

소아 대퇴골 간부 골절의 치료법에 따른 과성장 비교: 유연 골수강내 고정술과 외고정술

A Comparison of Overgrowth after Treatment for Pediatric Femoral Shaft Fractures: Flexible Intramedullary Nailing versus External Fixation

김하용 • 이상민 • 박경훈 • 최원식

을지대학교 의과대학 정형외과학교실

목적: 소아에서 대퇴골 골절 치료 후 과성장은 흔하게 발생하는 문제이나 치료방법에 따른 과성장의 정도 차이에 대해서는 논란이 있다. 본 연구에서는 유연 골수강내 고정술과 외고정술 사이의 과성장 정도를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법: 대퇴골 간부 골절 후 유연 골수강내 고정 또는 외고정기를 이용하여 치료를 받은 2-10세 소아 중 2년 이상 추시가 가능하였던 26예를 대상으로 하였다. 유연 골수강내 고정술로 치료한 환자가 13예, 외고정술로 치료한 환자가 13예였다. 대퇴골의 과성장, 임상결과 및 합병증을 분석하였다.

결과: 유연 골수강내 고정 및 외고정기로 치료 받은 환자 모두에서 유합을 얻었으며 과성장 외의 합병증은 관찰되지 않았다. 유연 골수강내 고정으로 치료받은 환자의 대퇴골 과성장은 평균 4 mm (-6-13 mm)였고 외고정기로 치료 받은 환자는 평균 3 mm (-13-13 mm)였으며 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다. 10 mm 이상의 과성장은 유연 골수강내 고정술로 치료하였을 때 3예, 외고정기로 치료하였을 때 1예 발생하였다.

결론: 소아 대퇴골 골절 치료 후 과성장은 유연성 골수강내 고정으로 치료한 경우나 외고정기를 이용하여 치료한 경우 모두에서 발생하는 문제이며 두 방법 사이에 유의한 과성장 정도 차이는 없었다.

색인단어: 대퇴골, 대퇴골 골절, 과성장, 유연 골수강내 고정술, 외고정술

서 론

소아 대퇴골 간부 골절은 임상적으로 흔히 접하게 되는 골절이다. 치료방법으로는 견인 후 석고 고정과 같은 비수술적 치료와 유연 골수강내 고정술, 금속판 내 고정술, 외고정장치를 이용한 고정술, 교합성 골수정 등의 수술적 치료까지 다양한 방법이 이용되고 있는데, 최근에는 환자의 빠른 학교로의 복귀와 가족의

사회적 복귀를 위해 수술적 치료의 이용이 점차 증가되고 있는 추세이다.^{1,2)} 여러 수술적 치료법 중에서도 특히 유연 골수강내 고정술이나 외고정술은 수술 술기가 간단하고 좋은 치료 결과가 보고되고 있어 널리 사용되고 있다.^{3,4)}

많은 연구에서 소아 대퇴골 간부 골절에 대하여 양호한 수술적 치료 결과를 보고하고 있으나 골절 치료 후 환측 하지의 과성장으로 인해 발생하는 하지부동은 여전히 해결되지 않은 문제이다.^{5,6)} 환측 하지의 과성장은 일반적으로 골절부의 유합과정에서 일어나는 혈류 증가에 의해 성장판이 자극을 받아 일어난다고 여겨지며,⁷⁾ 연령이나 골절의 양상 등의 영향을 받는다고 보고되고 있다.⁸⁻¹⁰⁾ 수술적 치료 방법 또한 과성장 정도에 영향을 미칠 수 있는 인자로 여겨지나 아직까지 수술 방법에 따른 과성장 차이에 대한 연구는 미미하였다. 이에 본 연구에서는 소아 대퇴골 간부 골절의 대표적인 수술적 치료 방법인 유연 골수강내 고정술로 치

