

골수내정 고정술 후 발생한 대퇴 간부 골절 불유합의 금속판 보강술에서 저접촉 압박 금속판과 잠김 압박 금속판의 비교

김세동 · 손욱진 · 곽병훈

영남대학교병원 정형외과

목 적: 골수내정 고정술 후 발생한 대퇴 간부 골절 불유합의 금속판 보강술에서 저접촉 압박 금속판과 잠김 압박 금속판을 이용한 방법을 비교하여 임상적인 효율성에 대하여 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 2001년 3월부터 2005년 9월까지 골수내정 고정술 후 불유합으로 진단받고 금속판 보강술로 치료를 시행한 24명의 환자를 대상으로 하였다. 저접촉 압박 금속판의 경우는 양쪽 피질을 나사못으로 고정하였으나 잠김 압박 금속판의 경우는 한쪽 피질골만을 잠김 나사못으로 고정하였다.

결 과: 저접촉 압박 금속판을 이용한 1예에서 골수내정의 파손이 있었으나 전예에서 골유합을 얻을 수 있었다. 잠김 압박 금속판을 이용한 방법이 저접촉 압박 금속판을 이용하는 방법에 비해 골유합 기간, 수술 시간, 수술 후 혈액소 저하, 수술 후 수혈량, 완전 체중 부하까지 소요된 기간에서 더 우수한 결과를 보였으나 양 군 사이의 통계학적인 차이는 없었다 ($p > 0.05$).

결 론: 한쪽 피질만을 고정하는 잠김 압박 금속판을 이용한 보강술은 양측 피질골을 고정하는 저접촉 압박 금속판을 이용한 방법과 유사한 결과를 얻을 수 있어서 금속판 보강술 시 사용될 수 있는 하나의 좋은 방법으로 사료된다.

색인 단어: 대퇴골 간부 골절, 불유합, 금속판 보강술, 저접촉 압박 금속판, 잠김 압박 금속판

The Comparison of LC-DCP versus LCP Fixation in the Plate Augmentation for the Nonunion of Femur Shaft Fractures after Intramedullary Nail Fixation

Se Dong Kim, M.D., Oog Jin Sohn, M.D., Byung Hoon Kwack, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Yeungnam University Hospital, Daegu, Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the efficacy of the surgical treatment through the comparison of LC-DCP (Limited Contact-Dynamic Compression Plate) versus LCP (Locking Compression Plate) fixation in the plate augmentation for the nonunion of femur shaft fractures after intramedullary nail fixation.

Materials and Methods: Twenty-four patients with the nonunion of femur shaft fractures after intramedullary nail fixation who underwent plate augmentation were evaluated from Mar. 2001 to Sept. 2005. The group with LC-DCP augmentation was done bicortical screw fixation and the group with LCP was done monocortical fixation.

Results: There was one case of nail breakage in LC-DCP group, but sound bony union were achieved uneventfully in all the cases of both group. LCP fixation was slightly superior to LC-DCP fixation in view of the bony union time, operating time, postoperative Hb down, amount of postoperative transfusion, but there was no statistical difference ($p > 0.05$).

Conclusion: We got the satisfactory results after monocortical LCP augmentation as well as bicortical LC-DCP fixation and have concluded that monocortical LCP fixation was an effective treatment option for nonunion of femur shaft fracture occurred after Intramedullary nail fixation.

Key Words: Femur shaft fracture, Nonunion, Plate augmentation, LC-DCP, LCP

통신저자 : 손 욱 진

대구광역시 남구 대명 5동 317-1
영남대학교병원 정형외과
Tel : 053-620-3640 • Fax : 053-628-4020
E-mail : ossoj@med.yu.ac.kr

Address reprint requests to : Oog Jin Sohn, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Yeungnam University Hospital,
317-1, Daemyeong 5-dong, Nam-gu, Daegu 705-717, Korea
Tel : 82-53-620-3640 • Fax : 82-53-628-4020
E-mail : ossoj@med.yu.ac.kr

