

소아 대퇴골 간부 골절 치료후 발생한 각변형의 재형성

조선대학교 의과대학 정형외과학교실

표영배 · 하상호 · 손홍문

= Abstract =

Remodelling of Angular Deformity after Femoral Shaft Fractures in Children

Young-Bae Pyo, M.D., Sang-Ho Ha, M.D., Hong-Moon Sohn, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Chosun University

The common sequelae after femoral shaft fractures in children are leg-length discrepancy, angular deformity and rotational deformity. Overgrowth after the conservative management of fractures has been clearly defined, and it has been reported that rotational deformities can remodel.

The importance of angular deformity after fracture is less clear although it has been reported as many as 40% of cases. So, authors reviewed 15 children (16 cases) with unilateral femoral shaft fractures who had more than 10 degrees angular deformity after conservative treatment and observed the remodelling of deformity both at the fracture site and the physes. After average follow up of 34 months, the results were as follows

1. The average correction was 84% of the initial angular deformity; the physes contributed more than the fracture site.
2. The anterior angulation remodelled better than the varus angulation.
3. Younger children remodelled better and the magnitude of the angulation influenced the degree of remodelling.

Key Words : Children, femur, Shaft Fracture, Remodelling, Angular Deformity.

※ 통신저자: 표 영 배
광주광역시 동구 서석동 588 (501-140)
조선대학교 부속병원 정형외과
Tel : 062-220-3140 Fax : 062-226-3379

서 론

소아 대퇴골 간부 골절은 성인 골절에 비해 골 유합도 빠르고 감염, 심한 골 혹은 연부조직 소실 등이 있는 경우를 제외하고는 불유합이 거의 없어 대부분 보존적인 치료를 시행하고 있으나 치료 후 하지부동, 각변형 및 회전변형 등의 합병증이 나타날 수 있다. 소아 대퇴골 골절후의 과도성장에 대해서는 많은 연구가 이루어져 어느 정도의 일치가 되어있고 회전변형도 재형성된다는 보고도 있으나 골절의 합병증으로 약 40%에서 발생한다는 각형성에 대해서는 아직 학자들간의 의견이 분분하다^{5,6,13,15,17}. 각형성에 대한 기존의 보고는 주로 골절부위의 변화에 대해서만 언급하는데 그치고 있고 성장판에서의 자연교정력에 대해서는 최근에 들어서야 활발히 연구되어지고 있다.

본 연구에서는 15세 이하의 소아 대퇴골 간부 골절 환자중 조선대학교 부속병원 정형외과에 입원하여 보존적 치료를 받은 후 10°이상의 각형성이 발생한 15명, 16례에 대해서 골절유합후 각변형의 자연교정에 대한 교정율과 골절부 및 성장판의 공헌도를 분석하고 이에 영향을 미칠 수 있는 인자를 알아보고자 한다.

연구대상 및 방법

1992년 1월부터 1995년 12월까지 편측 대퇴골 간부 골절로 본원에 입원하여 보존적 치료를 받았던 54명의 환자중 골유합시 골절부의 전후방 혹은 내외측 각형성이 10°이상 되었고 2년 이상 추시관찰이 가능하였던 15명 16례를 대상으로 하였다. 추시기간은 최단 24개월에서 최장 52개월로 평균 34개월 이었으며 손상원인은 교통사고 11례, 추락사고 3례, 직접손상 1례 순이었다. 남녀 비율은 각각 11례와 4례로 남자가 많았으며 수상당시 평균 나이는 7세였다. 치료는 전례에서 90°-90°-90° 골 견인술을 3-4주간 실시한 후 고수상 석고고정을 4-8주간 추가로 시행하였다.

대퇴골 방사선 촬영 시는 양와위에서 고관절과

슬관절을 신전하고 양측 대퇴경부의 외반을 막기 위해 족관절을 약 15° 내회전 시킨 후 대퇴 골두와 원위부의 슬관절이 모두 보이게 대퇴 양측 전장의 전후방 촬영을 하고, 측면 촬영은 측와위에서 둔부를 10-15° 정도 후방으로 회전시킨 후 검사측 무릎을 약간 굽히고 슬개골이 수평면에 대하여 수직이 되도록 한 후 양측 대퇴골 전장을 촬영하였다. 성장판 간각(Interphyseal Angle)은 근위 골단판과 원위 골단판에서 그은선이 만나는 각을 측정했으며 골절부 각은 골절부의 재형성으로 각도를 잘못 잴 수 있으므로 골절부에서 약 3cm 떨어진 부위에서 대퇴골의 중앙인 지점을 찾아 그은선이 만나는 각을 측정했다.

