

저강도 초음파 및 레이저를 이용한 장관골 불유합의 치료

전인호 · 오창욱 · 김성중 · 경희수 · 박일형 · 박병철 · 인주철 · 여준영

경북대학교 의과대학 정형외과학교실

[국문 초록]

목 적: 저강도 초음파는 인체 및 동물 실험에서 골조직에 낮은 미세한 물리적 압력을 가하여 골절의 치유에 유리한 영향을 주고, 레이저 (LASER)는 심부 조직에 혈류를 증가시키고, 세포 내 잠재된 에너지를 증가시키는 것으로 알려져 있다. 이에 저자들은 임상적으로 확인된 장관골 불유합의 치료에 있어 펄스형 저강도 초음파와 레이저를 적용하고 그 효용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 초음파/레이저의 치료 효과를 비교하기 위하여 장관골 불유합으로 확진된 16예 중 8예는 연구군으로 골이식술 후 저강도 초음파와 레이저 치료를 추가하였고, 대조군 8예에 대해선 일반적인 골이식술만 시행하여 조사하였다. 남자가 11예, 여자가 5예, 평균 연령은 41.7세 (19~62세)였고, 불유합 부위는 대퇴골이 10예, 경골이 6예였다. 첫 수상으로 인한 골절 후 초음파/레이저 치료까지 시간 (골절 연령)은 평균 502일이었다.

결 과: 8예의 연구군에서는 완전 골유합이 6예에서 이루어졌으며 유합까지의 시간은 평균 141일 (101~202일)로 나타난 반면, 8예의 대조군에서는 5예에서 골유합이 이루어졌고, 유합까지의 시간은 평균 240일 (183~283일)이었다.

결 론: 저강도 초음파/레이저 골절 치료기가 반복된 수술로 인한 난치성 장관골 불유합의 치료에 있어 골이식술과 함께 사용될 경우 긍정적인 효과가 있었고, 특히 최초 가골 형성에 있어 대조군에 비해 그 시간을 줄일 수 있었다.

색인단어: 장관골, 불유합, 초음파 및 레이저

※통신저자: 오 창 욱
700-412, 대구광역시 중구 삼덕 2가 50
경북대학교병원 정형외과
전화: (053) 420-5630, Fax: (053) 422-6605
e-mail: cwoh@knu.ac.kr

서 론

불유합이란 골절의 치유 능력이 없는 상태로서 어떤 형태의 침습적 수기 없이는 치유를 기대하기 어려운 상황으로 나이, 성별, 호르몬, 영양 상태, 흡연, 사용 약물 등과 더불어 골절의 위치, 분쇄 유무, 혈관 손상, 연부 조직 손상의 정도와 감염 등의 골절 인자들이 관여하는 것으로 알려져 있다. 이러한 불유합의 치료는 수술적으로 피사된 골조직을 제거하고 골이식과 내고정 또는 외고정으로 골절에 안정성을 추가하는 것이 원칙으로 알려져 있다. 한편 비수술적 요법은 수술에 따른 위험과 합병증을 피할 수 있다는 장점이 있으며, 그 방법으로는 전기 자극, 체외 충격파 요법(extra-corporeal shock-wave therapy), 펄스형 저강도 초음파 등이 알려져 있다. 한편 동물 실험을 통해 저강도 초음파는 고주파 음파를 통해 골조직에 낮은 미세한 물리적 압력을 가하여 골절의 치유에 유리한 영향을 주는 것으로 알려져 있고, 최근 정형외과 영역에서 많이 사용되는 레이저는 조직에 열 효과를 가지고 심부 조직에 혈류를 증가시키며, 세포 내 잠재된 에너지를 증가시키는 것으로 알려져 있다. 최근 이러한 초음파의 골유합에 대한 임상 연구가 보고되고 있으나, 임상에서 저강도 초음파와 레이저를 함께 적용한 연구는 흔하지 않다. 이에 저자들은 임상적으로 확인된 장관골 불유합의 치료에 있어 펄스형 저강도 초음파와 레이저를 적용하고 그 효용성을 알아보고자 한다.

