

Locking Compression Plate[®]를 이용한 개방형 경골 근위부 절골술 단기 추시 결과

심재앙·이범구·김동구

가천의과학대학교 길병원 정형외과학교실

A Short Term Follow-up of Open Wedge High Tibial Osteotomy using Locking Compression Plate[®]

Jae Ang Sim, M.D., Beom Koo Lee, M.D., and Dong Koo Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Gachon University Gil Medical Center, Incheon, Korea

Purpose: To evaluate the value of an open wedge high tibial osteotomy (HTO) using a Locking Compression Plate[®] (LCP[®]) as a surgical technique.

Materials and Methods: From May, 2003 to January, 2005, eleven open wedge HTO using LCP[®] were performed and the average follow-up period was 17.8 months. The knee score and function score for the clinical results, and the degree of varus deformity, the size of the joint space, the posterior tibial slope and the medial instability for radiography results were evaluated.

Results: The knee score improved from 54.8 points to 95.9 points, and the function score improved from 57.3 points to 88.2 points. The femorotibial angle was corrected from 4.1° varus to 9.9° valgus. The posterior tibial slope did not show any significant change. The size of the joint space increased from 3.3 mm to 4.3 mm. No medial instability was observed.

Conclusion: An open wedge HTO using LCP[®] achieved a corrected angle, reduced loss of the corrected angle, and an improved knee function. The surgical technique prevented the posterior tibial slope from increasing.

Key Words: Knee, High tibial osteotomy, Open wedge, Locking Compression Plate[®]

서 론

내반 변형을 동반한 골관절염은 비정상적인 축형성으로 하중이 슬관절의 한 구획 특히 내측 구획으로 미쳐 관절 연골의 파괴가 일어나고 이러한 퇴행성 변화는 내반 변형을 더 악화시키는 악순환이 일어나게 된다^{13,20)}.

한 구획에 국한된 골관절염의 치료 중의 하나인 경골 근위부 절골술은 비정상적인 축을 옮겨 하중이 외측 구획으로 미치게 하여 동통을 감소시키고 기능을 향상시키며 퇴행성 변화의 진행을 지연시킬 수 있어 비교적 젊은 층의 활동적인 환자의 치료에 유용하게 이용할 수 있다^{5,6,9)}.

경골 근위부 절골술의 방법에는 폐쇄형 절골술과 개방형 절골술이 있으며 이 중 개방형 절골술은 정확한 교정각을 얻을 수 있고 근위 경비골 관절을 보존할 수 있고 하지 길이의 단축이 없으며 술식이 간단하다는 장점이 있다^{9,16)}.

저자들은 내반 변형이 동반된 골관절염에 있어서 Locking Compression Plate[®] (LCP[®], Synthes, Pennsylvania, USA)를 이용한 개방형 경골 근위부 절골술의 유용성과 수술 술기에 대해 알아보고자 하였다.

통신저자 : 이 범 구

인천광역시 남동구 구월동 1198
가천의과학대학교 길병원 정형외과학교실
TEL: 032-460-3384 · FAX: 032-468-5437
E-mail: bklee@gilhospital.com

Address reprint requests to

Beom Koo Lee, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, Gachon University Gil Medical Center,
1198, Guwol-dong, Namdong-gu, Incheon 405-760, Korea
Tel: +82,32-460-3384, Fax: +82,32-468-5437
E-mail: bklee@gilhospital.com

*본 논문의 요지는 2005년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2003년 5월부터 2005년 1월까지 내반 변형이 동반된 골관절염에 대해 LCP[®]를 이용한 개방형 경골 근위부 절골술을 시행한 환자 중 12개월 이상 추시가 가능하였던 11예를 대상으로 하였으며, 모든 환자는 동일한 술자가 시술하였다. 10예는 원발성 골관절염이었으며 1예는 외상 후 관절염이었다. 평균 연령은 43.5세(25-65세)였고, 평균 추시 기간은 17.8개월(12-22개월)이었다. 평균 수술 시간은 68분(53-94분)이었다.

