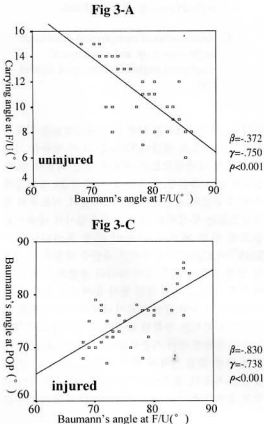


Fig 3-A. Relationship of clinical carrying angle in follow up and Baumann's angle in follow up of uninjured arm.

B. Relationship of clinical carrying angle in follow up and Baumann's angle in post op. of injured arm.

C. Relationship of Baumann's angle in post op. and Baumann's angle in follow up of injured arm.

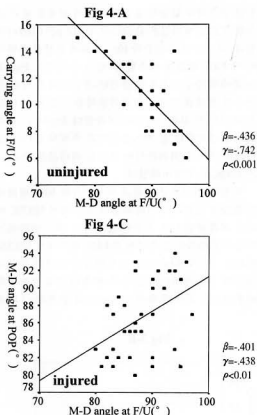


Fig 4-A. Relationship of clinical carrying angle in follow up and metaphyseal-diaphyseal angle in follow up of uninjured arm.

B. Relationship of clinical carrying angle in follow up and metaphyseal-diaphyseal angle in post op. of injured arm.

C. Relationship of metaphyseal-diaphyseal angle in post op. and metaphyseal-diaphyseal angle in follow up of injured arm.

서의 표본 상관계수는 -0.759, 환측의 수술정복후의 골간단-골간각과 추시시 운반각의 관계(Fig 4-B)에서의 표본 상관계수는 -0.495 로써 바우만각이 골간단-골간각보다 임상적 운반각의 추정에 있어 상관계수가 더 높으며, 이 두 상관계수를 Fischer의 정규근사를 이용해 검정한 결과 바우만각이 유의수준 0.05 이하로서 더 설명력이 강한 것으로 결과가 나타났다.

고 찰

상완골 과상부 골절은 소아의 주관절 부위 골절 중 50-60%를 차지하는 가장 흔한 골절로¹¹⁾ 전위편의 위치에 따라서 신전형과 굴곡형으로 분류하기도 하고 골절편의 전위정도에 따라서 Gartland 분류⁴⁾를 따르기도 한다. Pirone¹⁶⁾ 등은 K-강선 내고정술이 전위된 소아 상완골 골절에 있어 가장 좋은 치료 선택이라

하였다. 본 연구에서는 34례 모두 내고정술을 시행한 경우를 표본으로 삼았다(Table 2). 소아 상완골 과상부 골절의 합병증으로는 내반주 또는 외반주 변형, 신경손상(요골신경, 정중신경, 척골신경), 상완동맥 손상, 주관절의 운동제한 등^{5,7,10)}이 있다. 치료후의 합병증으로는 부정확한 정복과 골유합시의 내반기움 등으로 인한 내반주 변형이 가장 흔하다^{1,8,9,15)}. Smith¹⁸⁾와 Flynn^등³⁾에 의하면 내반주 변형은 수술후의 성장 장애에 의한 것이 아니라 골절의 부정 유합에 따른 결과로 현재 널리 받아들여지고 있다. 그러므로 주관절 주변 골절 치료시 내반주증의 변형을 예방하기 위해서는 정확한 골절편의 정복이 요구되며 정복의 정확한 평가 기준이 필요하다고 사료된다. 주관절 주변 골절 정복시 평가 기준으로는 바우만각, 상완골-척골각, 골간단-골간각 등이 있고 실제의 임상적 운반각에 가장 근접한 방사선학적 평가 기준은