연구 대상 및 방법

2000년 10월부터 2001년 7월까지 본원에서 대퇴골, 경골의 간부 골절 후 일차적인 수술적 치료 후 불유합으로 판정받은 환자 중 19세 이상 남자와 임신하지 않은 여성을 대상으로 하였으며, 각 환자들로부터 연구에 참여하는 동의를 받았다. 본 연구에서 불유합의 정의는 골절 후 최소 6개월 이상 골절이 유합이 되지 않은 상태로 방사선적으로 최소 3개월 이상 유합의 진행이 없거나, 중지된 경우로 하였다. 다른 수술적 처치의 영향을 없애기 위해 저강도 초음파 및 레이저 치료를 시행하기 전 3개월 이내에 다른 수술을 시행

Table 1. Assessment of each group comparability

Parameter	Study Group	Control Group
Age (years)	44.9 (31~62)	38.5 (19~62)
Gender		
Male	5	6
Female	3	2
Location		
Femur	2	8
Tibia	6	0
Nonunion type		
Hypertrophic	7	4
Oligotrophic	1	4
Initial diagnosis		
Closed	5	7
Open grade I	0	0
Open grade II	2	0
Open grade III	1	1
Number of prior operation (times)	2.1	2.6
Smoking		
Non-smoker	4	3
Smoker	4	5
Fracture age (days)	500	505

한 경우는 제외하였다.

대상 환자들을 장관골 골절로 일차적으로 수술적 치료 후 발생한 불유합에 대해서 골절 부위를 무작위로 연구군과 대조군으로 나눈 후 연구군에 있어서는 일반적인 골이식과 고정술 후 펄스형 저강도 초음파(LIPUS)와 레이저를 적용하고, 대조군에 있어서는 고식적인 골이식과 고정술을 시행하였다.

전체 25예의 대퇴골, 경골 간부의 불유합 중 추시가 중단되고, 치료에 협력하지 않은 7예와 2예의 감염성 불유합은 제외하였다. 연구군과 대조군은 각각 8예와 8예였고, 대상 환자의 성별 분포는 남자가 11예, 여자가 5예였으며, 평균 연령은 41.7세 (19~62세)였다. 불유합 부위는 대퇴골이 10예, 경골이 6예였고, 불유합의 분류는 과영양성 불유합(hypertrophic nonunion)은

Table 2. Study group characteristics, initial injury and treatment results

Dx^{*}: diagnosis, Tx[†]: treatment, No[‡]: number, F[§]: female, IM nail^{||}: intramedullary nailing, BG[¶]: bone graft, M^{**}: male, EF^{††}: external fixation

Table 3. Control group characteristics, initial injury and treatment results

Dx^{*}: diagnosis, Tx[†]: treatment, No[‡]: number, F[§]: female, IM nail^{||}: intramedullary nailing, BG[¶]: bone graft, M^{**}: male, EF^{††}: external fixation

11예, 저영양성 불유합 (oligotrophic nonunion)은 5예였다. 최초 수상 당시 비개방성 골절이 12예였고, 개방성 골절 Gustilo grade II가 2예, III가 2예였다. 골절 후 골이식술과 초음파/레이저 치료까지 평균 시간 (골절 연령)은 502일이었다 (Table 1).

최초 골절 치료는 모두가 수술적 치료였고, 골수강 내 금속정이 11예로 가장 많았으며, 외고정 장치가 3예, 금속판 고정 2예였다. 이전 수술의 횟수는 연구군에서 평균 2.1회, 대조군에서 평균 2.6회였고, 골이식술은 모든 환자에서 1회 이상 시행되었다. 각 대상 환자들의 최초 수상시 개방창 유무와 불유합의 부위, 과거 수술 횟수 및 방법 그리고 재수술시 불유합의

고정 방법에 대한 요약은 다음과 같다 (Table 2, 3).

초음파/레이저 골절 치료기 (model Hi-TECH 2000, 남북의료기, 대전, 한국)는 본체, 프로브와 안전 장치로 구성되어 있으며, 핸드 프로브에는 초음파 발생 진동자와 적외선 다이오드 레이저 3개가 장착되어 있다. 이 치료기는 830 nm의 파장을 가지는 40 mW의 적외선 레이저 3개와 1 MHz로 진동하는 초음파 진동자를 핸드 프로브에 결합시켜 놓았다 (Fig. 1). 연구군의 환자들은 고정된 재활 치료자에 의해 골절 치료기를 수술 후 1주일부터 시행하였고, 첫 1개월은 매일 20분간 골절 치료기를 수술창과 다른 방향의 골절부에 적용하였다. 초음파의 진동자는 그 효과를 고려하여 경골

Fig. 1. The LIPUS/LASER exposure system (model Hi-TECH 2000, Nambuk medical, Daejeon, Korea).