수상전에는 환측 및 건측의 성장판 간각이 서로 같으므로 골 유합시 양측 성장판 간각의 차이는 골절부의 각과 같고 최종추시 방사선 촬영상 양측 성장판 간각의 차이가 잔존하는 각변형이 된다. 자연 교정된 양은 골유합시 골절부의 각에서 최종추시 방사선상 성장판 간각의 차이를 뺀 값이 되며, 자연교정율은 골유합시 성장판 간각에 대해 자연교정된양이 차지하는 비율이 된다. 자연교정은 골절부와 양측 성장판에서 각각 이루어지므로 골절부의 자연교정 공헌도는 자연 교정량에 대한 골절부의 각변형의 차이가 되고 성장판에서의 자연교정 공헌도는 자연교정율을 100으로 하였을 때 골절부의 자연교정 공헌도를 뺀 값이 된다. 근위 성장판과 원위 성장판의 자연교정 공헌도는 최종추시 방사선상 건측과 비교하여 변화된 환측의 각만큼 비례하게 성장판 자연교정 공헌도에서 나누었다. 이를 수식화 하면 다음과 같다.

골유합시 골절부의 각 : A

골유합시 양측 성장판 간각의 차이 : B

최종추시시 골절부의 각 : C

최종추시시 양측 성장판 간각의 차이 : D

1) $A = B$

2) 자연 교정된 양 : $A - D$

3) 자연 교정율 : $(A - D) / A \times 100 (\%)$

4) 골절부 자연교정 공헌도 : $(A - C) / (A - D) \times 100 (\%)$

5) 성장판 자연교정 공헌도 : $[1 - (A - C) / (A - D)] \times 100 (\%)$

Fig 1.

- A.** An lateral radiograph of the femur of a 4 year-old child shows 18° anterior angulation at the fracture site after 8 weeks of injury.
- B.** After 46 months of injury, this radiograph shows 1° residual differences of interphyseal angle and 94% of remodelling rate

Fig 2.

- A.** An anteroposterior radiograph of the femur of a 5 year-old child shows 18° varus deformity at the fracture site after 9 weeks of injury.
- B.** After 30 months of injury, the radiograph shows 1° residual differences of interphyseal angle and 94% of remodelling rate

통계처리는 student t-test와 wilcoxon signed rank test를 이용하여 유의성을 검증하였다.

중 례

중례 1.

4세 남자 환아로 교통사고에 의한 좌측 대퇴골

간부골절이 발생하여 수상일로부터 8주째 골유합 소견과 함께 18° 전방 각형성 소견이 보였으며 최종추시 46개월에 양측 성장판 각각의 차이 1°, 골절부의 전방 각형성 12°, 재형성을 94%를 나타냈으며 골절부와 성장판에서 각각 35%와 75%의 각 변형의 재형성을 나타내었다(Fig 1-A,B).

중례 2.

5세 여자 환아로 교통사고에 의한 우측 대퇴골 간부골절이 발생하여 수상일로부터 9주째 골유합 소견과 함께 18° 내반변형 소견이 관찰되었으며 최종추시 30개월에 양측 성장판 각각의 차이 1°, 골절부의 내반변형 12°, 재형성을 94%를 나타냈고 골절부와 성장판에서 각각 35%와 75%의 내반 변형의 재형성을 나타내었다(Fig 2-A,B).

결 과

골유합시 각변형의 방향은 전방 각형성이 9례

로 평균 20°, 내반 변형이 6례로 평균 15°, 외반 변형이 1례로 12°순 이었으며 평균 34개월 추시결과 자연교정율은 84% 였다(Table 1). 자연교정의 과정에 영향을 미칠 수 있는 인자에 대해 분석해보면 다음과 같다.