접수일 2011년 12월 25일 수정일 2012년 4월 21일

게재확정일 2012년 7월 2일

교신저자 이상민

대전시 서구 둔산서로 95, 을지대학병원 정형외과학교실

TEL 042-611-3271, FAX 042-259-1289

E-mail smlee@eulji.ac.kr

*본 논문의 요지는 2011년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

료하였을 경우와 외고정술로 치료하였을 경우의 과성장 정도를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2004년 1월부터 2008년 2월까지 대퇴골 간부 골절 후 유연 골수강내 고정술이나 외고정 장치로 수술적 치료를 받은 2세에서 10세 사이의 환자 36예 중에서 24개월 이상 추시가 안 된 8예, 동측 경골에 골절 과거력이 있었던 1예, 그리고 같은 부위에 골절 과거력이 있었던 1예를 제외한 26예를 대상으로 하여 의무기록 및 방사선촬영 결과를 후향적으로 분석하였다. 5세 미만의 아동에 대

해서는 고수상석고 고정 또는 견인 후 고수상석고 고정으로 치료하는 것을 원칙으로 하였으나 두 명의 환자에서는 수술적 치료를 시행하였는데, 한 환아는 심한 아토피가 있었고 다른 한 환아는 병원 환경에 대한 공포증이 있어 견인 및 고수상석고 고정 치료가 어려워 수술적 치료를 시행하였다. 유연 골수강내 고정술로 치료한 환아가 13예(골수정균), 외고정술로 치료한 환아가 13예(외고정균)였으며, 하지부동을 초래할 수 있다고 알려진 신경 섬유종증, 동정맥 이상, 혈관종 등의 과거력이 있는 환자는 없었다.

성별은 남아가 20명, 여아가 6명이었고, 평균 연령은 6.18세(2-10세). 평균 추시기간은 2.6년(2-6.5년)이었다. 골절의 원인으로는 교통사고가 12예로 가장 많았고, 추락사고가 5예, 기타 외상이 9예였다. 26예 중 4예에서 동반손상이 있었는데 두개골골절, 하악골절, 쇄골골절 그리고 중수골골절이 각각 동반되었다. 치료방법 선택에 제한을 줄 수 있는 개방성 골절, 혈관 손상, 심각한 다발성 골절 등의 예는 없었다. 골절의 형태는 횡골절이 20예(77%), 사상 혹은 나선상 골절이 4예(15%)였고, 분쇄성 골절이 2예(8%)였다(Table 1).

Table 1. Demographics and Clinical Status of the Patients

	Flexible intramedullary nailing group	External fixation group	p-value
Age (yr)	5.9±2.8 (2-10)	6.6±0.9 (5-8)	0.410*
Gender (male/female)	11/2	9/4	0.645†
Follow-up duration (yr)	2.8±1.3 (2-6.5)	2.4±0.6 (2-3.8)	0.406*
Fracture pattern			
Transverse	12	8	
Oblique or spiral	1	3	
Comminuted	0	2	

Values are presented as mean±standard deviation (range) or number.

*Wilcoxon Mann-Whitney test, †Fisher exact test.

2. 수술방법

모든 수술은 동일 술자에 의해 이뤄졌다. 골수정균은 모두 폐쇄적 정복을 시행하였으며 유연 골수정균 Khai nail (U&I, Uijeong-bu, Korea) 2-3개를 경피적인 방법으로 골단판 근위부에서 역행 삽입하여 고정하였다(Fig. 1). 금속정의 굵기는 대퇴골 직경의 1/3 정도를 선택하였으며, 일단 두 개의 금속정을 삽입한 후 고정력이 불충분하다고 판단되는 경우에는 금속정을 하나 더 추가하였다. 내측 금속정은 과간선을 지나거나 대퇴골 근위부의 피질골을

