

소아 상완골 과상골절에서 Trochlea-Capitellum Angle 의 의의

한림대학교 의과대학 정형외과학교실

박인현 · 김동현 · 박명률 · 박종화

=Abstract=

A New Radiologic Assessment Method in Supracondylar Fracture of the Humerus.

In Heon Park, M.D., Dong Heon Kim, M.D., Myung Ryool Park, M.D.
and Jong Hwa Park, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Hallym University,
Seoul, Korea

Cubitus varus deformity following supracondylar fracture of the humerus in children is one of the major complications.

The angle between long axis of humeral shaft and the line formed by connecting lower margin of trochlea and capitellum has been described by authors as a new method of radiological assessment for the indirect measurement of carrying angle.

From the author's retrospective radiological study in 115 normal children and 41 supracondylar fractured children, the results were as follows ;

1. In the 115 normal arms, the mean value of T-C angle was $104.8 \pm 3.8^\circ$.
2. In the 115 normal arms, a significant relationship was found between the Baumann angle and T-C angle.
3. In the 115 normal arms, a significant relationship was found between the Baumann angle and the Carrying angle.
4. In the 115 normal arms, a significant relationship was found between the T-C angle and the Carrying angle.
5. In the 41 injured arms, reliability test was performed for the excluding of effect of the environment. The results was that T-C angle was more reliable than Baumann angle as a indirect measurement method of the Carrying angle.

From above results, it is suggested that T-C angle can be reliably used to predict the Carrying angle and prevent cubitus varus deformity in supracondylar fracture of humerus.

Key Words : Cubitus Varus Deformity, T-C Angle.

서 론

소아의 상완골 과상부 골절은 소아골절중 가장 흔한 골절이며^{4,10)} 또한 치료면에 많은 문제점을 안고 있다. 그 이유는 골절시 및 치료시에

여러 합병증 즉, VIC(Volkmann Iskemic Contracture), 신경 및 혈관손상, 회전변형(Rotational Deformity), 내반주 및 외반주 변형(Varus and Valgus Deformity), 주관절 운동장애, 외상성 화골성 근염, 진행성 척골 신경마비 등이 일어나기 때문이다. 이 여러 합병증 중 다행히

*본 논문의 요지는 1988년 2월 26일 제270차 정형외과 월례집담회에서 발표 하였음.

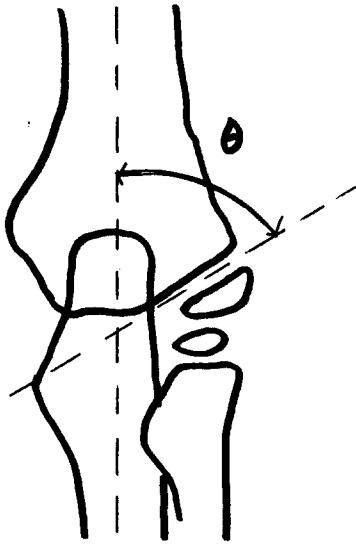


Fig. 1. Measurement of the Baumann angle. The angle formed by long axis of the humeral shaft and the growth plate of the capitellum is the Baumann angle.

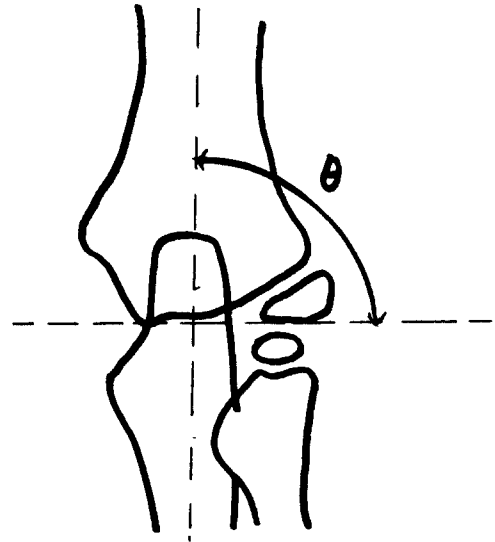


Fig. 2. Measurement of the T-C angle. The angle between long axis of the humeral shaft and the line formed by connecting lower margin of the trochlea and capitellum is the T-C angle.