내측에 대는 것을 원칙으로 하였으며, 연부 조직의 상태가 좋지 않은 경우나 감염이 우려되는 경우는 외측에 부착하였는데, 연구군의 3예에서 경골의 개방성 골절로 외측에 진동자를 부착하였다. 이후 단순 방사선 촬영상 가골의 형성이 충분할 때까지 주 1~2회 치료를 계속하였다.

방사선 및 임상적 평가는 술후 6~8주마다 시행하였는데, 방사선상 골절의 유합은 장관골의 정면 및 측면 단순 방사선 사진상 4 피질골의 유합 (4 cortical bridging)을 보이는 경우나 골절선이 가골에 의해 연결되어 질 때로 하였다. 골유합의 진행 과정은 모두 4단계로 나누어 판독하였는데⁸⁾, 즉 완전 연결 (complete)은 피질골의 연속성이 완전히 없어질 때, 중간 연결 (intermediate)은 최초 골막 반응이 크기와 강도가 증가할 때, 최초 연결 (initial)은 골절부의 피질골에 골막 반응이 처음 보일 때, 무반응 (none)은 수술 직후 방사선 사진과 비교해 아무런 변화가 없을 때로 하였다. 임상적 골유합은 압통의 소실 및 체중 부하시 통증이 없는 경우나 골절부의 가성 운동 (pseudomotion)이 없을 때로 하였다. 방사선 사진에 대한 주관적 판독으로 인한

Fig. 2. A 36-year-old male patient with hypertrophic non-union, 381 days of fracture age, showed complete union after LIPUS/LASER treatment. The time to outcome was 167 days. **A:** Before the start of LIPUS/LASER treatment. **B:** After application of LIPUS/LASER exposure system.

문제를 최소화 하고자 두 명의 정형외과 전문의에 의해 평가되었고, 골절의 유합은 대상 환자의 방사선학적 추시 결과에 의해 판정되었으며, 치료의 실패는 초음파 치료가 끝난 후에도 골유합의 기준에 맞지 않는 경우로 정의하였다. 본 연구에서는 연구군과 대조군의 골유합에 대한 비교, 분석을 위해 비모수 검정인 Mann-Whitney 검정을 이용하였고 ($p=0.05$), 불유합의 종류와 흡연 유무에 따른 골 치유율과 평균 골 치유 일수에 대한 두 군간의 차이를 비교하였다.

결 과

초음파/레이저 골절 치료기로 치료한 연구군 8예 중 6예에서 골유합이 이루어졌으며 임상적으로 모두 골절 부위의 통증을 호소하지 않았다 (Fig. 2). 나머지 골유합이 이루어지지 않은 2예는 모두 골절선에서 가골의 최초 연결은 보인 경우였다. 불유합의 부위에 따라

대퇴골 중간 간부 2예에서 완전 유합을 보였고 경골에서는 근위 1/3 간부 골절 3예에서 완전 유합을 보인 반면 중간 간부 3예 중 1예에서 완전 유합을 보였고 나머지 2예에서는 골유합이 이루어지지 않았다 (Table 2).

반면 대조군에서는 5예에서 골유합이 이루어졌으며 나머지 3예 중 중간이 1예 (12.5%), 최초가 2예 (25%)였다. 불유합의 부위에 따라 대퇴골 중간 간부 6예 중 5예에서 완전 유합을 보였으며 중간 간부 1예와 대퇴골 전자하부 및 상과부 각각 1예에서 골유합이 이루어지지 않았다 (Table 3). 완전 골유합된 예를 분석해보면 연구군에 있어 4 피질골의 연결까지의 시간은 평균 141일 (101~202일)이었고, 대조군에서는 평균 240일 (183~283일)로 통계학적인 의의가 있었다 ($p=0.009$). 임상적 골유합은 연구군에서 145일, 대조군에서 198일

Table 4. Intermediate stages of radiographic healing

Fig. 3. Analysis of the time to complete cortical healing.