2. 수술 방법

모든 예에서 관절경을 시행하였으며 연골 상태 및 동반 손상을 확인하였다. 손상된 관절면이나 연골판이 있는 경우에는 변연 절제술, 다발성 천공술, 반월상 연골 부분 절제술을 시행하였다.

관절경 시행 후 슬개건 내측부를 따라 종절개를 가한 후 거위 발 부착부를 박리하고 표재 내측 측부 인대를 경골 부위에서 박리하였다(Fig. 1A). 먼저 슬개건 부착 부위의 골절을 예방하기 위하여 경골 절절을 전방으로부터 약 1 cm 남겨두고 원위부로 1 cm 정도 전기톱(electric saw)을 이용하여 불완전 절골을 시행하였고 경골 내측 고평부 4 cm 원위부에서 외측 고평부 1 cm 원위부로 스타인만 핀 2개를 전, 후방에 삽입 후 이를 따라 전기톱과

절골도(osteotome)로 경골 외측 피질골은 남겨 두고 절골을 시행하였다. 절골 부위에 절골도를 연속적으로 삽입하여 신연시키고 신연기를 후내측에 장착하여 신연 시 경골 후방 경사도가 증가하지 않도록 하였다(Fig. 1B). 신연 정도는 내측 관절면의 연골 손상 정도에 따라 다르나, 영상 증폭 장치 전후면상에서 전기 소작선(electrocautery cable)을 이용하여 역학적 축(mechanical axis)을 만들고, 이 역학적 축이 슬관절의 중심에서 10-20% 정도 외측에 위치하도록 신연하였고, 측면상 미리 확인한 후방 경사에 유사하도록 정렬하였다. 정렬 확인 후 LCP[®]로 고정하였으며 동종골을 이식한 후 표재 내측 측부 인대와 거위 발을 재부착하였다.

수술 직후부터 관절 운동을 허용하였으며 체중 부하는 술 후 3개월에 시행하였다.

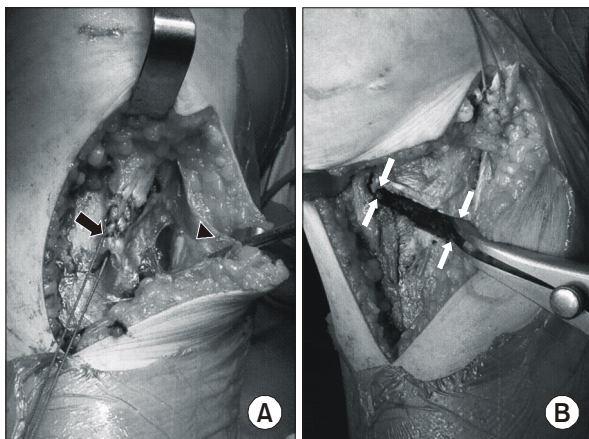


Fig. 1. Operative technique. (A) The pes anserinus was detached and the superficial MCL was detached from the proximal tibia (arrow: superficial MCL, arrow head: pes anserinus). (B) The increase in the posterior tibial slope was prevented by distracting the posterior site of the osteotomy.