전완부의 허혈 및 Volkmann Contracture 등의 심각한 합병증은 드무나 다른 주합병증의 하나인 내반변형은 빈번하다^{10~16)}.

내반변형을 예방하기 위해서는 신속하고 정확한 골절의 정복 및 유지, 지속적인 추구 관찰이 필요하며 현재 내반변형에 대한 관찰은 Carrying angle에 대한 간접적인 측정법으로써 방사선학적 접근법인 Baumann angle이 많이 이용되고 있다. Baumann angle은 Capitellum의 골성장판과 상완골 골간의 장축에 수직인 선과의 각을 말하며²⁾ 실제 임상에서는 주로 Capitellum의 골성장판과 상완골 골간의 장축이 이루는 각으로 사용되어 왔고 Baumann angle의 변화는 원위골편의 내, 외측편위와 이로 인한 내, 외반주 변형의 예측에 이용되어 왔다(Fig. 1). 그러나 저자들은 임상에서 골절정복 및 추구 관찰시 Baumann angle을 측정하는데 있어 방사선 촬영시 팔의 위치변동, 동통성 종창을 가진 소아의 불안정성때문에 정확한 촬영에 기술적 어려움이 있었을 뿐 아니라 석고 및 부목, 요척골의 중첩 음영에 의한 Baumann angle의 정확한 측정에 많은 불편함을 느껴 왔었고 이에 내반변형을 보다 쉽고 정확하게 파악할 수 있는 새로운 측정방법의 필요성을 가지게 되었다.

본 연구는 상완골 골간의 장축과 Trochlea

및 Capitellum의 하단을 연결하는 선과의 사이의 각(T-C angle)을 이용하여 그 임상 유용도를 종전의 Baumann angle과 비교 관찰하여 이 새로운 측정각의 소아 상완골 과상골절 골절의 내반주 변형의 예방에 있어 임상적 유용 가치에 대해 보고하고자 한다.

연구대상 및 방법

저자들은 후향적(Retrospective)인 방법으로 1986년 10월부터 1988년 6월까지 강동성심병원 정형외과에서 치료한 상완골 과상골절 환자 41례와 상박골 과상골절 이외의 외상이나 다른 주관절부의 문제를 가지고 내원하여 방사선 검사에 골 이상은 없는 것으로 밝혀진 138례의 소아 방사선 사진을 평가하였다.

본 연구의 방사선학적 접근방법이 전향적(Prospective)인 방법이 아니었고 방사선 촬영시 팔의 위치나 기술적인 면에서의 영향때문에 약간의 오차는 인정되나 이 오차를 최소화 하기 위하여 방사선 사진 평가시 눈에 띄일만한 회전(Rotation), 내, 외회전(Pronation and Supination), 굴곡(Flexion)이 발견된 22례의 경우는 배제하였으며 나머지 115례의 정상소아의 양측

Table 1. Descriptive statistics of Baumann, T-C and Carrying angle in normal children

Angle	Mean	Median	Mode	STD	Deviation variance
Baumann	73.4	74.4	75.0	4.63	21.4
T-C	104.8	105.2	106.0	3.80	14.5
Carrying	13.1	13.0	9.0	4.49	20.2

*STD ; Standard deviation.

(N=115)



Fig. 3. Midpoints were determined for the humerus at the flare of the metaphysis and in the distal diaphysis. Midpoints were determined for the ulna at the level of the radial tubercle and at the most proximal ossification. the angle formed by connecting these midpoints in the carrying angle.

사진중 보다 정확도를 가지고 측정된 일측의 방사선 사진과 41례의 상완골 과상골절 환자의 한측 방사선 사진을 대상으로 다음의 측정치를 구

하였다.

1. 115례의 정상 소아에서의 Baumann angle, T-C angle and Carrying angle.

2. 상완골 과상골절 환자 41례의 처음 내원시부터 골절의 정복및 추구관찰시 매회 측정한 방사선 사진의 Baumann angle및 T-C angle.