서 론

대퇴골 간부 골절이 발생할 경우 치료 방법으로 낮은 감염률, 낮은 출혈량, 조기 거동, 사망률의 감소와 같은 장점 때문에 골수내정 고정술이 선호되고 있으며 불유합의 비율도 1% 정도로 보고하고 있다¹⁾. 골수내정을 시행한 후 발생한 불유합의 치료 방법으로는 교합나사의 역동화 (dynamization), 골수내정 교체술 (reamed exchange nailing), 금속판 변환술 (nail removal followed by plating), 외고정술 (external fixation), 금속판 보강술 (plate augmentation) 등이 있다. 이 중에서 가장 보편적인 치료방법으로는 골수내정 교체술이 있으나 정확한 수술적 시행이 이루어지지 않는 경우 새로운 골편의 형성이나 분리가 발생할 수 있고, 방사선 투시 하에 수술이 이루어져서 술자뿐만 아니라 환자에서 보호되지 않는 부위에 방사선 노출 등이 문제가 될 수 있으며, 과도한 확공 시에는 열에 의한 골 및 연부 조직의 괴사가 일어날 가능성이 있을 수 있다. 또한 불유합의 위치에 따라 차이가 있을 수 있어서 협부 이하의 불유합에서는 안정된 고정을 얻기 힘들 수 있다는 문제점이 있을 수 있다^{1,9,14)}. 다른 하나의 방법으로는 금속판 변환술 후 골이식술을 하는 방법이 있으나 침습적이며, 조기 체중 부하 및 관절 운동 등 재활 치료가 제한적이고, 응력 집중 현상으로 인해 금속판 양끝단의 골절 위험이 있고, 금속판 제거술 후 재골절의 위험성 등의 문제점이 있을 수 있다¹⁾. 이러한 문제점들을 극복하기 위해 많은 저자들에 의해 골수내정은 그대로 둔 채 금속판 보강술을 시행하는 방법이 시도되고 있으며 이는 골수내정 고정술을 시행한 후 지속적인 과도한 골절부위의 불안정성에 비중을 두고 금속판 보강술을 시행하여 불유합 부위의 골절 축을 유지하며 전단력 (shear force)을 중화 (neutralizing)하는 방법으로 연부조직 박리만 최소한으로 한다면 강력한 내고정과 함께 높은 유합률을 얻을 수 있다고 하였다^{2,3,11,13,23)}.

저접촉 금속판을 이용한 골수내정 고정술 후 발생한 대퇴 간부 골절 불유합의 금속판 보강술에서 Ueng 등²³⁾은 각 골절부마다 4군데 이상의 피질골 고정으로써 좋은 결과를 얻을 수 있었다는 보고를 하였으며 Choi와 Kim³⁾은 평균 5~6군데 피질골 고정으로써 좋은 결과를 얻었다는 보고를 하였다.

잠김 압박 금속판의 고정력이 강하기 때문에 골절 근위부 및 원위부 한쪽에 적어도 3군데 이상의 일측성 피질골 고정 (monocortical fixation)만으로 충분한 고정력을 얻을 수 있을 것이라는 가정 하에 대퇴골 간부의 불유합 치료에서 저접촉 압박 금속판과 일측성 피질골 고정을 통한 잠김 압박 금속판을 이용하여 금속판 보강술을 시행한 후 두 가지 방법에 따른 임상적인 결과를 비교하여 일측성 피질골

고정을 이용한 잠김 압박 금속판 보강술의 효용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2001년 3월부터 2005년 9월까지 4년 6개월간 대퇴간부 골절 후 골수내정 고정술을 시행한 환자에서 불유합으로 진단 받고 골수내정은 그대로 두고 금속판 보강술을 추가해서 치료한 24예 중 저접촉 압박 금속판을 시행한 10예와 일측성 피질골 고정을 이용한 잠김 압박 금속판을 시행한 14예를 대상으로 분석하였다. 저접촉 압박 금속판을 사용한 군의 평균 연령 분포는 평균 54.5세 (37~65세)였고 평균 추시 기간은 21.1개월이었으며 처음 수술부터 마지막 수술까지의 기간은 평균 15.7개월이었다. 잠김 압박 금속판을 사용한 군의 평균 연령 분포는 평균 44.1세 (19~63세)였고 평균 추시 기간은 22.6개월이었으며 처음 수술부터 마지막 수술까지의 기간은 평균 12.2개월이었다. 성별은 남자 20예, 여자 4예였으며 수상의 원인은 교통 사고가 18예, 낙상이 5예, 추락 사고가 1예였다.