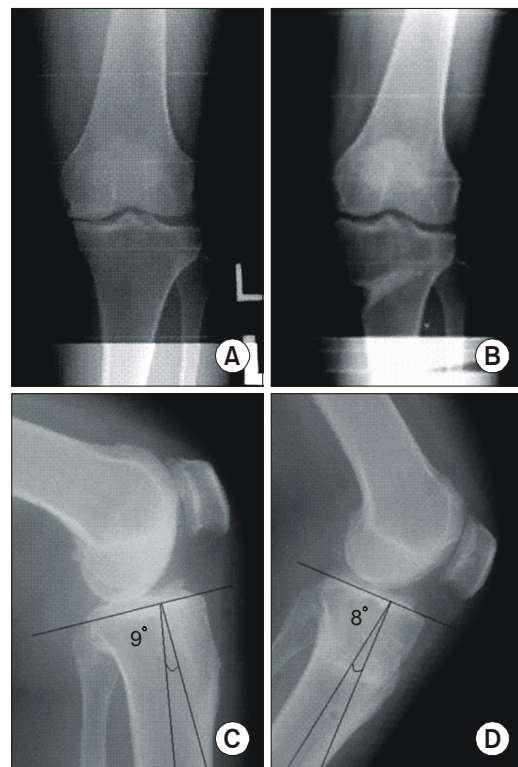


Fig. 2. A 43-year-old woman with left knee osteoarthritis. (A) Preoperative weight bearing anteroposterior view shows that the femorotibial angle is varus 4° and the size of the medial joint space was approximately 2 mm. (B) 2.5 years postoperative weight bearing anteroposterior view shows that the femorotibial angle is valgus 11° and the medial joint space has increased by 4 mm. (C) Preoperative lateral view shows that the posterior tibial slope is 9°. (D) 2.5 years postoperative lateral view shows that the posterior tibial slope is 8°.

3. 임상적 및 방사선학적 평가

임상적 평가는 슬관절 점수와 기능 점수를 이용하여 슬관절 기능을 평가하였고 감염, 피부 괴사, 불유합, 비골 신경 마비 등의 합병증을 평가하였다.

방사선학적 평가는 체중 부하 직립 전후 사진을 이용하였으며 Bauer 등²⁾의 방법에 의해 대퇴-경골각을 측정하였고, 관절 간격은 대퇴골의 양과와 경골의 양과를 잇는 선을 각각 그은 후 대퇴과의 가장 낮은 부위에서 경골의 양과를 잇는 선까지의 직각 최단 거리를 측정하여 관절 간격의 소실 정도 및 술 후 관절 간격 회복을 간접적으로 평가하였다^{7,25)}. 측면 방사선 사진상 경골 해부학적 축과 고평부의 수직선이 이루는 각으로 경골 후방 경사도를 평가하였다(Fig. 2). 0도, 30도 굴곡 외반 긴장 방사선 사진으로 내측 불안정성을 평가하였다(Fig. 3).

통계학적 분석은 SPSS (Version 11)를 이용하여 Wilcoxon signed rank 검사를 시행하였다. 유의 수준이 0.05 이하일 때 통계적으로 의의가 있는 것으로 판정하였다.

결 과

1. 임상적 평가

슬관절 점수는 술 전 평균 54.8 ± 13.7 점(26–72점)에서 최종 추시상 평균 95.9 ± 3.3 점(90–100점)으로 의의



Fig. 3. At postoperative 2.5 years, 0° (A) and 30° (B) valgus stress view does not show a significant difference, when compared with the opposite side.

Table 1. Patient's Profiles

Case No.	Sex/age	Tibiofemoral angle			Posterior slope			Knee score		Function score		Joint space distance	
		Preop.	Postop.	F/U	Preop.	Postop.	F/U	Preop.	F/U	Preop.	F/U	Preop.	F/U
1	F/52	-3	+11	+11	6	8	8	57	95	55	80	3.6	3.7
2	F/39	0	+13	+11	7	7	7	65	95	55	90	2.8	4.8
3	F/48	-7	+11	+11	10	9	9	72	98	65	95	2.4	4.9
4*	F/43	-2	+13	+10	5	7	7	26	100	40	95	3.5	4.8
5*	F/43	-2	+12	+9	8	6	6	60	100	50	90	2.8	4.0
6	F/43	-4	+11	+11	9	8	8	38	92	45	85	4.2	4.7
7	F/23	-8	+8	+7	9	7	8	50	90	65	85	3.8	4.8
8	F/54	-5	+14	+12	8	4	4	48	95	60	100	3.8	3.6
9	F/50	-6	+9	+8	13	9	10	60	100	65	90	1.9	3.8
10	F/58	-2	+11	+9	10	8	10	70	95	65	80	4.4	4.6
11	F/65	-6	+11	+10	14	9	13	57	95	65	80	3.4	3.9
Average		-4.1	+11.3	+9.9	9.0	7.5	8.2	54.8	95.9	57.3	88.2	3.3	4.3
p			0.003	0.003		0.07	0.208		0.003		0.003		0.007

-, varus tibiofemoral angle; +, valgus tibiofemoral angle 1; *, same patient.

있게 호전되었으며($p=0.003$), 기능 점수는 평균 57.3 ± 9.1 점(40–65점)에서 최종 추시상 평균 88.2 ± 6.8 점(80–100점)으로 유의 있게 호전되었다($p=0.003$, Table 1).