Carrying angle의 방사선학적 측정은 Beals³⁾ 등이 사용했던 방법과 같이 상완골 골간단부및 원위골 간부의 중심점을 연결한 선과 척골의 근위부의 골화중심 중심점및 요골 결절부위의 척골을 잇는 선과의 각을 사용하였으며(Fig. 3). 얻어진 자료의 통계학적인 분석은 기술적인 통계치(Descriptive Statistics) 이외에도 산포도(Scattergram), 상관분석, 신뢰도 검사등을 실시하였다.

결 과

총 115례의 정상주부및 41례의 상완골 과상골절 환자의 한측 주부의 방사선학적 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 보고한다.

1) Baumann angle의 평균은 73.4° 표준편차는 $\pm 4.63^\circ$ 이었으며 75-77°에 분포하는 비율이 30.4%로 제일 높았다(Table 1, 2).

2) T-C angle의 평균은 104.8°, 표준편차는 $\pm 3.80^\circ$ 이었으며 104-108°에 분포하는 비율이 40%로 제일 높았다(Table 1, 2).

3) Carrying angle의 평균은 13.1°, 표준편차는 $\pm 4.49^\circ$ 이었으며 13-15°에 분포하는 비율이 26.9%로 제일 높았다(Table 1, 2).

4) 정상측 주부에 있어서의 Bauman angle과 T-C angle 관계는 (Fig. 4)에서 보는 바와 같다(Fig. 4)에서와 같이 Baumann angle과 T-C angle사이에는 밀접한 상관이 있는 것으로 나타났다데 이 두 변수간의 단순 상관계수는 0.850으로 통계적으로 유의한 상관이 있었으며($p < 0.001$) 두 자료를 회귀분석법에 의한 함수로 표시

Table 2. Distribution of the Baumann, T-C and Carrying angle in Normal Children

Bauman			T-C			Carrying		
Angle(°)	A.F	R.F(%)	Angle(°)	A.F	R.F(%)	Angle(°)	A.F	R.F(%)
60-62	2	1.7	92-94	2	1.7	1-3	1	0.8
63-65	5	4.3	95-97	2	1.7	4-6	7	6
66-68	10	8.6	98-100	12	10.4	7-9	19	16.5
69-71	20	17.3	101-103	19	16.5	10-12	25	21.7
72-74	21	18.2	104-106	46	40	13-15	31	26.9
75-77	35	30.4	107-109	24	20.8	16-18	18	15.6
78-80	18	15.6	110-112	7	6	19-21	11	9.5
81-83	4	3.4	113-115	1	0.8	22-24	1	0.8
						25-27	1	0.8
						28-30	1	0.8

*A.F : Absolute Frequency. R.F : Relative Frequency (%).

(N=115)

