Closed Reduction and Percutaneous Pinning of Displaced Supracondylar Fracture of the Humerus in Children

Won Yoo Kim, M.D., Jin Young Kim, M.D., Kun Young Park, M.D., Chong Hoon Park, M.D., and Hwa Sung Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Taejon St. Mary's Hospital, Catholic University Medical College, Seoul, Korea

Closed reduction and percutaneous pinning of displaced supracondylar fractures of the humerus in children yielded simple fracture management, less neurological and vascular complications, reduced hospitalization day and increased satisfactory out-comes. We treated twenty-seven cases of these fractures (extension type: twenty-five cases) by such a method. The accurate closed reduction of a supracondylar fracture could be obtained and confirmed by image intensifier. The maintenance of a reduction was stabilized by application of K-wires.

Our study showed that the limitation of range of motion of the elbow joint was not significant (three cases, below ten degrees extension block and changes of carrying angle was also minimal three cases, below ten degrees).

In twenty-seven cases, excellent results were recorded in 93% on at least on year follow-up.

Key Words: Supracondylar Humerus Fractures, Closed Reduction and Percutaneous Pinning.
시 론

상완골 과상부 골절은 소아의 주관절 골절중 가장 많은 변도를 차지하고 있고, 골절시 정복 및 유지가 어려울뿐 아니라 혈관 및 신경 손상등이 발생될 수 있으며 또한 후유증으로 주관절의 운동제한, 외과적 변화 및 주관절 주위의 화물성 근염, 불코암의 저저성 구축돌이 문제가 된다.

치료법은 관절적 방법과 보존적 방법으로 대별되고 최근에는 도수 정복후 경피적 전 삽입술이 널리 이용되고 있다.

이에 저자들은 1988년 1월부터 1992년 12월까지 가톨릭의대 대전성모병원에 입원하여 도수 정복후 경피적 전 삽입술을 시행한 45례 중 1년이상 추시가 가능했던 27례를 분석하여 양호한 임상결과를 얻었다. 이에 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

증례분석

1. 연령분포 및 성별 분포

연령 분포는 1세에서 14세이고 평균 연령은 6.1세였다. 성별 비는 남아가 16명(59%), 여아가 11명(41%)으로 남녀의 비는 1.5:1이었다(Table 1).

Table 1. Age and Sex Distribution

<table>
<thead>
<tr>
<th>Age</th>
<th>Male</th>
<th>Female</th>
<th>Total</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>3세 이하</td>
<td>3</td>
<td>1</td>
<td>4(15%)</td>
</tr>
<tr>
<td>4세 이하</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td>2(7%)</td>
</tr>
<tr>
<td>5</td>
<td>5</td>
<td>3</td>
<td>8(30%)</td>
</tr>
<tr>
<td>7</td>
<td>2</td>
<td>2</td>
<td>4(15%)</td>
</tr>
<tr>
<td>8</td>
<td>2</td>
<td>3</td>
<td>5(18%)</td>
</tr>
<tr>
<td>9</td>
<td>1</td>
<td>-</td>
<td>1(4%)</td>
</tr>
<tr>
<td>10세 이상</td>
<td>1</td>
<td>-</td>
<td>1(4%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Total</td>
<td>16(59%)</td>
<td>11(41%)</td>
<td>27(100%)</td>
</tr>
</tbody>
</table>

2. 좌우별 발생 빈도

좌우 빈도는 우측이 13례, 좌측이 14례로 차이는 없었다.

3. 골절의 분류

발생기전에 의하면 27례 중 신천형이 25례 (93%)

Table 2. Displacement of distal fragment

<table>
<thead>
<tr>
<th>Displacement</th>
<th>No. of cases(%)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Posteromedial</td>
<td>11(40%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Posterolateral</td>
<td>13(48%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Posterior</td>
<td>1(4%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Anteromedial</td>
<td>2(7%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Total</td>
<td>27(100%)</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Table 3. Case distribution according to Holmberg classification

<table>
<thead>
<tr>
<th>Grade</th>
<th>No. of cases(%)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Fractures without displacement</td>
<td>1(4%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Fractures with side ways displacement</td>
<td>10(37%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Fractures with rotation, with or without displacement</td>
<td>16(59%)</td>
</tr>
<tr>
<td>(no contact between the fragments)</td>
<td>Total 27(100%)</td>
</tr>
</tbody>
</table>

로 대부분을 차지하였고, 골절형은 2례였으며, 원위 골절편의 방향에 따른 분류에 의하면(Table 2), 27례 중 후외측이 13례(48%), 후내측이 11례(40%), 후방측이 1례(4%)이었다. 전위 정도에 따른 Holmberg classification(Table 3)에 의하면 Grade I가 1례, Grade II가 10례 그리고 Grade IV가 16례였고, 원위 골절편의 전위 정도에 따른 Gartland 분류에(Table 4) 의하면 종 신천형 25례 중 Type II가 31례, Type III가 22례였다.