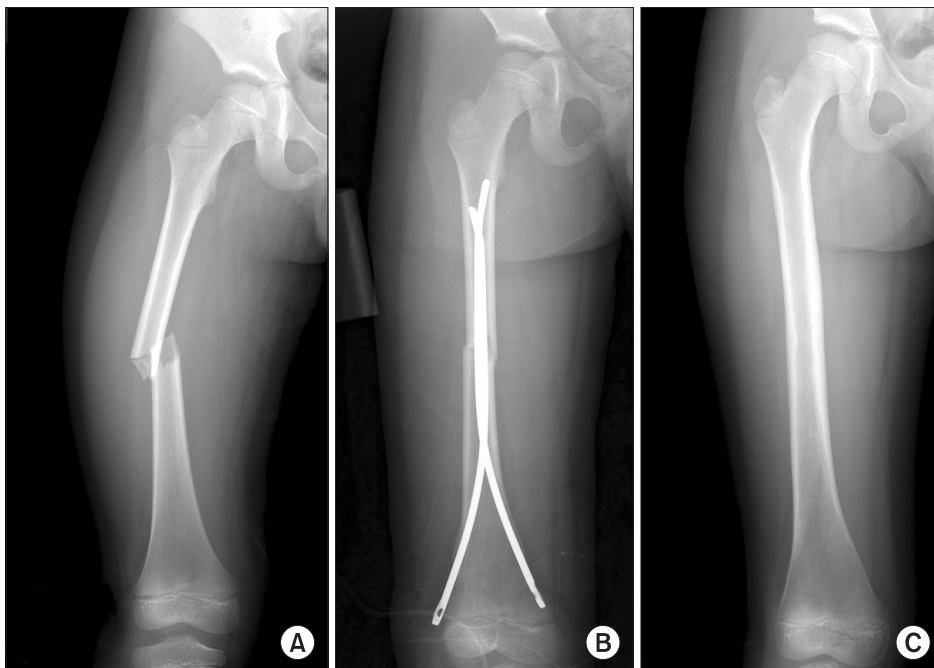


Figure 1. (A) A transverse diaphyseal femoral fracture in a 7-year-old boy. (B) Flexible intramedullary nail was applied. (C) Radiograph at 14 months after the fracture.

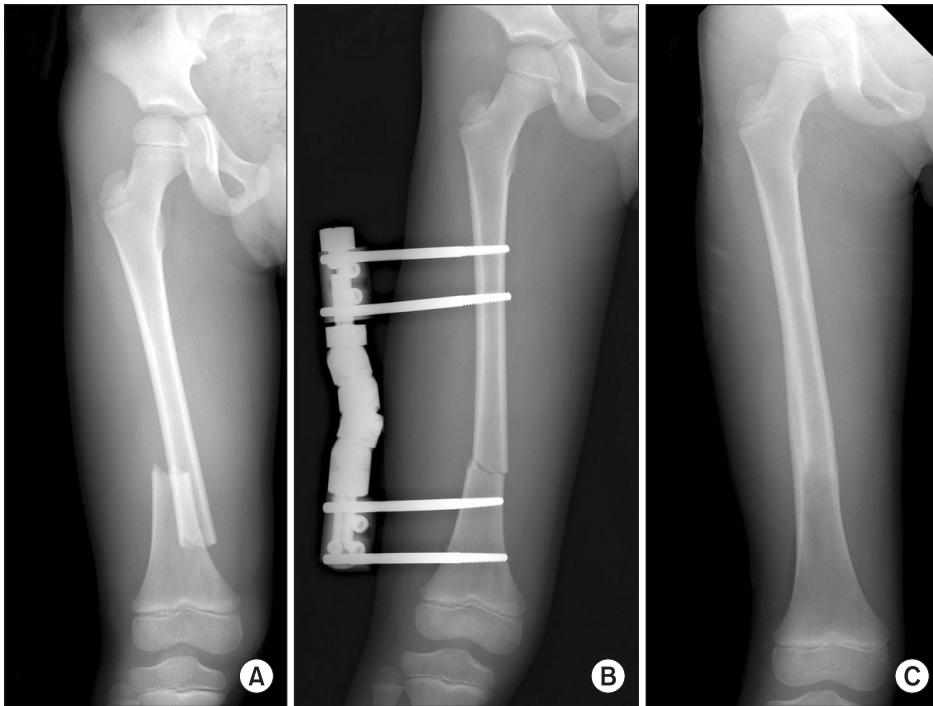


Figure 2. (A) A transverse diaphyseal femoral fracture in a 7-year-old boy. (B) External fixator was applied. (C) Radiograph at 15 months after the fracture.