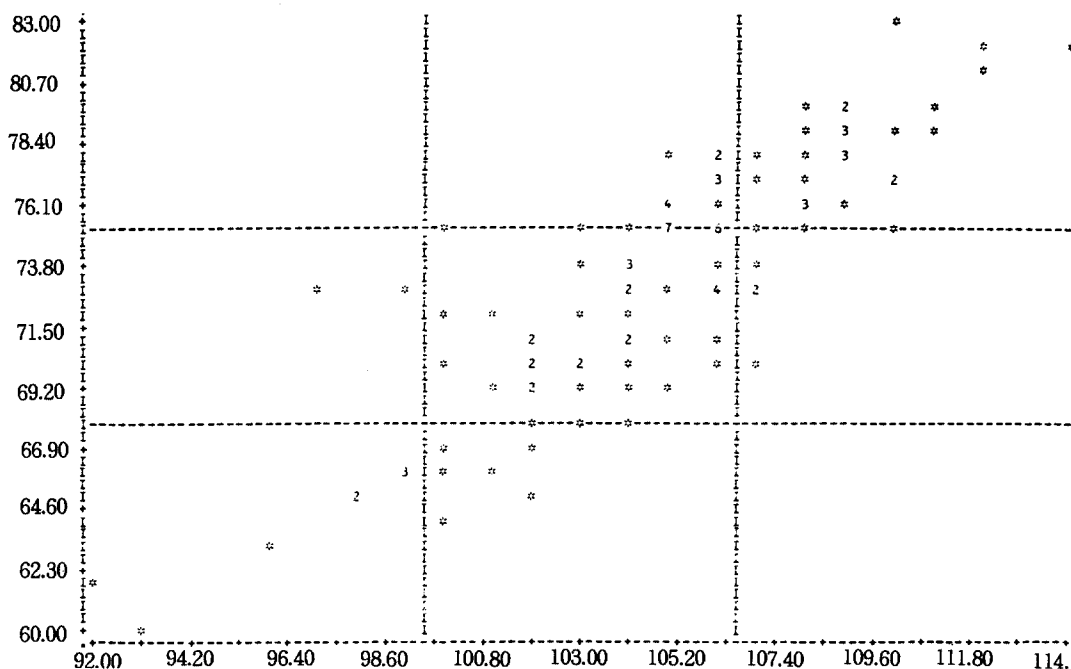


Fig. 4. The relationship between Baumann angle and T-C angle in normal elbow. (N=115, $r=0.8506$, $p<0.001$).

해보면 $T-C=35.02+0.03 \times 1.03 \times \text{Baumann}$ 으로 표시할 수 있다. 본 회귀식의 결정계수는 72.3%로 설명력이 비교적 높았으며 통계적으로 유의하였

고 이는 Baumann angle의 변화에 따라 T-C angle의 높은 상관 관계를 가지고 변화함을 설명해주고 있다.

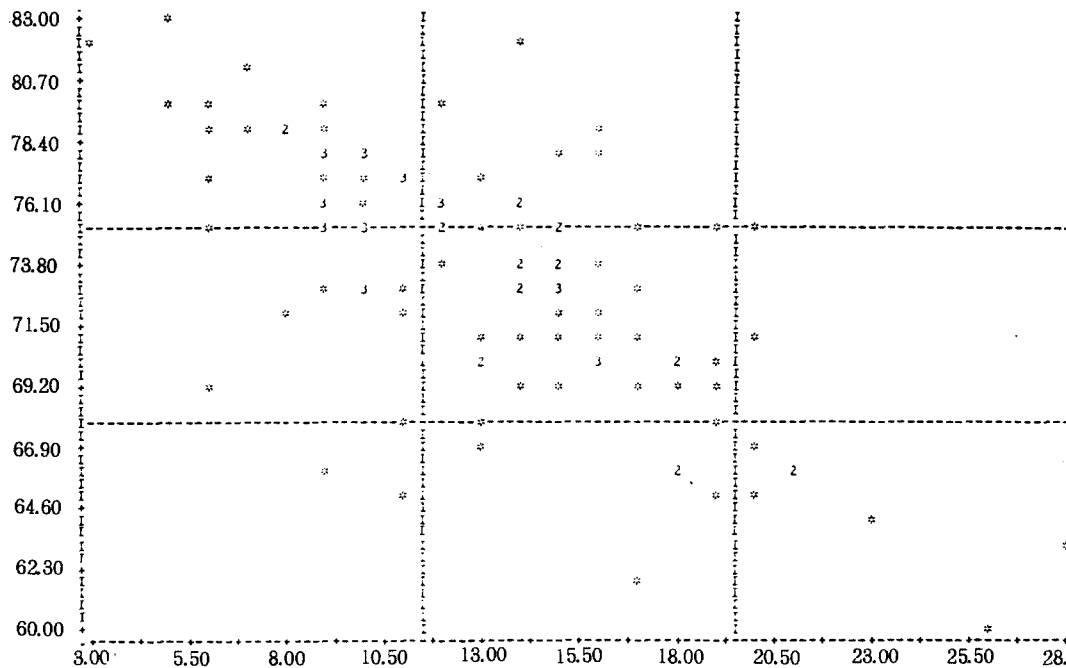


Fig. 5. The relationship between Baumann angle and Carrying angle in normal elbow. (N=115, $r=-0.6835$, $p<0.001$).