상완골-척골각이다¹³⁾. William 등¹⁹⁾은 운반각(carrying angle) 5도 이내의 변화에서는 양호(excellent)한 결과를, 5도에서 15도까지의 변화에서는 만족(good)한 결과가 있음을 보고한 바 있다. 임상적 운반각의 측정에는 2가지 방법이 있다²⁾. 첫째, 주관절 신전위에서 상완골을 회외전 시켜서 직접 측정하는 방법과, 둘째, 주관절 굴곡위에서 후방 골성 지표(bony landmark)의 윤곽(configuration)을 이용해 간접적으로 운반각을 측정하는 방법이 있으나 이러한 임상적 운반각의 측정 방법으로는 수상적후의 주관절부 부종의 증가, 석고 부목 고정등으로 인한 정확한 임상적 운반각 측정에 어려움이 있다⁷⁾. Oppenheim 등¹³⁾은 상완골-척골각이 바우만각, 골간단-골간각 등에 비해 실제 임상적 운반각에 가장 근접한 측정치임을 설명하였다. 하지만 상완골-척골각은 주관절이 신전위에서 측정될 수 있으므로 상완골 과상부 골절시 정복후의 주관절 굴곡 위에서는 바우만각(Fig.1)이 최종 운반각의 예측 지표로 즉, 정복의 정확도 지표로 보다 더 유용하다고 하였다^{12,15)}. 한편 O'Brien 등¹²⁾은 최근지견에서 골간단-골간각(Fig.2)이 정복의 초기 정확도(initial adequacy of reduction) 결정에 바우만각 보다 더 정확하다고 보고 하였다. 이에 본 저자들은 먼저 단순회귀분석의 통계적 방법으로 소아 상완골 과상부 골절의 치료시 정복평가 방법으로서 바우만각이 타당한 지에 대한 검증을 실시한 바 Fig.3-A,B와 같이 건축에서나 환측에서 모두다 임상적 운반각의 예측치로서 가치가 있음을 알 수 있었다($P < 0.001$). 마찬가지로 골간단-골간각 역시 임상적 운반각의 예측치로서 Fig.4-A,B의 결과를 보여준다.

바우만각과 골간단-골간각의 상관관계의 비교에서 환측의 수술정복후의 바우만각과 추시시 운반각의 관계에서의 상관계수(r)는 -0.759(Fig.3-A). 환측의 수술정복후의 골간단-골간각과 추시시 운반각의 관계에서의 상관계수는 -0.459(Fig.4-A)로써 이는 추시시의 운반각을 예측하는데 있어 본 저자들의 연구에 의하면 바우만각이 골간단-골간각에 비해서 유의수준 0.05이하로서 더 설명력이 강한 것으로 결과가 나왔다. 이는 O'Brien 등의 최근 보고와는 상이한 결과로써 본 연구의 성과라 할 수 있을 것이다.

Alan과 Frederick¹¹⁾은 수상측 주관절부의 절반 이상에서 최종 추시시 원위부 상완골 골간단의 가골

(callus)과 재형성(remodelling) 때문에 골간단-골간각 측정에 어려움이 있음을 이야기한 바 있고 박¹⁴⁾등은 바우만각의 측정에 있어서도 정복시 굴곡위치의 중첩된 영상으로 정확한 측정에 어려움이 있음을 기술한 바 있다. 이러한 방사선학적 측정상의 어려움이 본 연구의 결과에 어느 정도 영향을 미쳤으리라 여겨지며, 또한 본 저자들의 연구에서는 골절 정복후 추시기간을 1년 이상으로 하였으나 상대적으로 추시기간이 짧은 것으로 사료되어 장기 추시 결과를 향후 시행하면 보다 신뢰성 있는 결과가 될 것으로 사료된다.

요약 및 결론

저자들은 1994년 1월부터 1997년 12월까지 비관혈적 또는 관혈적으로 K-강선 내고정술을 시행한 76명의 소아 상완골 과상부 골절 환자중 12개월 이상 추시 가능하였던 34례를 대상으로 수술 정복후 환측의 바우만각, 골간단-골간각과 추시시 건축과 환측의 바우만각, 골간단-골간각, 임상적 운반각을 측정하여 바우만각과 골간단-골간각이 각각 운반각에 대하여 어떤 함수관계를 가지며 운반각의 예측에 유용한지를 단순회귀분석을 통하여 통계분석 하였고, Pearson의 상관계수를 이용해 바우만각과 골간단-골간각중 어떤 것이 보다 더 소아 상완골 과상부 골절의 정복 평가에 유용한가에 대한 다음의 결론을 내었다.