뚫도록 하였다. 추가적인 석고붕대 고정에는 시행하지 않았다. 외고정군은 모두 DynaFix® System (Biomet, Parsippany, NJ, USA)을 사용하였으며, 골절 근위부 및 원위부에 2-3개의 핀을 삽입하여 단단 정렬로 정복하였다(Fig. 2). 수술 방법은 대퇴골 간부 중간부위의 단순 횡골절인 경우에는 유연 골수강내 고정술을, 복합 골절의 경우에는 외고정술을 시행하는 것을 원칙으로 하였으며 이외에는 임의로 수술 방법을 선택하였다. 수술시간은 골수정군은 평균 47분(32-68분) 소요되었으며, 외고정군은 평균 51분(35-72분) 소요되었다. 양 군 모두 수술 후 2-3일째에 휠체어 이동과 슬관절의 운동을 시작하였고, 일주일부터 평행봉과 목발을 이용한 보행을 시작하였다. 유연 골수강내 정은 수술 후 평균 약 6개월(4-8개월)에 제거하였고, 외고정기는 평균 11주(8-16주)에 제거하였다. 외고정기 제거 시에는 재골절을 줄이기 위하여 우선 Bar만 제거한 후 슬관절 운동 및 부분 체중부하가 가능한지를 확인하고 나서야 핀을 제거하였고, 외고정기 제거 후에도 3주간 장하지 석고 부목으로 추가 고정을 시행하였다.

3. 평가방법

수술 후 6주, 3개월, 6개월, 12개월, 24개월, 36개월에 슬관절 운동 범위, 파행여부 등을 확인하였다. 대퇴골 전후방, 측면 그리고 사면 촬영으로 골유합 및 성장판 손상 동반 여부를 확인하였다. 골유합은 가골이 충분히 성숙하여 골소주 소통이 소실되었거나 골절부 골 돌레의 3/4 이상이 폐쇄된 것을 기준으로 하였다.

수술시 대퇴골이 단축 또는 신연되어 고정되지는 않았는지 확인하기 위하여 수술 후 2주 이내에 촬영한 대퇴골 전후방, 측면

방사선사진에서 골절부위의 길이 변화를 측정하였다. 특히 유연 골수강내 정으로 수술한 경우에는 수술 후 1주일 정도 체중부하를 하여 유격이 있던 골절부가 접촉이 되도록 한 후 방사선촬영을 하여 길이를 측정하였다. 또한 수술 후 24개월에서 36개월 사이에 촬영한 Bell-Thompson 영상에서 대퇴골 및 경골의 길이를 측정하였다. 대퇴골의 길이는 대퇴골두의 상위점부터 원위 대퇴골 내과의 하위점까지의 길이로 정하였고, 경골의 길이는 경골 내과의 상위점과 거골의 경거골 관절면의 중간점까지의 거리로 정하였다. 과성장 길이는 환측 대퇴골 및 경골의 길이와 건측 길이의 차이로 정하였다.

종합적인 치료 결과는 Flynn 등¹¹⁾이 사용한 titanium elastic nail (TEN) outcome scoring을 사용하여 '우수(excellent)', '양호(satisfactory)', '불량(poor)'으로 분류하였다. 하지부동이 1 cm 미만, 부정정렬 5도 미만, 그리고 통증 및 다른 합병증이 없는 경우를 '우수'로 하였고, 하지부동 2 cm 이상, 부정정렬 10도 이상, 통증 및 중요 합병증이 발생하였을 경우를 '불량', 그리고 '우수'와 '불량' 사이에 해당하는 경우를 '양호'로 판정하였다.

통계분석은 Wilcoxon Mann-Whitney test 및 Fisher exact test를 이용하였고 유의확률이 0.05 이하인 것을 유의하다고 판단하였다.