Table 4. Case distribution according to Gartland classification

<table>
<thead>
<tr>
<th>Type</th>
<th>No. of cases(%)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>undisplaced</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>displaced with intact posterior cortex</td>
<td>3(12%)</td>
</tr>
<tr>
<td>displaced with no cortical contact</td>
<td>22(88%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Total</td>
<td>25(100%)</td>
</tr>
</tbody>
</table>

4. 좌우분리 통반 손상은 전완부 골절이 3례(11%), 요골 원위부 골절이 2례, 침골 원위부 골절이 1례였고, 신경 손상이 총 6례(22%) 있었으며 이중 요골 신경 마비가 2례, 정중 신경마비가 1례 그리고 정중 및 침골 신경마비가 3례였으며 이들 신경 손상은 모두 불완전 마비었다(Table 5).

치료방법

1. 마취방법

마취 방법은 국소 마취가 2례(7%), 정맥내 마취
Table 5. Combined injury according to Holmberg classification

<table>
<thead>
<tr>
<th>Homberg Associated Injury</th>
<th>I</th>
<th>II</th>
<th>III</th>
<th>IV</th>
<th>Total(%)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Nerve injury</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Radial</td>
<td>2</td>
<td>2</td>
<td></td>
<td></td>
<td>2(7%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Ulnar</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Median</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
<td>1(4%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Median and ulna</td>
<td>3</td>
<td>3</td>
<td></td>
<td></td>
<td>3(11%)</td>
</tr>
<tr>
<td>Total(%)</td>
<td>6</td>
<td>6</td>
<td></td>
<td></td>
<td>(22%)</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Table 6. Methods of anesthesias

<table>
<thead>
<tr>
<th>No. of cases(%)</th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Local</td>
<td>2(7%)</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>I.V. anesthesia(Ketamine)</td>
<td>4(15%)</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>General endotracheal</td>
<td>21(78%)</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total(%)</td>
<td>27(100%)</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

가 4례(15%), 기관지 삽입술에 의한 천신마취가 21례(78%)로 대부분을 차지하였다(Table 6).

2. 수술 방법

1) 도수 정복

 대부분 전신 마취에서, 환자를 수술대에 양아래로 위치하고 이완부 전관절을 적당히 외전시켜 골절부의 주관절이 평행 쪽방위에 위치하도록 하였다.

우선 주관절을 선전위치에서 시사하여 종격선을 시행하면서 골절부 측방 각변형 및 측방전위를 교정하고 종격 전방력을 유지시킨 상태에서 주관절을 극폭이거나, 숙자의 무지를 이용하여 전방 각변형을 교정하여 완전한 정복을 확인한 후 주관절을 90도 꺼곡시킨 상태에서 관절을 90도 외회전시킨 상태에서 정복 정복을 쉽게 얻어 내측편의 삽입이 용이하였다.

2) 핀 삽입

도수정복 후, 0.062 inch 또는 0.078 inch K-wires를 영상 쪽방 각방의 감시하에 삽입하기가 용이한 내측에서부터 삽입하였다. 내측 삽입시 관은 medial epicondyde를 통과하여 반대편 상완골간부 측면골절을 닦아내었다. 내측 관은 상완골의 측면에 40도, 후방으로 10도 기울여 삽입하였고 착골 신경을 피하도록 세심한 주의를 요구하였다.

그 후 일반 내측편의 삽입이 수술하는 동안 측면관은 같은 요령으로 쉽게 삽입할 수 있었으며 술후 척골 신경 차단증상이 나타나면 내측편을 즉시 제거 하였 다. 삽입된 관의 수는 7례(26%)에서 2개, 19례

(70%)에서 3개였으며, 불완전 골절로 4례를 사용한 경우도 1례(4%)이었다. 특히 K강선 고정시 주의할 점은 첫째로 신경 손상을 피하기 위해 내측 관 삽입시에는 내상과 전방 그리고 외측 관 삽입시에는 외상과 외전하여 삽입하였다. 둘째로 전고한 고정을 위해 반드시 반대측 골절 골에 K-강선을 통과시켰다.