대퇴골 간부는 소전자 (lesser trochanter)에서 원위부로 5 cm되는 지점과 내전근 결절 (adductor tubercle)에서 근위부로 5 cm되는 지점 사이 부분으로 정의하였으며 불유합은 9개월 경과 시까지 골유합이 이루어지지 않고 최근 3개월간 골유합이 더 진행되지 않은 경우로 정의하였다¹⁾. 초기 골절의 유형은 Winquist-Hansen²⁶⁾ 분류를 이용하였으며, 제1형 2예, 제2형 5예, 제3형 6예, 제4형 9예로 나타났으며 개방성 골절은 10예 (저접촉 압박 금속판: 4예, 잠김 압박 금속판: 6예)였다 (Table 1). 2예에서 교합 나사의 역동화 (Dynamization)를 시행하였으나 골유합을 얻는 데는 실패하였고 개방성 골절의 4예에서 감염의 치유를 위하여 세척술 및 소파술을 시행하였다. 감염의 치유는 창상이 닫히거나 세균 도말 검사나 배양 검사가 더 이상 양성이 되지 않는 상태에서, 혈침속도 (erythrocyte sedimentation, ESR), C-반응성 단백질 (C-reactive protein, CRP) 수치가 3주 이상 연속적으로 정상 범위에 있을 때 감염이 치유된

Table 1. Initial fracture pattern by Winquist-Hansen classification

Plate	Winquist-Hansen			
	I	II	III	IV
LC-DCP	2	2	2	4
LCP	2	3	4	5
Total	4	5	6	9

것으로 판단하였으며 이후에 금속판 보강술을 시행하였다. 불유합의 유형은 Weber와 Brunner²⁵⁾의 분류를 이용하였으며 저접촉 압박 금속판을 사용한 군이 과혈관성 3예, 무혈관성 7예였으며 잠김 압박 금속판을 사용한 군이 과혈관성 9예, 무혈관성 5예였다. 과혈관성 불유합인 경우도 내고정의 안정성 보강과 동시에 골형성 촉진을 위해 2예를 제외한 전예에서 자가골 이식술을 시행하였으며 무혈관성 불유합의 경우는 전예에서 자가골 이식술을 시행하였다. 2예를 제외하고는 대퇴골 간부의 불유합 부위를 절개 후 주위의 연부조직 손상을 최소화하면서 골절면 사이의 섬유 연골 조직을 제거하고 그 사이에 장골에서 채취한 자가골 이식을 시행하였고 동시에 골절 부위 안정성 보강을 위해 금속판 내고정술을 시행하였다. 금속판 내고정술에는 전예에서 저접촉 압박 금속판 (LC-DCP; Limited Contact-Dynamic Compression Plate, Synthes, Switzerland)과 잠김 압박 금속판 (LCP; Locking Compression Plate, Synthes, USA)를 사용하였으며 저접촉 압박 금속판의 경우는 골절 상하단의 양쪽 피질을 나사못으로 고정하였으나 잠김 압박 금속판의 경우는 한쪽 피질만을 나사못으로 고정하였다. 금속판의 크기는 저접촉 압박 금속판의 경우 2예에서 4.5 mm broad LC-DCP를, 잠김 압박 금속판의 경우 1예에서 4.5/5.0 broad LCP를 사용하였으며 나머지 경우에는 저접촉 압박 금속판의 경우 4.5 narrow LC-DCP를, 잠김 압박 금속판의 경우 4.5/5.0 narrow LCP를 사용하여 응력 방해 현상에 의한 골조소증을 최소화하고자 하였다. 수술 직전으로부터 수술 후 3일까지 매일 한 번씩 헤모글로빈 수치를 확인하여 수술 후 제일 낮은 검사값과 수술 직전의 검사값의 차이를 혈색소 저하량으로 정의하였으며 Helm 등¹⁰⁾의 기준에 따라 혈색소 수치가 8.5 g/dL 이하인 경우에만 수술 후 수혈을 고려하였다.