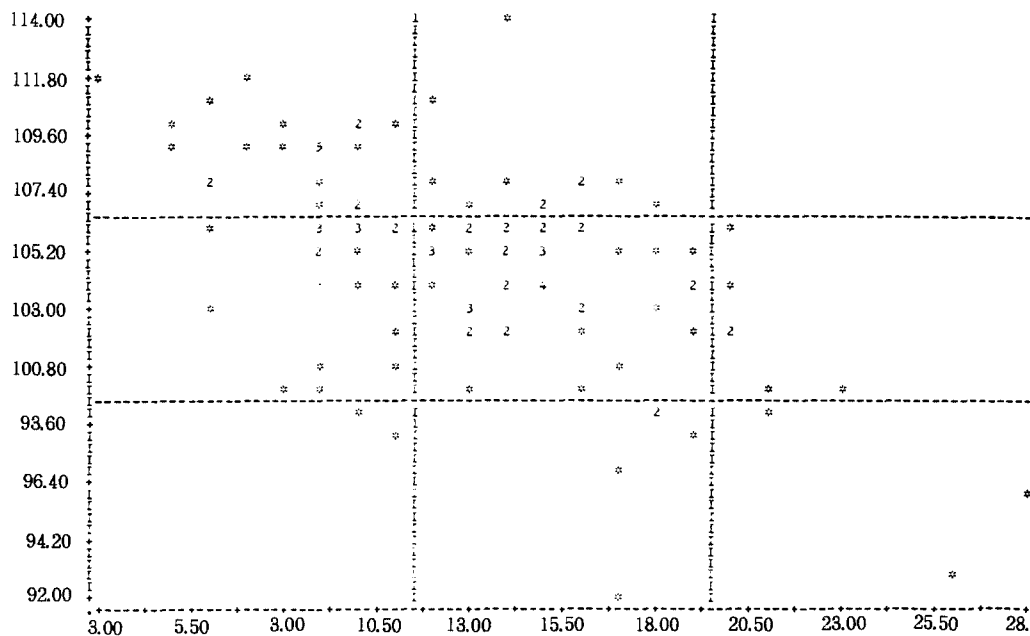


Fig. 6. The relationship between T-C angle and Carrying angle in normal elbow. (N=115, $r=-0.5665$, $p<0.001$).

5) 정상측 주부에 있어서의 Baumann angle
과 Carrying angle과의 관계는 (Fig. 5)에서

보는 바와 같다. (Fig. 5)에서와 같이 Baumann
angle과 Carrying angle과의 사이에는 단순

상관계수 0.863의 관계가 성립하며 이는 통계적으로 유의한 상관관계가 있었고($p < 0.001$) 회귀분석법에 의한 함수는 $\text{Carrying angle} = 61.84 - 0.66 \times \text{Baumann}$ 으로 표시할 수 있다. 이 자료에 의하면 Baumann angle 5°의 변화에 Carrying angle은 3.3°의 변화를 하는 것으로 나타났다.

6) 정상측 주부에 있어서의 T-C angle과 Carrying angle과의 관계는 (Fig. 6)에서 보는 바와 같다. (Fig. 6)에서와 같이 T-C angle과 Carrying angle과의 관계는 단순 상관계수 0.566의 관계가 성립하며 이는 통계학적으로 유의한 상관관계가 있었고($p < 0.001$) 회귀분석법에 의한 함수는 $\text{Carrying angle} = 83.2 - 0.66 \times \text{T-C}$ 로 표시할 수 있다. 이 자료에 의하면 T-C angle 5°의 변화에 Carrying angle 3.3°의 변화를 하는 것으로 나타났다.

7) 상완골 과상골절 환자 41례로부터 얻은 자료는 Baumann angle이나 T-C angle을 여러번 측정함으로써 측정 방법이나 환경등에 따라 결과가 어떻게 달라지며 따라서 측정치의 변화가 작은 방법은 어떤 것인지를 파악해 보았다. (Table 3)에서와 같이 우선 각 레를 무시하고 2회부터 11회까지의 측정회수별 Baumann angle과 T-C angle의 변이정도를 구해보면 Baumann angle은 변이계수 0.094이었으며 T-C angle은 변이계수 0.062로 Baumann angle보다는 T-C angle의 변이가 작은 것으로 나타났다.