3. 술후 치료

술후 입원 기간은 평균 8.7일이었으며 술후 장상지 석고 부목으로 3-4주간 고정하였고, 석고 부목 제거후에는 2-3주간 팔다리를 한 상태로 동동적 주관 젠 운동을 실시하였으며, K-강선은 대부분 국소 마취하에 5-6주에 제거하였다. 온반간은 임상적 통증이 이루어진 후 화아의 주관절을 신진, 전면을 외회전시킨 위치에서 상복골의 측방과 주관절 및 외관절의 중심이 있는 선이 이루어지는 각도(Humerus-Elbow-Wrist angle)를 각도기로 측정하여 기록하였다.

증례보고

1. 증례 1

수상 당시 4세년 여아로 성인 자전거에 올라가다 좌측 주관절을 신진한 상태로 쳐져 있다. 타 의료기관에서 수상 3일에 경과후에 전원되었으며 전원 시 주관절 방사선 검사상 골절의 원위부가 후내측으로 전위되어 골상골절을 입었다. 숭정 이후적 검 사상 주관절 부위에 부종이외에 특이한 소견은 없었다.

전원 하루 후 수술실에서 도수정복 후 경피적으로 내외측에서 각각 하나의 관을 삽입하여 고정하였으며 술후 장상지 석고 부목으로 고정하였다. 술후 4주 후 석고 부목을 제거하고 주관절 운동을 시작하였으며 술후 5주에 국소 마취하에 관을 제거하였으며, 술후 7주에 관절 운동 범위는 정상화 되었다(Fig. 1).

2. 증례 2

8세 남아로 유치원의 미끄럼틀에서 좌측 주관절을 신진한 상태로 쳐져 있었다. 수상당일 응급실에서 내원후 방사선 검사상 골절의 원위부가 후외방으로
Fig. 1. Four years-old girl with an extension type supracondylar fracture of the left humerus. A, B) Initial anteroposterior and lateral roentgenograms shows posteromedial displacement. C, D) The fracture was reduced anatomically and fixed with percutaneous wires (X2) under C-arm unit. E, F) The fracture was completely united with good alignment and callus formation after removal of wires at postoperative 5 weeks.
Fig. 2. Eight years-old boy with an extension type supracondylar fracture of the left humerus. A, B) Initial antero-posterior and lateral roentgenograms shows the posteromedial displacement. C, D) The fracture was reduced accurately and fixed with percutaneous pinning using three wires under C-arm control. E, F) showing the good alignment and callus formation after removal of wires at postoperative 5 weeks.
치료결과

1. 골절의 유합시기

관절강직을 방지하기 위하여 숨후 3주부터 관절운동은 허용했지만 임상적 클유함은 충분한 양의 골절가공이 골절면을 덮는 시기로 간주하고 심한 K-강선의 위치와 무에 관계없이 숨후 3주에서 5주 사이에 이루어졌다.

2. 주관절 운동 범위

추시 결과, 대부분 관절 운동 장애를 보이지 않았으나 2례(7%)에서 10도 이하의 신진건애를 보였다.

3. 운반각의 변환

추시결과, 주관절의 운반각이 정상측에 비해 증가된 외반 변화를 일으킨 예는 없었으며, 정상측에 비교하여 5도 이하의 감소가 1례(4%), 6도에서 10도 사이의 감소가 2례(7%)에서 보였다(Table 7).

Table 7. Changes of carrying angle after one year

<table>
<thead>
<tr>
<th>Carrying angle</th>
<th>No. of cases(%)</th>
<th>Total(%)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Normal</td>
<td>24</td>
<td>24(89%)</td>
</tr>
<tr>
<td>less than 5</td>
<td>1</td>
<td>1(4%)</td>
</tr>
<tr>
<td>6 to 10</td>
<td>2</td>
<td>2(7%)</td>
</tr>
<tr>
<td>more than 11</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Total</td>
<td>27</td>
<td>27(100%)</td>
</tr>
</tbody>
</table>

4. 숨후 합병증

숨후 합병증은 1례(4%)에서 척골 신경 자극 증세가 있으면, 2례(7%)에서 10도 이하의 신진 장애, 3례(11%)에서 운반각의 감소를 보았다. 척골신경 자극증은 추시 결과 숨후 3주부터 임상증세 및 근전도상 호전되기 시작하여 완전히 회복되었다.