결 과

모든 예에서 초기 정복의 소실 없이 유합이 이루어졌으며, 지연 유합이나 불유합은 발생하지 않았다. 유연 골수강내 정이나 외고

정장치 제거 후에 재골절이 발생한 예도 없었다. 경과 관찰 중에 성장판 손상이 의심되는 예는 전혀 없었다. 건측에 비하여 10도 이상의 슬관절 운동범위 감소를 보이는 경우는 없었으며, 보행 이상을 보이는 예도 없었다. 외고정군에서는 일부에서 정도의 핀 삽입부 감염이 있는 경우는 있었으나 수술이나 항생제 정맥주사 등이 필요할 정도의 심한 핀 삽입부 감염은 없었다. 골수정군에서도 골수정이 돌출되어 피부미란 등의 합병증이 발생한 예는 없었다. 유합 후 유연 골수강내 정이나 외고정장치를 제거하는 시술 외에 추가적인 시술이 필요한 예는 없었다.

수술 후 2주 이내에 촬영한 사진에서 골수정군은 0 mm (-2-5 mm), 외고정군은 1 mm (-1-6 mm) 단축만이 있어 수술시 길이변화는 크지 않음을 확인하였다. 수술 후 24개월에서 36개월 사이에 촬영한 Bell-Thompson 영상에서 측정된 대퇴골의 길이는 골수정군에서는 환측이 건측에 비하여 4 mm (-6-13 mm) 더 길었고 외고정군에서는 3 mm (-13-13 mm) 더 길었으며 두 군 사이에 의미 있는 차이는 없었다($p=0.532$). 20 mm 이상 과성장인 예는 전혀 없었으나, 10 mm 이상 과성장인 예는 골수정군에서 3예, 외고정군에서 1예 있었으며, 반대로 10 mm 이상 저성장이 일어난 예는 외고정군에서만 1예 있었다. 10 mm 이상 과성장이 발생한 4예는 모두 골절 양상이 횡골절이었으며, 10 mm 이상 저성장이 발생한 1예는 커다란 나비골편을 갖는 분쇄골절이었다. 경골의 길이는 골수정군에서는 환측이 건측에 비하여 1 mm (-3-6 mm) 더 길었고 외고정군에서도 환측이 1 mm (0-4 mm) 더 길었으며, 대퇴골과 마찬가지로 의미 있는 차이는 없었다. 경골에서는 건측과 환측의 길이차이가 10 mm 이상 나는 예는 없었다.

골절의 유형에 따라 분석해 보았을 때는 횡골절(20예)에서는 환측에서 건측에 비하여 평균 5 mm (-6-13 mm) 과성장이 이뤄졌으며, 사상 혹은 나선상 골절(4예)에서는 평균 2 mm (1-2 mm) 과성장이 이뤄졌다. 그리고 분쇄골절에서는 13 mm 저성장 및 9 mm 과성장이 관찰되었다. 횡골절 20예 중에서 12예는 골수정으로 8예는 외고정장치로 치료하였는데 골수정으로 치료한 경우에는 5 mm (-6-8 mm), 외고정장치로 치료한 경우에도 5 mm (-2-13 mm)로 유사한 양의 과성장이 관찰되었다.

Flynn 등¹¹⁾의 TEN outcome scoring에 따른 분석 결과는 골수정군은 8예에서 '우수', 5예에서 '양호'였고, 외고정군은 5예에서 '우수', 8예에서 '양호'의 결과를 보여 골수정군이 외고정군에 비하여 양호한 결과를 보였으나 통계적 유의성은 없었다($p=0.434$).

고 찰

소아 대퇴골 간부 골절은 전통적으로는 견인 후 석고고정을 하는 비수술적 치료방법이 사용되어 왔으나 장기간 입원이 필요하며 환아 및 보호자의 정상적 생활이 어렵다는 문제점, 그리고 드물지 않게 나타나는 부정유합에 대한 우려가 있어 최근에는 수술적

치료 방법이 점차 더 선호되고 있다.^{1,2)} 수술적 치료 방법 중에는 유연 골수강내 정을 이용한 내고정 방법과 외고정기구를 이용한 수술법이 광범위하게 사용되고 있다.