2. 방사선학적 평가

관절 간격은 술 전 평균 3.3 ± 0.8 mm에서 최종 추시상 평균 4.3 ± 0.5 mm로 유의 있게 유지되었다($p=0.007$). Bauer의 방법²⁾에 의해 측정된 대퇴-경골각은 술 전 평균 외반 4.1 ± 2.5 도(내반 8도–0도)에서 수술 직후 평균 외반 11.3 ± 1.7 도(외반 8도–외반 13도)였고 최종 추시상 평균 외반 9.9 ± 1.5 도(외반 7도–외반 12도)로 유의 있게 교정되었고($p=0.003$), 경골 후방 경사도는 술 전 평균 9.0 ± 2.7 도(5–14도)에서 수술 직후 평균 7.5 ± 2.3 도(4–13도)였고 최종 추시상 평균 8.2 ± 2.4 도(4–12도)로 유의 있는 차이를 보이지 않았다($p>0.05$, Table 1). 술 후 3개월에 확인한 0도, 30도 굴곡 외반 긴장 방사선 사진상 견착에 비해 각각 평균 0.1 mm (0–3 mm), 1.4 mm (0.2–4 mm)의 차이를 보여 유의 있는 내측 불안정성을 보이지 않았다($p>0.05$).

3. 합병증

지연 유합이나 불유합, 표재성 감염 또는 심부 감염, 피부 괴사, 비골 신경이나 혈관 손상 등의 합병증은 보이지 않았다. 4예(36.4%)에서 금속판의 피부 자극에 의한 불편함이 있었으나 금속판 제거 후 해소되었으며, 편측 절골술을 시행한 경우 다리가 길어진 듯한 느낌을 호소한 4예(36.4%)가 있었으나 실제 보행에는 파행(limping) 등의 이상 소견을 보이지 않았다. Insall-Salvati¹¹⁾는 술 전 평균 1.03 ± 0.16 에서 술 후 평균 0.96 ± 0.16 로 유의 있는 차이를 보이지 않았고, 전 예에서 술 전에 비해 슬개건의 길이도 유의한 변화를 보이지 않았으며, 임상적 증상을 보이지 않았다($p>0.05$).

고 찰

내반 변형을 동반한 골관절염의 치료로는 경골 근위부 절골술, 슬관절 부분 치환술 등이 있다. 경골 근위부 절골술의 방법으로는 폐쇄형 절골술과 개방형 절골술이 있다. 폐쇄형 절골술은 절골 부위의 유합이 빠르고 회복 기간이 빠른 반면 슬개골 하방 전위(patella baja), 비골 신경 손상, 비골 절골술 또는 근위부 경비 관절 해리술의 필요,

신전근의 분리, 과교정 시 하지 단축과 함께 추후 슬관절 전치환술 시 연부 조직 구축으로 인해 외측부 도달이 힘들고, 경골 근위 외측 골 결손으로 인한 변형으로 정확한 하지 정렬을 얻기 어려운 단점이 있다^{12,30,32)}. 반면 개방형 절골술은 어떤 근육의 분리 없이 경골 내측부의 골을 회복시켜 변형을 교정할 수 있어 추후 슬관절 전치환술이 용이하며, 하지의 단축이 없고, 비골 절골이 필요하지 않아 신경 혈관 합병증을 줄일 수 있으며, 술식이 간단하고, 초기 운동이 가능하다는 장점이 있으나 절골 부위의 피질 골 단절과 골이식이 필요하다는 단점 등이 있다^{9,14)}.