1. 정복후의 바우만각은 최종 운반각의 정확한 예측지표로 유용한 방법이다.
2. 추시시 임상적 운반각을 예측하는데 있어서 바우만각이 골간단-골간각 보다 더 유용한 방법이다.

REFERENCES

- 1) Alan JW and Frederick CS : Supracondylar fractures of the humerus in children. *J Pediatr Orthop*, 9:315-325, 1989.
- 2) David MW, Christopher JC, Russell KM and

- William GC** : Normal characteristics of the Baumann's angle. An aid in assessment of supracondylar fractures. *J Pediatr Orthop*, 12:636-639, 1992.
- 3) **Flynn JC, Matthews JG, Benoit RL** : Blind pinning of displaced supracondylar fractures of the humerus in children. *J Bone Joint Surg[Am]*, 56:263-272, 1974.
- 4) **Gartland JJ** : Management of supracondylar fractures of humerus in children. *Surg Gynecol and Obstet*, 109:145-154, 1959.
- 5) **Ippolito E, Caterini R, Scola E** : Supracondylar fractures of the humerus in children. Analysis at maturity of fifty-three patients treated conservatively. *J Bone Joint Surg[Am]*, 68:333-344, 1986.
- 6) **Jon C, Kenneth I, Mark G, Richard G and Wayne A** : Alteration of Baumann's angle by humeral position. Implications for treatment of supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*, 13:521-525, 1993.
- 7) **Kang CS, Pyun YS, Song KS, Kang CH, Min BW, Park YD** : Clinical analysis of neurologic complication after pin fixation of supracondylar humerus fractures in children. *J of Korean Orthop Surgery*, 28:778-780, 1993.
- 8) **Kim KC, Im SJ, Kong BS, Jhe YS** : Treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. Closed reduction and percutaneous pinning and open reduction. *J of Korean Orthop Surgery*, 28:218-225, 1993.
- 9) **Kim KW, Lee JW, Park YS, Yoon US** : The results of percutaneous K-wire pinning for supracondylar fracture of the humerus in children. *J of Korean Orthop Surgery*, 28:2162-2167, 1993.
- 10) **Moon MS, Ok IY, Song SH** : A clinical study of open reduction of displaced supracondylar fracture of the humerus in children. *J of Korean Orthop Surgery*, 22:64-72, 1987.
- 11) **Nacht JL, Ecker ML, Chung SMK, Lotke PA, Das M** : Supracondylar fractures of the humerus in children treated by closed reduction and percutaneous pinning. *Clin Orthop*, 117:203-209, 1983.
- 12) **O'Brien WR, Eilert RE, Chang FM and Glancy GL** : The metaphyseal-diaphyseal angle as a guide to treating supracondylar fractures of the humerus in children. Presented at 54th Annual Mtg of AAOS, San Francisco, CA, January 23, 1987.
- 13) **Oppenheim WL, Clader TJ, Smith C, Bayer M** : Supracondylar humeral osteotomy for traumatic childhood cubitus varus deformity. *Clin Orthop*, 188:34-39, 1984.
- 14) **Park KH, Seo SS, Yoo HD, Kim YC, Choi JS, Lee YG** : The relationship between clinical carrying angle and Baumann's angle in treatment of supracondylar fracture of the humerus. *J of Korean Orthop Surgery*, 29:1658-1665, 1994.
- 15) **Peter W** : Supracondylar fractures of the humerus. Assessment of cubitus varus by the Baumann angle. *J Bone Joint Surg[Br]*, 68-B:755-757, 1986.
- 16) **Pirone AM, Graham HK and Krajchich JI** : Management of displaced extension-type supracondylar fractures of the humerus in children. *J Bone Joint Surg[Am]*, 70-A:641-650, 1988.
- 17) **Rodney KB** : The normal carrying angle of the elbow. A radiographic study of 422 patients. *Clin Orthop*, 119:194-196, 1976.
- 18) **Smith L** : Deformity following supracondylar fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg[Am]*, 42-A:235-252, 1960.
- 19) **William JM and John PA** : Supracondylar fractures of the humerus in children. A ten-years review. *JAMA*, 175:573-577, 1961.