골절 유합의 진단은 단순 방사선 사진을 이용하였으며 골절의 유합은 골절 부위의 압통과 통증이 없으며 정기적으로 측정한 단순 방사선 촬영상 두 평면에서 3개의 피질 골의 연속성을 보이고, 골절 부위에서 가골이 형성되는 것을 유합의 기준으로 삼았다. 전예에서 수술 후 대퇴 사두근의 등장성 운동과 관절 운동 및 비 체중 부하 운동을 그리고 수술 후 2주경 부분 체중 부하를 허용하였으며 주요 골절면의 골절면 접촉 정도 및 방사선 사진상의 외가골 형성 정도에 따라 체중을 추가로 전달하도록 권하였다.

통계 분석은 SPSS ver. 10 프로그램을 이용하였다. 평균의 비교는 Mann-Whitney 검정을 이용하여 95%의 신뢰 수준으로 검정하였다.

결 과

시술 당시 전예에서 금속판 고정 전 골절단의 움직임

확인할 수 있었으나 금속판 내고정술 후에는 움직임이 없어지는 것을 확인할 수 있었다. 저접촉 압박 금속판을 이용한 1예에서 골수내정의 파손이 있었으나 전예에서 골유합을 얻을 수 있었다. 골유합이 완료된 다음 3예 (저접촉 압박 금속판: 1예, 잠김 압박 금속판: 2예)에서 금속판과 금속정을 동시에 제거하였다.

골유합까지의 기간은 저접촉 압박 금속판을 이용한 경우 평균 8.4개월 (5~19.3개월) 정도 소요되었으며 잠김 압박 금속판을 이용한 경우 평균 7.4개월 (5.2~11.9개월) 정도 소요되었다. 수술시간은 저접촉 압박 금속판을 이용한 경우 평균 82분 (55~140분) 정도 소요되었으며 잠김 압박 금속판을 이용한 경우 평균 73.2분 (45~95분) 정도 소요되었다. 수술 후 혈색소 저하는 저접촉 압박 금속판을 이용한 경우 평균 3.5 g/dL (1.5~7.4)였으며 잠김 압박 금속판을 이용한 경우 평균 3.3 g/dL (0.9~5.2)였다. 수술 후 수혈량은 저접촉 압박 금속판을 이용한 경우 2예에서 평균 0.8 pint (0~6)였고 잠김 압박 금속판을 이용한 경우 3예에서 평균 0.7 pint (0~6)였다. 완전 체중 부하까지 소요된 시간은 저접촉 압박 금속판을 이용한 경우 평균 4.1개월 (3~6.4)이었고 잠김 압박 금속판을 이용한 경우 평균 3.3개월 (2.4~4.7)이었다. 잠김 압박 금속판을 이용하는 방법이 저접촉 압박 금속판을 이용하는 방법에 비해 골유합 기간, 수술 시간, 수술 후 혈색소 저하, 수술 후 수혈량, 완전 체중 부하까지 소요된 시간에서 더 우수한 결과를 보였으나 양 군 사이의 통계학적인 차이는 없었다 ($p > 0.05$).

Weber와 Brunner²⁵⁾의 분류에 따른 평균 골유합 기간은 무혈관성에서는 저접촉 압박 금속판을 이용한 경우 평균 10.2개월, 잠김 압박 금속판을 이용한 경우 평균 8.1개월로, 과혈관성에서는 저접촉 압박 금속판을 이용한 경우 평균 7.6개월, 잠김 압박 금속판을 이용한 경우 평균 6개월로 나타났으며 각 불유합 유형 내에서 잠김 압박 금속판이