수술 술기 중 표재 내측 측부 인대를 박리함으로써 생길 수 있는 내측 불안정성은 Hernigou 등⁸⁾의 개방형 절골술 93예의 10–13년 추시에서 술 전 내측 불안정성을 가진 22예에서 최종 추시상 내측 불안정성을 보인 예는 7예에 불과하다고 보고하고 있고, 저자들의 경우 술 전 내측 불안정성을 보인 예는 없었으며 수술 도중 표재 내측 측부 인대 박리 후 확인한 외반 긴장 검사상은 30도에서 불안정성을 보였으나 술 후 3개월에 확인한 외반 긴장 방사선 사진상 유의 있는 내측 불안정성을 보인 예는 없었다($p>0.05$). 이는 Nicholas²²⁾가 말한 내측 측부 인대, 반막양근, 거위발, 그리고 후방 관절장의 사슬과 인대의 내측 사중 복합체 중 심부 내측 측부 인대, 반막양근과 후방 사슬과 인대에는 손상을 주지 않으며, 박리된 표재 내측 측부 인대와 거위 발을 철저하게 재부착시키는 것이 중요하고, 표재 내측 측부 인대 이외에 내측 안정성에 기여하는 다른 구조물들의 역할로 생각되나 이는 더 많은 연구가 필요할 것이라 생각한다.

Fujisawa 등⁷⁾은 파괴된 슬관절의 관절 연골이 재생되어 관절 간격이 회복됨을 확인하였고, 송 등²⁶⁾은 이 관절 연골의 재생을 확인하기 위하여 간접적인 방법으로 체중 부하 직립 전후 사진을 촬영하여 관절 간격을 측정하였다. 본 연구에서는 송 등²⁶⁾의 방법으로 내측 관절 간격을 측정한 결과 수술 전 평균 3.3 mm에서 최종 추시상 평균 4.3 mm로 유의 있게 회복됨을 알 수 있었다.

이상적인 외반 교정각은 저자들마다 이견이 있으나 Insall 등¹⁰⁾은 외반 5–14도, Yasuda 등³⁴⁾은 외반 12–16도, Lee 등¹⁵⁾은 외반 10–14도, Bae 등¹⁾은 10–15도에서 좋은 결과를 보고하였고, Tjornstrand 등³¹⁾은 0도–외반 10도, Vainionpaa 등³²⁾은 외 7–10도, Pace 등²⁵⁾은 외반 6–8도, Coventry와 Bowmann⁵⁾은 외반 7–10도를 권하

였으며 15도 이상의 외반 각도는 외측 구획의 과부하와 미용상 바람직하지 못하다고 하였다. 저자들은 정상 대퇴-경골각 약 6도에 5도의 과교정을 하여 대퇴-경골각이 11도가 되도록 하였다.

경골 후방 경사도는 경골 해부학적 축과 고평부의 수직선이 이루는 각으로 측정하였으며 일반적으로 폐쇄형 절골술의 경우 감소하는 경우가 많고 개방형 절골술의 경우 증가하는 경우가 많으며 전방 십자 인대 부전 등이 있는 경우 경골의 전방 전위를 야기시켜 악화될 수 있다. Nakamura 등²¹⁾은 경골 후방 경사도가 술 전에 비해 큰 변화를 보이지 않았다고 보고하고 있고, Lee 등¹⁶⁾은 경골 후방 경사도가 술 전에 비해 약 3도의 증가를 보였으나 불안정성은 관찰되지 않았다고 보고하고 있다. Noyes 등²³⁾은 개방형 절골술에서 정상 경골 후방 경사도를 유지하기 위해서는 후방 간격이 전방 간격의 2배가 되어야 한다고 하였으며 저자들의 경우에도 수술 직후와 최종 추시 상 의의 있는 증가를 보이지 않았으며($p>0.05$), 이는 절골 부위의 전, 후방을 동일하게 신연하지 않고 신연기를 후 내방에 위치시킴으로써 술 전에 비해 술 후 경골 후방 경사도가 증가되는 것을 방지할 수 있었다.