(Table 4)는 반복측정에 따른 일관성 정도를

Table 3. 무작위 추출법에 의한 Baumann and T-C angle의 평균, 표준편차 및 변이계수

Angle	Mean	S.D	C.V
Baumann	76.01	7.12	0.094
T-C	107.30	6.67	0.062

(N=160) (C.V.=S.D/M)

Table 4. Baumann and T-C angle 반복측정시 신뢰도 검사결과

Group (n=34)	Baumann			T-C		
	1	2	3	1	2	3
Mean	75.29	76.38	76.82	106.08	107.53	106.85
S.D	6.99	7.70	7.19	5.88	6.54	6.80
alpha(α)=0.596			alpha(α)=0.708			

(α = 신뢰계수)

검증하기 위하여 신뢰도 검사(Reliability test)를 실시한 결과이다. 각 레벨로 Baumann angle과 T-C angle을 3회 반복측정 했을때의 신뢰계수 α 는 Baumann angle은 0.59이었으며 T-C angle 0.71로 T-C angle에서 더 높았다. 즉 T-C angle이 Baumann angle보다 측정도구로써 더 일관성이 있음을 나타내 준다고 하겠다.

고 찰

주관절의 내반주 변형은 소아 상완골 과상골절의 주 합병증 중의 하나이며^{9,10,19} 발생율은 문헌상 가장 높은 것이 60%¹³ 낮은것은 0%¹² 평균 30%¹⁶으로 알려져 있다.

주관절의 상완골 과상골절후의 각형성 변형(Angular deformity)의 발생 원인은 아직 명확하게 알려져 있지 않으나 Smith¹⁶등은 원위 골편의 회전(Rotation)및 내측편위에 의한다고 생각하였으며 윤, Blount⁴등에 의하면 골절로 인해 야기되는 상완골 원위단 골성장판의 성장장애를 지적하였고 Ippolito⁸등은 성장장애및 골절의 부정확한 정복에 의해 초래되며 성장장애는 아마도 TypeV 골성장판 손상(Epiphyseal injury)이나 골절 가골(Callus)에 의한 골성장의 불균등한 자극에 의한 것이라고 언급하였다.

상완골 과상골절의 치료의 목적은 주관절및 전완부의 기능장애없이 정상 Carrying angle을 얻는 것이며 Gruber⁷등은 Carrying angle의 변화는 주관절 기능장애, 지연성 척골신경 마비 및 보기 흉한 변형의 원인이 된다고 하였다. 그러나 이 외반각(Carrying angle)에 대한 직접적인 접근은 골절의 유합 전까지는 단지 치료법으로 주관절 신전상태하의 견인법이나 조기 운동을 위한 관혈적 정복후의 내고정법을 시행한 경우만이 가능할 뿐이며 임상에서는 주로 간접적인 접근 방법으로써 방사선 전후면 촬영시