1) 교정부위

골절부에서 34%, 근위 성장판에서 36%, 원위 성장판에서 30%가 자연교정에 공헌하여 성장판에서의 공헌도가 골절부의 공헌도 보다 컸으며 binomial probability test 결과 통계적 유의성이 입증되었다($p < 0.05$). 그러나 3례에서는 성장판과 골절부의 공헌도가 같았고 1례에서는 골절부에서의 자연교정은 없었다.

2) 각변형의 방향

전방 각형성은 골절부에서 평균 6° 교정이 되었으며 자연 교정율은 86%, 내반 변형은 골절부에서 평균 4° 교정되고 자연교정율은 79%를 나타내서 관절운동과 같은 방향인 전방 각형성의 자연 교정이 더 잘되는 것으로 나타났으며 외반변형은 증례가 적어 내반변형과 비교할 수 없었다.

Table 1. Summary of patients

No. of cases	Age/Sex	Fx. site angulation at union(°)	Residual differences of IP** angle(°)	Residual angulation at Fx. site(°)	Rate of remodelling (%)	Contribution to remodelling(%)			F/U (months)
						Fx. site	Prox.	Distal	
1	3/M	22 ant	2	12 ant	91	50	28	22	32
2	4/M	18 ant	1	12 ant	94	35	53	22	46
3*	4/M	20 ant	1	12 ant	90	44	26	30	36
		12 valgus	2	8 valgus	92	36	36	28	
4	5/F	18 varus	1	12 varus	94	35	37	28	30
5	5/M	22 ant	2	18 ant	91	20	42	38	38
6	6/F	12 varus	2	8 varus	83	40	28	32	25
7	7/M	14 varus	2	10 varus	86	33	36	31	44
8	7/M	20 ant	4	12 ant	80	50	18	32	28
9	7/F	24 ant	2	14 ant	92	45	25	30	40
10	8/M	20 ant	4	16 ant	80	25	32	37	37
11	8/M	16 varus	4	12 varus	75	33	39	28	24
12	9/M	12 varus	2	10 varus	83	20	27	53	52
13	10/F	20 ant	4	16 ant	80	25	53	22	35
14	10/F	16 ant	4	16 ant	75	-	57	43	27
15	12/M	16 varus	8	14 varus	50	50	35	15	42
Mean		18		13	84	34	36	30	34

* Two planes angular deformity

** Interphyseal

3) 기간

추시관찰 기간이 각 환자의 나이, 각변형의 방향 및 정도에 따라 달라 기간에 따른 교정율의 변화는 비교할 수 없었다.

4) 나이

6세이하 환자의 교정율이 91%, 7세이상 환자의 교정율이 78%로 추시기간의 차이가 있기는 하지만 나이가 어릴수록 자연교정이 잘되었으며 통계적으로 유의하였다($p<0.05$).

5) 각변형의 각도

골유합시 20° 이상 각변형이 있던 7례에서 교정율 86%, $10\sim19^\circ$ 의 각변형이 있던 9례에서 교정율 81%로 각변형이 클수록 자연교정이 잘되었다.

고 찰

소아에서 대퇴골 간부 골절은 단일 질환으로는 가장 오랜 입원기간을 요하며 환자 및 보호자에게 극적인 타격을 주지만 대부분 심한 합병증이나 후유증 없이 조기에 골 유합을 얻는다⁷⁾. 소아의 골은 원발성 직골에서 성숙 충판골로 재형성되며 골의 직경과 단면적이 커지면서 강도 또한 커지는데 유아기에는 대퇴골이 약해서 정상적인 놀이도중의 과도한 하중의 상황에서도 대퇴골절이 일어날 수 있으나 청소년기에는 교통사고와 같은 고에너지 손상이 있어야 대퇴골절이 발생할 수 있다¹⁵⁾. 성장하는 장관골의 각형성이 재형성되는 기전은 잘 알려져있지 않지만 골절부위에서의 각변형의 교정은 장골의 압박력을 받는 부분 즉, 피질골의 오목한 요부에서 부가적인 신생골 형성이 일어나고 신장력을 받는 부분 즉, 피질골의 볼록한 철부에서 골 흡수가 일어난다는 볼프의 법칙 (Wolff's law)²⁰⁾으로 설명되고 성장판에서의 각변형의 교정은 각변형에 의한 비균형적인 압박력과 신장력으로 성장판의 성장 차이를 일으킨다는 Hueter-Volkmann의 법칙^{9,18)}으로 설명되어지고 있다.