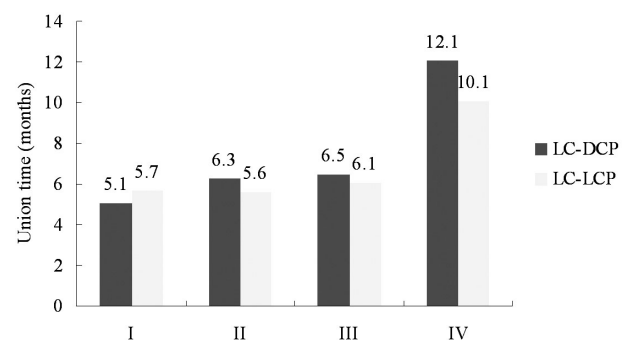


Fig. 1. Correlation with bony union time and initial fracture pattern.

저접촉 압박 금속판보다 평균 골유합 기간에서 더 우수한 결과를 보였으나 양 군 사이의 통계학적인 차이는 없었다. Winquist-Hansen²⁶⁾ 분류에 따른 평균 골유합 기간도 잠김 압박 금속판이 저접촉 압박 금속판보다 더 우수한 결과를 보였으나 양 군 사이의 통계학적인 차이는 없었다 (Fig. 1).

고 찰

골수내정을 이용한 치료 후에 불유합이 발생했을 경우 여러 가지 치료 방법이 소개되고 있는데 골이식술, 교합 나사의 역동화, 확공 후에 직경이 더 큰 골수내정으로 교체하는 방법, 불유합 부위의 변연 절제술을 시행하고 해면 골 이식 후 견고한 금속판 내고정을 하는 방법, 금속판 보

강술 등이 소개되어 왔다.^{1,15,20,22,23,27,28)} Tarr와 Wiss²¹⁾에 의하면 금속판은 염전력에 강하지만 나사못 구멍에 응력 집중 현상이 있어 경도와 굽힘력에는 약하고, 골수내정은 경도가 강하여 축성 압박력과 굽힘력에는 안정성이 충분하지만 염전력에는 약하다고 하였다. Cho 등²⁾은 골수정이 삽입되어 있어 축성 압박력과 굽힘력에는 안정성이 충분하지만 염전력과 회전력에 약해서 불유합이 발생한 것으로 판단하여 부가적인 금속판 고정술로 염전력과 회전력을 보강함으로써 고정의 안정성을 얻고자 하였으며 무혈관성 불유합의 경우에는 동시에 자가 해면골 이식술로 골유합을 촉진하여 11예 전예에서 골절 유합을 얻었다고 보고하였다. Kim 등¹¹⁾도 금속판 부가 고정 및 골 이식 시행 후 특별한 합병증 없이 전예에서 골유합을 얻었다고 보고하였

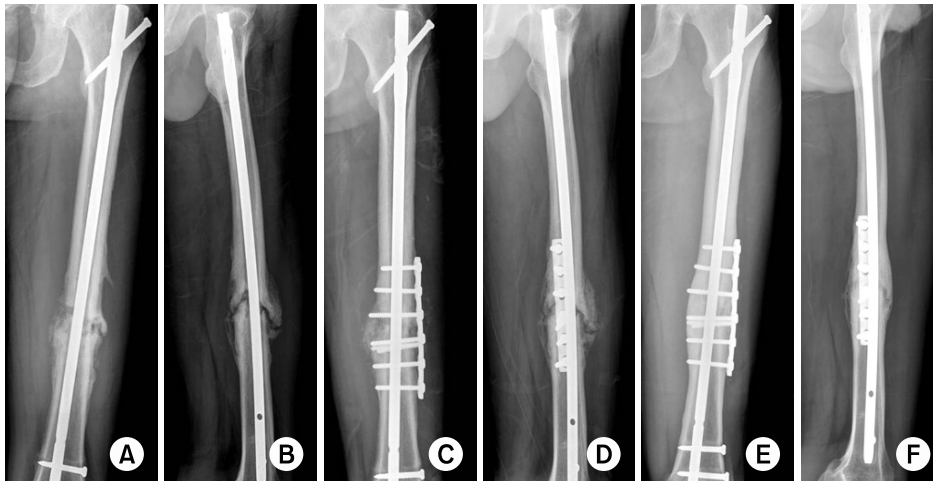


Fig. 2. (A, B) Radiograph taken at 10 months after intramedullary nailing for femoral shaft fracture, shows hypertrophic nonunion.