5. 치료 결과 판정

치료 결과 판정은 Mitchell과 Adams가 24의 판정 기준을 이용하였으며, Excellent가 25례(93%), Good가 2례(7%)였다(Table 8).

Table 8. End result of the cases according to Mitchell and Adam’s criteria after one year

| Excellent   | 25 | 25(93%) |
| Good        | 2  | 2(7%)   |
| Unsatisfactory | - | -       |
| Total       | 27 | 27(100%)|

* Mitchell and Adams criteria
 Excellent : When changes in the carrying angle were less than 5 degrees, or when the normal range of motion or restriction of motion or restriction of motion in any plane amounted to less than 10 degrees with no complaints.
 Good : When changes in the normal carrying angle ranged between 5 degrees and 15 degrees, or when there was limitation of flexion-extension or rotation amounting to 10 degrees to 20 degrees.
 Unsatisfactory : Changes surpassing these limits.

고 찰

소아 상완골 골절의 대부분이 신진행으로서, 동반 손상에 있어 Flows & Kassab은 요골 신경, 경추신경, 상완동맥의 손상은 신진행 골절에서 호발한다고 하였으며, 신경손상은 Boyd와 Altenberg에 의하여 465례중 요골신경 손상이 2.4%, 경추 신경 손상이 1.5%, 척골 신경손상이 0.5%에서 발생했다고 하였다. 본 증례에서는 신경손상은 모두 Holmberg Grade II에서 6례(22%)가 발생하였고, 이중 경추 및 척골 신경 손상이 3례(11%)로 가장 많았고, 요골신경 손상이 2례(7%), 경추신경 손상은 1례(4%) 순서였다.

전위성 골절에 대한 치료방법에 있어서 Gruber & Hudson은 1) 도수정복 실패시, 2) 개방성 골절, 3) Volkman 저위성 구축의 가능성이 있는때 관절적 정복을 권장하였고, Ramsy & Griz는 즉시 시행한 관절적 정복의 양호한 결과를 보고하였으며, Danielsson & Pettersson 역시 관절적 정복
에 의한 좋은 결과를 보고하였다. 그러나 Miller\textsuperscript{29}의 Blind nailing\textsuperscript{30}의 도수정복후 경피적 관 삽입술이 소개된 후 Sharrad\textsuperscript{31}, Flynn\textsuperscript{at al\textsuperscript{32}}, Pietro\textsuperscript{33}, and Pirone\textsuperscript{34} 등은 경피적 관 삽입술의 우수성을 보고하였다.

Holmberg\textsuperscript{35}는 정확한 해부학적 정복이 이루어진 후 결과는 대부분 좋다고 주장한 반면 불충분한 정복은 주관적으로 내복변형, 관절운동 장애 등을 초래하게 된다고 하였고, Salter\textsuperscript{36}는 도수부이나 관절적 정복시 손상받지 않은 클락을 hingement을 이용하여 정확한 정복을 일으킬 수 있다고 하였다.

관 삽입 위치에 대한 연구에 의하면, Swenson\textsuperscript{37}과 Castano\textsuperscript{38}등은 내측 및 외측에서 삽입하였으며, Arino\textsuperscript{39}와 Flowers & Kassab\textsuperscript{40}등은 2개의 외측 관을 사용하였고, Herzenberg\textsuperscript{41}의 생역학 연구 결과에서는 신문 외측 및 내측에서 교차 삽입한 것을 권장하였다.

Flynn\textsuperscript{42}은 내측 판 삽입으로 일관성 척골 신경 마비를 보고하였고, 강 등\textsuperscript{43}은 도수 정복후 경피적 판 고정술을 시행한 예에서 6%의 신경손상을 보고하였다. 본 증례에서도 내측 판 삽입으로 인한 불완전 척골 신경 마비가 1례에서 있었으나, 관 통제위에 자연 회복되었다.

문 등\textsuperscript{44}에 의하면 클락의 유함은 3주후에 달려졌으나, 본 증례에서도 추적 X선 사진에서 클락가공이 클락연을 충분히 덮고 있는 것을 확인한 시기로 판단할 때 3주에서 5주 사이에 이루어졌다.