골유합시의 각변형의 허용범위에 대해서는 다양한 의견이 제시되고 있는데 Neer와 Cadman¹⁴⁾과 Griffin등⁷⁾은 전후방 혹은 내측방 각형성이

20° 이내이면 재형성된다고 하였고 Barford와 Christensen⁴⁾은 25° 이하의 각형성은 허용할 수 있다고 하였으며 Irani등¹⁰⁾은 30° 의 전방 각형성과 15° 내측 각형성은 크게 문제가 되지 않는다고 하였고, Malkawi등¹³⁾은 20° 의 내외측 각형성과 30° 의 전후방 각형성은 만족스럽게 교정된다고 하였다. 그러나 이러한 보고들은 골절부의 재형성만을 관찰한 결과로 성장판에서의 재형성을 고려하지 않았다는 단점이 있다.

Karaharju등¹¹⁾은 개의 경골 골절의 각변형에서 성장판 성장의 차이로 각변형의 50%가 재형성되었다고, Abraham³⁾은 비비의 전완골과 경골 골절에서 33-47%가 성장판에서 25-45%가 골절부에서 각형성이 재형성되었다고 보고하였다. 정등²⁾과 Wallace와 Hoffman¹⁹⁾은 성장판의 재형성을 고려하여 방향에 관계없이 25° 이하의 각변형은 허용할 수 있다고 보고했고, 본 연구에서도 $10\sim24^\circ$ 골절부의 각변형이 장기 추시결과 성장판과 골절부 모두에서 재형성되어 환자가 보행시 불편함이 없었고 미관상 뚜렷한 변형을 나타내지 않았다. Wallace와 Hoffman¹⁹⁾은 각변형의 재형성은 성장판에서 74%의 공헌도를 보여 골절부의 공헌도보다 훨씬 컸다고 하였으며 이는 어느정도 수상당시 연령과 관계가 있으며 각형성의 방향도 골절주위 관절의 운동방향과 같을 때 재형성이 잘되는 것으로 보고하고 있고 박등²⁾과 정등¹⁾도 성장판에서의 재형성이 골절의 자연교정에 기여하는 바가 크다고 하였으며 본 연구에서도 성장판의 공헌도와 골절부위의 공헌도가 각각 66%와 34%로 성장판에서의 재형성이 골절의 자연교정에 크게 기여했으며 전방 각변형의 재형성율이 84%로 내측 각변형의 재형성율의 79%보다 높았다. 일반적으로 환자의 연령이 어릴수록 재형성이 잘되는 것으로 보고되고 있고 본 연구에서도 6세 이하 환자의 재형성율이 그이상의 환자보다 높았으며 따라서 연령이 증가 할수록 각변형의 허용범위도 좁아져 전후방 각형성은, 2세까지의 유아는 $30\sim40^\circ$ 까지 허용하지만 연장아나 청소년의 경우는 10° 이하로 제한하고, 내외반 변형은 유아에서 $20\sim30^\circ$, 5세까지는 $15\sim20^\circ$ 그 이상은 10° 이하로 제한하고 있다. Viljanto등¹⁷⁾과 Malkawi등¹³⁾은 재형성은 골

절후 5년이상 지속된다고, Wallace와 Hoffman¹⁹⁾은 골절후 6년 이내에 100% 재형성이 된다고 보고하였으나 본 연구는 추시기간의 제한으로 재형성의 완성시기에 대해서는 알 수 없었다.