유연 골수강내 정을 이용한 치료는 Ligier 등¹²⁾이 소개한 이래로 널리 사용되고 있는데, 수술절개부위가 작고 수술 술기가 비교적 간단하며 골절부에 적절한 움직임의 허락하여 가골 형성을 촉진시키는 장점이 있다. 하지만 일부에서는 약간의 각변형, 하지부동, 금속의 돌출로 인한 연부조직 자극 등의 합병증이 보고되고 있다.¹³⁾ 외고정을 이용한 수술법은 유연 골수강내 정을 이용한 치료와 마찬가지로 최소침습적이며 수술 술기가 수월한 장점이 있다.¹⁴⁾ 특히 개방성 골절이나 다발성 손상을 동반한 경우 유용하게 사용 가능하다. 하지만 외고정기로 치료하는 경우에는 핀 주위의 감염, 무릎의 강직, 하지부동 등의 합병증이 보고되고 있으며, 특히 외고정기 제거 후 재골절의 위험이 있기 때문에 대퇴골 간부의 단순 횡골절에서는 많이 사용되지 않고 있다.^{15,16)}

하지부동은 두 가지 수술 방법에서 공통적으로 발생하는 합병증으로서 골절로 인한 환측 하지의 과성장 때문에 발생한다. 이러한 과성장은 골절부의 유합 및 재형성기 동안에 발생하는 혈류 증가가 환측 하지의 성장판에 자극을 주어 발생한다고 받아들여지고 있으며,⁷⁾ 또한 골막의 벗겨진 정도도 과성장에 영향을 준다고 보고되고 있다.¹⁷⁾ 따라서 환측의 혈류 증가 및 성장판의 골형성 능력, 그리고 골막 손상 정도와 관련이 있는 골연령이나 골절의 양상 등은 과성장에 영향을 줄 수 있으며,⁸⁻¹⁰⁾ 대퇴골 골절의 치료 방법 역시 과성장 정도에 영향을 미칠 수 있을 것이다. 실제로 Park과 Park⁵⁾은 양측 하지의 길이가 유연 골수강내 정으로 치료한 경우 8 mm의 차이를 보이고 외고정 장치로 치료한 경우 12 mm 차이를 보여 외고정 장치로 치료한 경우에 과성장이 크다고 발표한 바 있다. 하지만 본 연구에서는 골절된 대퇴골의 길이가 골수정군은 4 mm, 외고정군은 3 mm의 과성장을 보여 양 군이 유사하였고, 10 mm 이상 과성장을 보인 경우는 오히려 골수정군에서 더 많았다. 이러한 차이는 Park과 Park⁵⁾의 연구에서는 외고정군의 평균 추시 기간이 골수정군에 비하여 18개월 가량 길었고, 유연 골수강내 정으로 수술한 경우에는 술 후 3-5주간 고수상 석고로 추가 고정을 하여 석고 고정 없이 술 후 1-2주부터 보행 연습을 시작한 본 연구의 골수정군에 비하여 골절부에 가해지는 외력이나 골절부 움직임이 적어 과성장 양상에 차이가 날 수 있을 것으로 생각한다.

Reynolds⁷⁾는 환측 하지의 혈류증가로 과성장이 일어나기 때문에 골절된 대퇴골의 동측 경골에서도 과성장이 나타난다고 발표한 바 있다. 본 연구에서도 일부에서는 환측 경골에서 과성장이 발생하였으나 1예에서만 5 mm 이상의 과성장이 있었을 뿐 대부분의 경우에는 미미하였다. 골절의 형태별로는 이전연구에서 본 연구와는 반대로 사상 또는 나선상 골절이 횡골절보다 과성장이 더 많이 발생한다고 보고한 바 있다.^{9,18)} 하지만 이는 비수술적 치

료를 시행한 연구이고, 단단정렬을 한 본 연구와 달리 초기단축이 많은 총검정렬로 치료한 연구이므로 그대로 적용하기가 어렵다. 외고정술로 치료하였던 분쇄 골절 2예는 9 mm의 과성장 및 13 mm의 저성장을 보여 분쇄골절의 경우에 다양한 과성장 정도를 보여줄 수 있었다. 물론 본 연구에서는 사상 또는 나선상 골절이 6예, 분쇄골절이 2예밖에 안되므로 골절 형태별 과성장 정도에 대하여 의미 있는 결론을 내리기 위해서는 더 많은 증례가 필요할 것이다.