(C, D) LC-DCP plate augmentation with autogenous iliac bone graft was done to the fracture site to counter the rotational instability leaving the intramedullary nail in situ.

(E, F) At 5.7 months after osteosynthesis, radiograph shows bone union.



Fig. 3. (A, B) Radiograph taken at 12.5 months after intramedullary nailing for femoral shaft fracture, shows oligotrophic nonunion.

(C, D) LCP plate augmentation with autogenous iliac bone graft was done to the fracture site to counter the rotational instability leaving the intramedullary nail in situ.

(E, F) At 7.6 months after osteosynthesis, radiograph shows bone union.

다. 본 연구에서도 저접촉 압박 금속판과 잠김 압박 금속판을 이용한 금속판 보강술 및 자가 해면골 이식술을 시행한 전예에서 특별한 합병증 없이 골유합을 얻을 수 있었으며 과혈관성 불유합으로 자가 해면골 이식술을 시행하지 않은 2예에서도 골유합을 얻을 수 있었다.

Ueng 등²³⁾은 교합성 골수내정 삽입술 후에 부적절한 내고정으로 발생한 대퇴골 간부 골절 불유합 17예에 대하여 염전력과 회전력 보강을 위해 부가적 금속판 고정을 사용하여 수술 후 7개월에 골유합을 얻을 수 있었으며 Cho 등²⁾은 평균 8.2개월 (6.2~11.2)에 모두 골유합을 얻을 수 있었다고 보고하였다. Lee 등¹³⁾은 5예 전예에서 평균 7.3개월 (5.5~9)에 골유합을 얻을 수 있었으며 수술 후 평균 4개월에 전 체중부하를 얻을 수 있었다고 보고하였다. Choi와 Kim³⁾은 15예 전예에서 합병증 없이 방사선학적 골유합에 평균 7.2개월 (5~11)이 소요되었으며 수술 시간에 평균 66.3분 (50~110)이 소요되었다고 보고하였다. 본 연구에서도 24예 전예에서 합병증 없이 골유합에 평균 7.8개월 (5~19.3), 수술 시간에 평균 76.9분 (45~140), 전 체중부하에 3.7개월 (2.4~6.4)이 소요되었는데 이는 수술 시 연부 및 골막 조직의 손상을 최소화하였으며 골절편 사이의 섬유 연골 조직을 제거한 후 그 사이에 골이식을 시행하여 안정된 골 고정을 획득할 수 있었기 때문으로 사료된다.

저접촉 압박 금속판은 나사 머리의 움직임이 허용되어 골절 부위의 안정력이 금속판 하부면과 피질골 사이의 마찰력에 기인하기 때문에 금속판과 나사 사이에 안정성을 얻기 위해서는 나사못을 양측 피질골에 모두 고정해야 한다. 그러나 잠김 압박 금속판의 경우는 나사못의 머리와 금속판 나사 구멍에 나삿니 (screw thread)가 존재하여 서로 맞물려 나사못의 움직임이 없어 외고정 장치의 경우와 같이 외력이 나사못과 금속판 사이의 서로 맞물린 부분을 통해 피질골에서 금속판으로 전달된다. 따라서 안정성을 얻기 위하여 하부 피질골을 압박할 필요가 없고, 금속판 하부의 피질골 혈류도 보존되고 양측 피질골을 모두 고정해야 할 필요성도 줄어드는 장점이 있다. 또한 잠김 나사 (locking head screw)에 의해 고정력을 얻으므로 기존의 금속판에 비해 상대적으로 정확한 contouring이 필요하지 않다는 장점이 있다^{4,8,12,17-19,24)}. 본 연구에서도 이러한 잠김 압박 금속판의 특성을 저접촉 압박 금속판과 비교하기 위해서 잠김 압박 금속판의 경우 전예에서 일측 피질골에만 고정을 하였다. 두 군 간 골유합 기간, 수술 시간, 수술 후 혈색소 저하, 수술 후 수혈량, 완전 체중 부하까지 소요된 시간에서 통계학적으로 의미있는 차이점을 발견할 수는 없었다 (Fig. 2, 3). Winkquist와 Hansen²⁶⁾은 분쇄성의 정도에 비례하여 골유합 기간이 증가한다고 보고하였는데 본 연구에서도 분쇄 정도가 심할수록 골유합 기간이 길게 나타나