Baumann angle을 이용하여 원위 골편의 내·외측편위를 측정함에 의해 외변각에 대한 접근이 이루어져 왔다. Peter Worlock¹⁹⁾에 의하면 정상측 주부에서 Baumann angle 5° 변화에 Carrying angle 2°의 변화가 인지되었고 이를 토대로 손상부의 Carrying angle을 예견하는데 이용하였으며 저자들의 경우는 Baumann angle 5°변화에 Carrying angle 3.3°의 변화가 인지되었다. Peter Worlock¹⁹⁾은 또한 골 견인요법으로 치료한 상완골 과상골절 환자에 있어서 정복 후 Baumann angle과 원격조사후 최종 Baumann angle과의 관계가 통계학적으로 상관계수 $r=0.860$, $p<0.001$ 의 높은 상관관계를 보인다고 언급하였고 수상후 유의할만한 성장장애는 보이지 않았다고 언급하였으나 Lyman Smith¹⁶⁾ 등은 과상골절 정복시 및 원격조사시 측정된 Baumann 및 Carrying angle과 골절치유뒤 최종각이 일치하지 않는 경우가 많았다고 하였고 그 불일치의 이유로 ① 석고 붕대 및 주관절 굴곡시 요·척골의 중첩음영에 의한 골편의 명확한 식별불가능. ② 연령이 낮은 소아의 경우 주로 연골성인 원위골편의 정확한 구별불가능. ③ 방사선 촬영시의 팔의 위치의 영향등을 들었다. 저자들의 T-C angle에서는 상완골 골간부와 Capitellum, Trochlea의 하단부를 잇는 선과의 각을 측정하기 때문에 Baumann angle보다는 석고 및 부목, 주관절, 굴곡시 요·척골의 중첩음영에 의한 영향이 적었고 연령이 낮은 소아의 경우에서도 원위골편의 구별이 비교적 용이하였다.

Baumann angle 외에 원위골편의 배열을 측정하기 위한 방법으로 Norman¹⁴⁾은 원위골편의 회전변이를 측정하기 위한 방사선적 방법을 기술하였으나 이상회전(Malrotation)은 내·외측편위를 일으키는 소인이자 직접적으로 내·외변형상을 초래하지는 않는 것으로 여겨지기 때문에 그 임상적 유용도는 낮게 평가 되었으며 측면 주관절 방사선 촬영상 Condylar angle은 상완골의 골간과 Capitellum의 골성장판 사이의 각으로 정상적으로는 Rockwood¹⁵⁾, Watson-Jones¹⁷⁾는 25° 및 40° 정도 전방으로 치우쳐져 있으며 Rockwood¹⁵⁾는 소실된 각도 만큼 주관절 굴곡장애가 나타난다 하였으나 Bogers and Ponsen⁵⁾은 이 각의 변화는 원위골편의 내·외변형상을 정확히 측정할 수 없기 때문에 최종적인 기능과는 일치하지 않는다고 하였다.

Klinfelter¹¹⁾는 팔의 축이 방사선 Film면에

평행하게 놓여 있고 방사선이 Film에 수직으로 조사될수만 있다면 Carrying angle은 정확도를 가지고 측정될 수 있을것이라 언급하였으나 실제 임상에서는 방사선 촬영시 팔의 정확한 위치, 방사선 Tube 및 Casette의 정확한 위치가 필수적인 요건임에도 불구하고 대개 방사선 측정이 Technician에게 맡겨져 있고 이 Technician은 석고 및 부목, 주관절의 동통성 증상을 가진 불안정한 소아들에게서 정확한 방사선 촬영을 방해받게 되며 또한 방사선 사진판독시 Lyman Smith¹⁶⁾의 앞에서의 언급과 같이 정확한 Baumann 및 Carrying angle의 측정은 어려움을 가지고 있었다.

결 론

상완골 과상골절시 종전의 Baumann angle에 의한 내반주 변형에 대한 접근이 야기되는 측정상의 어려움을 개선코져 보다 측정하기 편리한 T-C angle이라는 측정각을 이용하여 Baumann angle 및 Carrying angle과의 관계를 통계학적으로 분석해본 결과 T-C angle이 상완골 과상골절의 정복 및 원격조사시 주관절 내반변형을 평가하는데 임상적으로 유용하게 사용할 수 있었다.

REFERENCES

- 1) 윤경현 : 한국인의 정상주부 Carrying Angle의 통계적관찰. 대한외과학회지, 5 : 263-266, 1963.
- 2) Baumann, E. : On the Treatment of the Elbow Joint. *langenbecks Arch. Klin. chir.*, 295 : 300-4, (Quoted in Worlock, P.H. : *Supracondylar Fracture of the Humerus. J. Bone and Joint Surg.*, 68-B : 755-757, 1986)
- 3) Beals, R.K. : The Normal Carrying Angle of the Elbow. A Radiographic Study of 422 patients. *Clin. orthop.*, 119 : 194-196, 1976.
- 4) Blount, W.P. : *Fractures in Children*. Baltimore, Williams and Wilkins, PP. 26-31, 1976.
- 5) Bongers, K.J. and Ponsen, R.J. : Use of Kirschner Wires for Percutaneous Stabiliza-