골수정균 및 외고정균 모두 TEN outcome scoring에 따른 분석 결과에서 '양호' 이상의 좋은 성적을 보였다. 이는 골절의 치유력 및 재형성력이 큰 소아 골절의 특징도 있겠지만 다른 여러 연구에서 확인할 수 있는 것처럼 두 가지 술식 모두 신뢰할만한 수술법이므로 생각한다.^{3,4)} 간혹 보고되는 유연 골수강내 정수술 후의 약간의 각변형이나 금속 돌출로 인한 연부조직 자극, 그리고 외고정기로 치료 시의 핀 주위 감염 및 재골절 등의 합병증도 본 연구에서는 한 예도 발생하지 않았다. 이로 미루어 볼 때 이러한 합병증들도 주의를 충분히 기울이면 발생빈도를 줄일 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구에서는 과성장 정도를 평가하는 시기로 성장이 모두 끝난 후가 아닌 수술 후 2년에서 3년 사이로 정하였다. 이는 골절로 인한 성장자극이 골절 후 3개월에 최고에 다다르고 대퇴골 골절의 경우 18개월, 경골 골절의 경우에 15개월에 끝난다는 기존 연구로 볼 때 타당하다고 여겨진다.^{7,19)} 하지만 Shapiro²⁰⁾는 골절 후 2년 6개월에 85%에서 과성장이 안정되나 9%에서는 성장 종료까지 과성장 현상이 지속된다고 발표한 바 있다. 본 연구에서도 3년 이상 추시된 11예 중에서 4예에서는 과성장이 지속됨을 발견할 수 있었다. 따라서 성장이 끝난 시점에서 과성장을 평가한다면 대퇴골 골절 후의 과성장에 대하여 더 확실한 결론을 내리는 데 도움이 될 것이다.

이 연구의 제한점은 증례 숫자가 많지 않아 통계적 검정력이 높지 않다는 것, 그리고 수술 방법의 선택이 무작위적으로 이뤄지지 못하였다는 것이다. 앞으로 더 많은 증례를 대상으로 하는 무작위 배정 연구가 필요할 것이다.

결론

소아 대퇴골 간부 골절 치료 후 과성장은 유연성 골수강내 정으로 치료한 경우나 외고정기를 이용하여 치료한 경우 모두에서 발생하는 문제이며 두 방법 사이에 유의한 과성장 정도 차이는 없었다. 또한 20 mm 이상 과성장이 있는 경우는 없었고, 일부에서만 10 mm 이상의 과성장이 있었을 뿐 대부분 임상적 의미가 있는 과성장은 없었다. 두 가지 수술 방법 모두 적은 합병증 발생빈도를 보여 주었으며 좋은 임상 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 유연 골수강내 고정술이나 외고정술 모두 소아 대퇴골 간부 골절 치료

에 있어서 좋은 선택이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- Hughes BF, Sponseller PD, Thompson JD. Pediatric femur fractures: effects of spica cast treatment on family and community. *J Pediatr Orthop*. 1995;15:457-60.
- Greisberg J, Bliss MJ, Ebersson CP, Solga P, d'Amato C. Social and economic benefits of flexible intramedullary nails in the treatment of pediatric femoral shaft fractures. *Orthopedics*. 2002;25:1067-70.
- Evanoff M, Strong ML, MacIntosh R. External fixation maintained until fracture consolidation in the skeletally immature. *J Pediatr Orthop*. 1993;13:98-101.
- Flynn JM, Luedtke LM, Ganley TJ, et al. Comparison of titanium elastic nails with traction and a spica cast to treat femoral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86:770-7.
- Park SS, Park JB. Comparison of flexible intramedullary nailing with external fixation for treating pediatric femoral shaft fractures. *J Korean Orthop Assoc*. 2008;43:665-71.
- Bar-On E, Sagiv S, Porat S. External fixation or flexible intramedullary nailing for femoral shaft fractures in children. A prospective, randomised study. *J Bone Joint Surg Br*. 1997;79:975-8.
- Reynolds DA. Growth changes in fractured long-bones: a study of 126 children. *J Bone Joint Surg Br*. 1981;63:83-8.
- Stilli S, Magnani M, Lampasi M, Antonioli D, Bettuzzi C, Donzelli O. Remodelling and overgrowth after conservative treatment for femoral and tibial shaft fractures in children. *Chir Organi Mov*. 2008;91:13-9.
- Jawish R, Kahwaji A, Dagher G. Overgrowth of femoral fractures in childhood. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2003;89:404-6.
- Galpin RD, Willis RB, Sabano N. Intramedullary nailing of pediatric femoral fractures. *J Pediatr Orthop*. 1994;14:184-9.
- Flynn JM, Hresko T, Reynolds RA, Blasier RD, Davidson R, Kasser J. Titanium elastic nails for pediatric femur fractures: a multicenter study of early results with analysis of complications. *J Pediatr Orthop*. 2001;21:4-8.
- Ligier JN, Metaizeau JP, Prevot J, Lascombes P. Elastic stable intramedullary nailing of femoral shaft fractures in children. *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70:74-7.
- Linhart WE, Roposch A. Elastic stable intramedullary nailing for unstable femoral fractures in children: preliminary results