는 경향을 보였으나 분쇄 정도와 골유합 기간 사이의 의미 있는 통계학적 상관성을 발견할 수는 없었다.

저접촉 압박 금속판을 이용한 1예에서 수술 후 4개월째 단순 방사선 사진상 골수내정의 파손 (intramedullary breakage)을 확인할 수 있었다 (Fig. 4). 저접촉 압박 금속판을 고정하기 위하여 양측 피질골에 무리하게 고정하다가 골수내정에 손상을 주어서 발생한 것으로 추정된다. Wagner²⁴⁾와 Schütz와 Sudkamp¹⁶⁾는 적어도 3개 이상의 일측 피질골 (monocortical) 잠김 나사를 시행할 경우 충분한 고정력을 얻을 수 있다고 보고한 점을 감안한다면 일측 피



Fig. 4. (A, B) Radiograph taken at 13.8 months after intramedullary nailing for femoral shaft fracture, shows hyper-trophic nonunion.

(C, D) LC-DCP plate augmentation with autogenous iliac bone graft was done to the fracture site to counter the rotational instability leaving the intramedullary nail in situ

(E, F) At 4 months after osteosynthesis, intramedullary nail was broken (arrow).

(G, H) At 8 months after osteosynthesis, radiograph shows bone union.

질골 잠김 나사를 이용한 잠김 압박 금속판이 저접촉 압박 금속판과 유사한 결과를 얻을 수 있어서 금속판 보강술 시 사용될 수 있는 하나의 좋은 방법으로 사료된다.