결론

1992년 1월부터 1995년 12월까지 편측 대퇴골 간부 골절로 조선대학교 부속병원에 입원하여 보존적 치료를 받은 환자중 24개월 이상 추시 관찰이 가능했던 15명 16례를 대상으로 치료후 발생한 각변형의 재형성에 대한 분석결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 평균 자연교정율은 84%였고 각변형은 골절 부 보다 성장판에서 더 많이 재형성되는 것으로 나타났다.
2. 각변형의 방향은 전후방 각형성이 내외측 각형성 보다 더 많이 재형성되는 것으로 나타났다.
3. 환자의 나이가 어릴수록 재형성이 잘 이루어졌으며 각변형이 클수록 자연교정이 많이 되었다.

REFERENCES

- 1) 박승림, 김형수, 강준순, 이우형, 전현양: 소아 대퇴골 간부 골절 치료시 과도 성장 및 재형성. *대한골절학회지*, 10:226-232, 1997.
- 2) 정영기, 유정환, 송백웅, 박용욱, 노규철: 소아 대퇴골 간부 골절후 발생한 각 변형의 자연교정: 예비보고. *대한정형외과학회지*, 30:1382-1388, 1995.
- 3) Abraham E: Remodelling potential of long bones following angular osteotomies. *J Pediatr Orthop*, 9:37-43, 1989.
- 4) Barfod B and Christensen J: Fractures of the femoral shaft in children with special reference to subsequent overgrowth. *Acta Chir Scand*, 116: 235-250, 1958-9.
- 5) Brouwer KJ, Molenaar JC and van Linde B: Rotational deformities after femoral shaft fractures in childhood: a retrospective study 27-32 years after the accident. *Acta Orthop Scand*, 52:81-89, 1981.
- 6) Clement DA and Colton CL: Overgrowth of the femur after fracture in childhood: an increased effect in boys. *J Bone Joint Surg*, 68-B:534-536, 1986.
- 7) Griffin PP, Anderson M and Green WT: Fractures of the shaft of the femur in children: treatment and results. *Orthop Clin North Am*, 3: 213-224, 1972.
- 8) Henderson J, Goldacre MJ, Fairweather JM and Marcovitch H: Conditions Accounting for Substantial Time Spent in Hospital in Children Aged 1-14 Years. *Arch Dis Child*, 67:83-86, 1992.
- 9) Hueter C: Anatomische studies an den Extremitäten g Elenken neugeborene und Erwachsene. *Virchows Arch*, 25:572-599, 1862.
- 10) Irani RN, Nicholson JT and Chung SMK: Long-term results in the treatment of femoral-shaft fractures in young children by immediate spica immobilization. *J Bone Joint Surg*, 58-A:945-951, 1976.
- 11) Karaharju EO, Ry ppy SA and M kinen RJ: Remodelling by asymmetrical epiphyseal growth: an experimental study in dogs. *J Bone Joint Surg*, 58-B:122-126, 1976.
- 12) MacEwen GD, Kasser JR and Heinrich SD: *Pediatric fractures*, Baltimore, Williams & Wilkins, 281, 1993.
- 13) Malkawi H, Shannak A and Hadidi S: Remodelling after femoral shaft fractures in children treated by modified Blount method. *J Pediatric Orthop*, 6:421-429, 1986.
- 14) Neer CS II and Cadman EF: Treatment of the fractures of the femoral shaft in children. *JAMA*, 162:634-637, 1957.
- 15) Reynolds DA: Growth changes in fractured long bones: a study of 126 children. *J Bone Joint Surg*, 63-B:83-88, 1981.
- 16) Schink R: Basic Histomorphology and Physiology of Skeletal Growth. (In Weber, B., Brunner, C. and

Frueler, F. eds. *Treatment of Fractures in Children and Adolescents*, New York, Springer-Verlag : 3-19, 1980.)

- 17) **Viljanto J, Kiviluoto H and Paananen M** : Remodelling after femoral shaft fracture in children. *Acta Chir Scand*, 141:360-365, 1975.
- 18) **Volkmann R** : Chirurgische Erfahrungen über knochenverbiegungen und Knochenwachsthum.

Arch Pathol Anat, 4:512-540, 1862.

- 19) **Wallace ME and Hoffman EB** : Remodelling of angular deformity after femoral shaft fractures in children. *J Bone Joint Surg*, 74-B:765-769, 1992.
- 20) **Wolff J** : Das Gesetz der Transformation der Knochen. Berlin : Verlag von August-Hirschwald. 1892.