- of a new method. *J Trauma*. 1999;47:372-8.
14. Kapukaya A, Subaşı M, Necmioğlu S, Arslan H, Kesemenli C, Yildirim K. Treatment of closed femoral diaphyseal fractures with external fixators in children. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1998;117:387-9.
 15. Miner T, Carroll KL. Outcomes of external fixation of pediatric femoral shaft fractures. *J Pediatr Orthop*. 2000;20:405-10.
 16. Gregory P, Pevny T, Teague D. Early complications with external fixation of pediatric femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma*. 1996;10:191-8.
 17. Stephens MM, Hsu LC, Leong JC. Leg length discrepancy after femoral shaft fractures in children. Review after skeletal maturity. *J Bone Joint Surg Br*. 1989;71:615-8.
 18. Shannak AO. Tibial fractures in children: follow-up study. *J Pediatr Orthop*. 1988;8:306-10.
 19. Gascó J, de Pablos J. Bone remodeling in malunited fractures in children. Is it reliable? *J Pediatr Orthop B*. 1997;6:126-32.
 20. Shapiro F. Fractures of the femoral shaft in children. The overgrowth phenomenon. *Acta Orthop Scand*. 1981;52:649-55.

A Comparison of Overgrowth after Treatment for Pediatric Femoral Shaft Fractures: Flexible Intramedullary Nailing versus External Fixation

Ha-Yong Kim, M.D., Sang Min Lee, M.D., Kyung-Hoon Park, M.D., and Won-Sik Choy, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Eulji University College of Medicine, Daejeon, Korea

Purpose: Overgrowth is a common complication after the treatment of pediatric femoral fractures. However, the effect of treatment methods on the overgrowth is controversial. We compared the amount of overgrowth between flexible intramedullary nailing and external fixation.

Materials and Methods: Twenty-six children with femoral diaphyseal fractures after a minimum 2 year follow-up were enrolled in this retrospective study. Thirteen patients were treated with flexible intramedullary nailing (FIN) group, and the other 13 patients were treated with external fixation (EF) group. The overgrowth of femur, clinical outcomes, and complications were evaluated.

Results: Union was obtained in all patients without major complications, except for overgrowth. Average overgrowth at the 2-year follow-up was 4 mm (–6–13 mm) in the FIN group, and 3 mm (–13–13 mm) in the EF group ($p=0.532$). Overgrowths of more than 10 mm were observed in four patients; three patients in the FIN group, and one in the EF group.

Conclusion: FIN and EF showed similar amounts of overgrowth, after the treatment for pediatric femoral fractures.

Key words: femur, femoral fractures, overgrowth, flexible intramedullary nailing, external fixation

Received December 25, 2011 **Revised** April 21, 2012 **Accepted** July 2, 2012

Correspondence to: Sang Min Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Eulji University Hospital, 95, Dunsanse-ro, Seo-gu, Daejeon 302-799, Korea

TEL: +82-42-611-3271 **FAX:** +82-42-259-1289 **E-mail:** smlee@eulji.ac.kr