결 론

저접촉 압박 금속판과 잠김 압박 금속판을 이용한 금속판 보강술은 골수내정 고정술 후 발생한 대퇴 간부 골절 불유합에서 유용한 수술 방법으로 사료된다. 한쪽 피질만을 고정하는 잠김 압박 금속판을 이용한 보강술은 양측 피질골을 고정하는 저접촉 압박 금속판을 이용한 방법과 유사한 결과를 얻을 수 있어서 연부 조직 손상을 최대한 줄이고 골유합을 촉진시킬 수 있는 추천할 만한 방법으로 사료된다. 보다 많은 사례의 장기적인 추사와 세밀한 분석을 통한 더욱 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown C: Rockwood and Green's fractures in adults. 6th ed. Philadelphia, Lippincott-Williams & Wilkins Pb: 1845-1914, 2006.
- 2) Cho HO, Kwak KD, Kim JJ, Sohn SM, Kang CH, Lee HJ: Augmentative plate fixation for femoral nonunion after intramedullary nailing. J Korean Fracture Soc, **13**: 825-831, 2000.
- 3) Choi YS, Kim KS: Plate augmentation leaving the nail in situ and bone grafting for non-union of femoral shaft fractures. Int Orthop, **29**: 287-290, 2005.
- 4) Gautier E, Sommer C: Guidelines for the clinical application of the LCP. Injury, **34** (Suppl 2): S63-S76, 2003.
- 5) Frigg R: Locking compression plate (LCP). An osteosynthesis plate based on the dynamic compression plate and the point contact fixator (PC-Fix). Injury, **32** (Suppl 2): 63-66, 2001.
- 6) Frigg R, Appenzeller A, Christensen R, Frenk A, Gilbert S, Schavan R: The development of the distal femur less invasive stabilization system (LISS). Injury, **32** (Suppl 3): SC24-SC31, 2001.
- 7) Gautier E, Sommer C: Guidelines for the clinical application of the LCP. Injury, **34** (Suppl 2): B63-76, 2003.
- 8) Haidukewych GJ: Innovations in locking plate technology. J Am Acad Orthop Surg, **12**: 205-212, 2004.
- 9) Hak DJ, Lee SS, Goulet JA: Success of exchange reamed intramedullary nailing for femoral shaft nonunion or delayed union. J Orthop Trauma, **14**: 178-182, 2000.
- 10) Helm AT, Karski MT, Parsons SJ, Sampath JS, Bale RS: A strategy for reducing blood-transfusion requirements in elective orthopaedic surgery. Audit of an algorithm for arthroplasty of the lower limb. J Bone Joint Surg Br, **85**: 484-489, 2003.
- 11) Kim KS, Kim JO, Jung HG, Jung BO: Plate augmentation for the nonunion of femur shaft fractures after interlocking intramedullary nail fixation. J Korean Fracture Soc, **12**: 21-27, 1999.
- 12) Korner J, Lill H, Muller LP, Rommens PM, Schneider E, Linke B: The LCP-concept in the operative treatment of distal humerus fractures-biological, biomechanical and surgical aspects. Injury, **34** (Suppl 2): B20-30, 2003.
- 13) Lee KH, Kim HM, Moon CW, Kim YS, Nam WS: Augmentation plate fixation for the management of long-bone nonunion after intramedullary nailing. J Korean Fracture Soc, **17**: 265-270, 2004.
- 14) Miller ME, Davis ML, MacClean CR, Davis JG, Smith BL, Humphries JR: Radiation exposure associated risks to operating-room personnel during use of Fluoroscopic guidance for selected orthopaedic surgical procedures. J Bone Joint Surg Am, **65**: 1-4, 1983.
- 15) Ring D, Jupiter JB, Sanders RA: Complex nonunion of fractures of the femoral shaft treated by wave-plate osteosynthesis. J Bone Joint Surg Br, **79**: 289-294, 1997.
- 16) Schütz M, Sudkamp NP: Revolution in plate osteosynthesis: new internal fixator systems. J Orthop Sci, **8**: 252-258, 2003.
- 17) Sommer C: Locking compression plate. Injury, **34** (Suppl 2): B4-5, 2003.
- 18) Sommer C, Gautier E, Müller M, Helfet DL, Wagner M: First clinical results of the locking compression plate (LCP). Injury, **34** (Suppl 2): B43-54, 2003.
- 19) Stoffel K, Dieter U, Stachowiak G, Gächter A, Kuster MS: Biomechanical testing of the LCP-how can stability in locked internal fixators be controlled? Injury, **34** (Suppl 2): B11-19, 2003.
- 20) Taylor LW: Principles of treatment of fractures and non-union of the shaft of femur. J Bone Joint Surg Am, **45**: 191-198, 1963.
- 21) Tarr RR, Wiss DA: The mechanics and biology of intramedullary fracture fixation. Clin Orthop Relat Res, **212**: 10-17, 1986.
- 22) Templeman D, Thomas M, Varecka T, Kyle R: Exchange reamed intramedullary nailing for delayed union

- and nonunion of the tibia. Clin Orthop Relat Res, **315**: 169-175, 1995.
- 23) **Ueng SW, Chao EK, Lee SS, Shih CH**: Augmentative plate fixation for the management of femoral nonunion after intramedullary nailing. J Trauma, **43**: 640-644, 1997.
- 24) **Wagner M**: General principles for the clinical use of the LCP. Injury, **34 (Suppl 2)**: B31-42, 2003.
- 25) **Weber BG, Brunner C**: The treatment of nonunion without electrical stimulation. Clin Orthop Relat Res, **161**: 24-32, 1981.
- 26) **Winiquist RA, Hansen ST Jr**: Comminuted fractures of the femoral shaft treated by intramedullary nailing. Orthop Clin North Am, **11**: 633-648, 1980.
- 27) **Wu CC, Shih CH**: Distal femoral nonunion treated with interlocking nailing. J Trauma, **31**: 1659-1662, 1991.
- 28) **Wu CC, Shih CH**: Treatment of 84 cases of femoral nonunion. Acta Orthop Scand, **63**: 57-60, 1992.