절골술의 고정 기기들은 외고정 장치^{18,28,35)}, 일반 T 또는 L형 금속판^{3,14)}, Puddu 금속판^{4,24,29)} 등이 소개되고 있으나 저자들은 근위 경골 골절 시 사용되는 LCP[®]^{24,27,29)}를 이용하였다. 외고정 장치의 경우 수술 후 교정이 가능하다는 장점이 있으나, 핀 고정 부위의 감염 등의 합병증을 일으킬 수 있고 환자들이 외관상 거부감을 가질 수 있다는 단점이 있다. Puddu 금속판의 경우 간편하고 안으로 돌출된 블록에 의해 교정각 소실을 방지할 수 있다는 장점이 있으나, 금속판 제거 후에 블록의 공간만큼 골 결손이 남고 블록 모양이 직사각형 형태를 하여 Noyes 등²³⁾이 언급한 정상 경골 후방 경사도를 유지하기 위한 전, 후방 간격 차이를 만들 수 없거나 압괴(collapse)되어 경골 후방 경사도가 증가될 가능성이 있다. LCP[®]는 내고정물로서 일반 T 또는 L형 금속판에 비해 한 쪽 피질 골만 나사를 삽입하여 고정하므로 안전하고, 금속판과 나사가 고정되어 일차 정복 유실(primary reduction loss)과 이차 정복 유실(secondary reduction loss)을 방지하므로 충분한 강도의 고정이 가능하고^{17,27)}, Puddu 금속판에 비해 압박 및 염전 부하에서도 더 강하여 교정각 소실을 방지할 수 있고²⁹⁾, 금속판 밑의 골외막의 혈액 공급

을 보존하므로 골 유합 측면에서 유리하며, 수술 시간이 단축된다는 등의 장점이 있다^{17,27)}.

합병증으로 불유합, 감염, 피부 괴사, 비골 신경이나 혈관 손상 등은 보이지 않았다. 4예(36.4%)에서 금속판의 피부 자극에 의한 불편함이 있었으나 금속판 제거 후 해소되었으며, 편측에 절골술을 시행한 경우 다리가 길어진 듯한 느낌을 호소한 4예(36.4%)가 있었으나 실제 보행에서는 파행 등의 이상 소견을 보이지 않았다. Wright 등³⁶⁾은 개방형 경골 근위부 절골술을 시행한 모든 예에서 슬개골 높이의 감소를 보고하였고, 이는 개방형 절골로 인하여 관절면이 경골 결절로부터 멀어지게 되어 생기는 것이라 설명하였다. Noyes 등²⁴⁾도 80%에서 슬개골 높이 감소를 보고하였으나 교정각 정도 등이 슬개골 높이 감소에 영향을 주지 않았다고 보고하였고, 이는 절골 부위의 신연 시 상대적으로 후방에 비해 전방의 신연 정도가 크지 않기 때문이라고 설명하고 있다. 저자들의 경우에도 전 예에서 저위 슬개골 증후군(patellar infera syndrome)과 관련된 Insall-Salvati비에 의한 슬개건의 길이 단축(shortening)은 유의한 변화를 보이지 않았고 슬개 대퇴 관절의 임상적 증상을 보이지 않았다.

결론

LCP[®]를 이용한 개방형 경골 근위부 절골술은 내반 변형이 동반된 골관절염에 있어서 만족할 만한 교정각(약 11도)을 얻을 수 있었으며, 관절 간격이 회복되었고, 교정각 소실이 적었으며, 슬관절 기능도 향상되었다. 또한 수술 술기에 의해 경골 후방 경사도각이 증가되는 것을 방지할 수 있었고, 이에 따른 내측 불안정성은 임상적으로 문제가 되지 않았지만, 장기 추시가 필요하다고 생각한다.

참고문헌

1. Bae DK, Yoon KH, Kwon OS, Kim YC, Shin DJ: Results and survivorship of high tibial osteotomy. J Korean Orthop Assoc, 37: 357-363, 2002.
2. Bauer GC, Insall J, Koshino T: Tibial osteotomy in gonarthrosis (osteo-arthritis of the knee). J Bone Joint Surg Am, 51: 1545-1563, 1969.
3. Billings A, Scott DF, Camargo MP, Hofmann AA: High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid

- internal fixation, and early motion. Long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am*, 82: 70-79, 2000.
4. **Brouwer RW, Bierma-Zeinstra SM, van Koeveeringe AJ, Verhaar JA:** Patellar height and the inclination of the tibial plateau after high tibial osteotomy. The open versus the closed-wedge technique. *J Bone Joint Surg Br*, 87: 1227-1232, 2005.
 5. **Coventry MB, Bowman PW:** Long-term results of upper tibial osteotomy for degenerative arthritis of the knee. *Acta Orthop Belg*, 48: 139-156, 1982.
 6. **Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL:** Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *J Bone Joint Surg Am*, 75: 196-201, 1993.
 7. **Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S:** The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. *Orthop Clin North Am*, 10: 585-608, 1979.
 8. **Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D:** Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*, 69: 332-354, 1987.
 9. **Insall JN:** Osteotomy. In: Insall JN, Windsor RE, Scott WN, Kelly MA, Alietti P eds. *Surgery of the knee*. New York, Churchill Livingstone: 635-676, 1993.
 10. **Insall JN, Joseph DM, Msika C:** High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*, 66: 1040-1048, 1984.
 11. **Insall J, Salvati E:** Patella position in the normal knee joint. *Radiology*, 101: 101-104, 1971.
 12. **Katz MM, Hungerford DS, Krackow KA, Lennox DW:** Results of total knee arthroplasty after failed proximal tibial osteotomy for osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am*, 69: 225-233, 1987.
 13. **Kettelkamp DB, Leach RE, Nasca R:** Pitfalls of proximal tibial osteotomy. *Clin Orthop Relat Res*, 106: 232-241, 1975.
 14. **Koshino T, Murase T, Saito T:** Medial opening-wedge high tibial osteotomy with use of porous hydroxyapatite to treat medial compartment osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am*, 85: 78-85, 2003.
 15. **Kim SS, Lee HK, Lee SH, et al:** A 5- to 13-year follow-up of high tibial osteotomy. *J Korean Orthop Assoc*, 30: 494-501, 1995.
 16. **Lee JY, Seon JK, Song EK, Yoon TR, Cheon SY, Lim KY:** Comparison of high tibial osteotomy: opening versus closing wedge osteotomy. *J Korean Orthop Assoc*, 39: 790-796, 2004.
 17. **Lobenhoffer P, Simoni CD, Staubli AE:** Open-wedge high-tibial osteotomy with rigid plate fixation. *Techniques in Knee Surgery*, 1: 93-105, 2002.
 18. **Magyar G, Ahl TL, Vibe P, Toksvig-Larsen S, Lindstrand A:** Open-wedge osteotomy by hemicallotasis or the closed-wedge technique for osteoarthritis of the knee. A randomised study of 50 operations. *J Bone Joint Surg Br*, 81: 444-448, 1999.
 19. **Majima T, Yasuda K, Katsuragi R, Kaneda K:** Progression of joint arthrosis 10 to 15 years after high tibial osteotomy. *Clin Orthop Relat Res*, 381: 177-184, 2000.
 20. **Mankin HJ:** The response of articular cartilage to mechanical injury. *J Bone Joint Surg Am*, 64: 460-466, 1982.
 21. **Nakamura E, Mizuta H, Kudo S, Takagi K, Sakamoto K:** Open-wedge osteotomy of the proximal tibia hemicallotasis. *J Bone Joint Surg Br*, 83: 1111-1115, 2001.
 22. **Nicholas JA:** The five-one reconstruction for anteromedial instability of the knee. Indications, technique, and the results in fifty-two patients. *J Bone Joint Surg Am*, 55: 899-922, 1973.
 23. **Noyes FR, Goebel SX, West J:** Opening wedge tibial osteotomy: the 3-triangle method to correct axial alignment and tibial slope. *Am J Sports Med*, 33: 378-387, 2005.
 24. **Noyes FR, Mayfield W, Barber-Westin SD, Albright JC, Hechmann TP:** Opening wedge high tibial osteotomy: an operative technique and rehabilitation program to decrease complications and promote early union and function. *Am J Sports Med*, 34: 1262-1273, 2006.
 25. **Pace TB, Hofmann AA, Kane KR:** Medial-opening high tibial osteotomy combined with Magnuson intraarticular debridement for traumatic gonarthrosis. *J Orthop Tech*, 2: 21-28, 1994.
 26. **Song EK, Seol JY, Jeong KC, Choi J:** Restoration of joint space of the knee after high tibial osteotomy. *J Korean Knee Soc*, 14: 36-42, 2002.
 27. **Staubli AE, De Simoni C, Babst R, Lobenhoffer P:** TomoFix: a new LCP-concept for open wedge osteotomy of the