클락관절 정복까지의 기간에 따라 Holmberg\textsuperscript{35}는 자연수술 전관절을 초래한다고 하였으나, 본 증례에서는 72시간이 지난 후 수술을 시행한 9례 (33%)에서도 관절 정복이 초래되지 않았다.

주관절 운동장애에 대해서는 Fowles와 Kassab\textsuperscript{45}는 2년 추시 결과 80례 중 23례에서 운동장애를 보였으며 Weiland\textsuperscript{46}는 52례 중 10%에서 운동장애를 보였고, Blind pinning을 시행하였던 Flynn과 Matthews\textsuperscript{47}는 72례 모두 Volkmann식 저혈류성 피사를 보이지 않았다고 보고하였다.

소아 상완골 고정의 중요한 합병증의 하나인 내반 주 변형은 Mann\textsuperscript{48}, El-sharkaw & Fattah\textsuperscript{49}는 이변형이 성장에 의해서 조절되지 않는다고 하였는데, 변형의 원인으로 Burnister & Karp\textsuperscript{50}, Madson\textsuperscript{51}, Cave\textsuperscript{52}는 성장의 불균형이 외반각의 변형을 초래한다고 했으며 Aitken\textsuperscript{53}, Smith\textsuperscript{54}는 원위 골편의 내측 및 후방분위가 내회전 때문에이라고 하였고, King & Secor\textsuperscript{55}, Smith\textsuperscript{56}는 내경사 때문이라 하였으며 Aitken\textsuperscript{53}, Madson\textsuperscript{51}와 French\textsuperscript{57}는 최전 변형이 외반각의 변화요인이라고 하였다.

Gruber & Hudson\textsuperscript{58}의 연구 등\textsuperscript{59}은 도수정복후 경피적 관 삽입술과 관절적 정복술에서 낮은 비율의 추관절 변형인 내반주 변형이 나타났다고 하였으며, 본 임상증례에서는 2례(7%)에서 10도 이하의 내반주 변형을 보였다.

치료 결과 판정에서 Pirone\textsuperscript{34}는 K-강선 내고정술을 시행한 96례중 90례(94%)에서 Good 이상의 결과를 얻었으며, Flynn\textsuperscript{42}은 98%에서 만족한 결과를 얻었고, 본 증례에서는 Mitchell과 Adams\textsuperscript{58}의 판정 기준을 이용하였으며 Excellent가 25례(93%), Good가 2례(7%)였다. 이는 정확한 해부학적 정복 및 견고한 내고정으로 조기 관절 운동이 가능하였기 때문인 것으로 생각된다.

결론

1988년 1월부터 5년동안 경험한 소아 상완골 전위성 골절의 골절내고정에 대한 도수 정복 및 경피적 관 삽입술로 치료한 총 45례중 추시가 가능했던 27례의 임상적 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 평균 연령은 6.1세였고, 남아서 많았으며 (67%) 좌측 보다는 거의 같았다.

2. 발생 기전에 의한 분류에서 신경형이 25례 (93%)로 대부분이었고, 골절형이 2례가 있었다.

3. 원위 골절과의 전위 정도에 따른 Holmberg의 분류상 Grade I가 1례(4%), Grade II가 10례 (37%), Grade III가 16례(59%)로 가장 많았다. Cartland의 의한 골절 분류상 Type II가 2계 (88%)였다.

4. 추후 주관절 운동 범위는 1년 추시결과 2례 (7%)에서 10도 이하의 신경장애를 보였고, 추후 운동 범위는 1년 추시결과 1례(4%)에서 5도 이상의 감소를 보였고, 2례(7%)에서 10도 이하의 감소를 보였다.

5. 골절은 추후 3주와 5주 사이로 임상적으로 유방되었다.

6. Mitchell과 Adams의 의한 치료결과 판정은
25례(93%)에서 excellent, 2례(7%)에서 good의 좋은 결과를 얻었으며, 도수정복 및 경피적 전 삽입술의 장점으로 마취 및 수술시간의 단축, 전부적의 손상의 최소화, 조기 관절운동이 가능하였으며, 절개 반응이 없으므로 미용 효과등의 장점이 있었다.

이상과 같은 결과로 보아 소아 상완골 과상부 전위성 골절 치료에 있어 도수정복 및 경피적 전 삽입술은 매우 효과적인 수술방법이라 생각된다.

REFERENCES

23) Miller OL: Blind nailing of T fracture of the
lower end of the humerus which involves the joint. *J. Bone Joint Surg* ; 1939 ; 21A : 933-938.