- tion of Supracondylar Fractures of the Humerus in Children. *Arch. Chir. Neerl.*, 31 : 203-12, 1979. (Quoted in Worlock, P. H. : *Supracondylar Fracture of the Humerus*. *J. Bone and Joint Surg.*, 68-B : 755-757, 1986.)
- 6) D Ambrosia, R.D. : *Supracondylar Fractures of Humerus. Prevention of Cubitus Varus*. *J. Bone and Joint Surg.*, 54-A : 60-6, 1972.
 - 7) Gruber, M.A. and Hudson, O.C. : *Supracondylar Fractures of Humerus in Children. Endresult Study of Open reduction*. *J. Bone and Joint Surg.*, 49-A : 1245, 1964.
 - 8) Ippolito, E., Caterini, r. and Scola, E. : *Supracondylar Fractures of the Humerus in Children. Analysis at Maturity of 53 Patients Treated Conservately*. *J. Bone and Joint Surg.*, 68-A : 333-344, 1986.
 - 9) Isao, Yamamoto., Seiichi, Ishii., Masamichi, Usui., Toshihiko, Ogino. and kiyoshi, Kaneda. : *Cubitus Varus Deformity Following Supracondylar fracture of the Humerus. A Method for Measuring rotational Deformity*. *Clin. Ortho.*, 201 : 179-185, 1985.
 - 10) James, Piggot., H. Keer. Grahah. and Gerald, F. McCoy. : *Supracondylar fractures of the Humerus in Children. Treatment by Straight Lateral Traction*. *J. Bone and Joint Surg.*, 68-B : 577, 1986.
 - 11) Klinefelter, E.W. : *Influence of Position on Measurement of Projected Bone Angle*. *Am. J. Roentgenol.*, 55 : 722-725, 1948. (Quoted in Smith, L. : *Deformity Following Supracondylar Fractures of the Humerus*. *J. Bone and Joint Surg.*, 42-A : 235-252, 1960.
 - 12) Labell, Hubert., bunnell, W.P., Duhaime, Morris. and Poitras, Benoit. : *Cubitus Varus Deformity Following Supracondylar fractures of the Humerus in children*. *J. Pediat. Ortho.*, 2 : 539-546, 1982.
 - 13) Mitchell, W.J. and Adams, J.P. : *Supracondylar Fractures of the Humerus in Children. A Ten-Year Review*. *J.A.M.A.*, 175 : 537-7, 1961.
 - 14) Norman, O. : *Roentgenological Study on Dislocations in Supracondylar Fractures of the Humerus*. *Ann. Radiol (Paris)*, 18 : 359-9, 1975. (Quoted in Worlock, P. H. : *Supracondylar Fractures of the Humerus*. *J. Bone and Joint Surg.*, 68-B : 755-757, 1986.)
 - 15) Rockwood, C.A. and Green, D.P. : *Fractures*. 2nd Ed., 373, 1984.
 - 16) Smith, L. : *Deformity Following Supracondylars of the Humerus*. *J. bone and Joint Surg.*, 42-A : 235-252, 1960.
 - 17) Watson-Jones, R. : *Fractures and Jont Injuries*. Baltimore, Williams and Wilkins., 524, 1964.
 - 18) Weiland, A.J., Meyer, S., Tolo, V. T. and Muller, J. : *Surgical Treament of Displaced Supracondylar Fractures of the Humerus in Children. Analysis of Fifth-two Cases Followed up for Five to Fifteen Years*. *J. Bone and Joint Surg.*, 60-A : 657-61, 1978.
 - 19) Worlock, P.H. : *Supracondylar Fractures of the Humerus. Assessment of Cubitus Varus by the Baumann Angle*. *J. Bone and Joint Surg.*, 68-B : 755-757, 1986.