*No: Number of cortex bridged

Fig. 4. A 61-year-old male patient with bone defect of midshaft of tibia, was eventually diagnosed as nonunion, showed only minimal callus bridging after LIPUS/LASER treatment. **A:** Before the start of LIPUS/LASER treatment. **B:** After application of LIPUS/LASER exposure system.

Table 5. Comparison between nonunion type, smoking habits of each groups

Parameters	Active Group		Control Group	
	Healed (%)	Radiologic union (days)	Healed (%)	Radiologic union (days)
Nonunion type				
Hypertrophic	71	128	50	247
Oligotrophic	100	202	75	235
Smoking habits				
Smoker	60	167	60	245
Nonsmoker	75	114	75	232

로 방사선상 골유합이 생기기 전에 이루어졌으나 연구군에서 2예에서 방사선학적 골유합이 이루어진 후에도 골절부의 만성적인 통증과 압통을 호소하는 경우가 있었다. 반면 대조군에서는 골유합이 된 전예에서 방사선상 골유합이 되기 전에 임상적 골유합을 보여 연구군과 다른 양상을 보였다.

연구군의 골유합 중재에서 피질골의 유합까지 시간과 방사선 소견을 분석해 보면, 피질골의 연결이 평균 71일에 관찰되었고, 대조군의 경우 평균 96일에 관찰되어 첫 피질골의 연결이 빨리 이루어졌다 (Table 4). 일단 첫 피질골이 연결된 이후에는 다음 피질골 연결에 걸리는 시간은 점차 줄어들었다 (Fig. 3).

한편 연구군에서 완전 골유합의 소견을 보이지 않은 2예 중 1예는 중간 간부의 골절손을 동반한 Gustilo 개방성 골절 분류상 제3형으로 진단되어 외고정 장치로 일시적인 고정 후 골수강내 금속정으로 치환하고 또 한 차례의 골이식을 한 경우로서, 결국 골이식술과 초음파/레이저 치료 후에도 반응이 없었다 (Fig. 4). 또 다른 1예는 첫 수상 당시 심한 연부 조직 손상을 동반한 Gustilo 개방성 골절 분류상 제2형으로 분류된 경우로 외고정 장치와 골이식을 하였으나 불유합으로 진단받았다. 본원에서 확골성 골수강내 금속정과 골이식을 시행하였으나 가골의 형성이 미미하여 최초 연결 소견만 보였다.

불유합의 종류에 따른 골유합은 연구군에서 과영양성 불유합은 71%, 저영양성 불유합은 100%로 나타났고, 대조군에서는 과영양성 불유합의 경우 50%, 저영양성 불유합은 75%의 유합률을 나타내었다. 방사선학

적 골유합은 연구군에서 과영양성 불유합에서 128일, 저영양성 불유합은 202일 나타났고, 대조군에서는 과영양성 불유합은 247일, 저영양성 불유합은 235일로 나타났다. 흡연 유무에 따라서는 연구군에서 흡연가의 경우 60%, 비흡연가의 경우 75%의 유합률을 보였으며, 대조군에서는 각각 60%와 75%였다. 방사선학적 유합일은 두 군 모두에서 비흡연군에서 짧게 나타났다 (Table 5).

고 찰

많은 동물 연구에서 골유합을 촉진시키는데 초음파의 효능이 밝혀진 이후^{2,3,13,15,16}, 초기 초음파의 임상 연구는 주로 신선 골절 치유에 대한 초음파의 효능에 대한 연구였다. 신선 경골 간부 골절과 요골 원위부 골간단부 골절에 대한 전향적, 무작위, 양맹 대조군 검사를 통해 인간에 있어 초음파 치료가 임상적 및 방사선학적 골유합을 40% 정도 촉진시키며¹⁴, 대퇴골, 수근골 등의 다른 부위나 흡연을 하는 환자에서도 골절의 치유를 촉진시킨다는 사실이 밝혀졌다^{6,8,9}. 더욱이 저장도 초음파는 골유합을 저해하는 당뇨, 골다공증, 혈관 장애 등 동반 질환이 있는 환자나 스테로이드, NSAID, 칼슘 차단제 등 골유합을 지연시키는 약제를 복용하는 경우에서도 매우 높은 골유합률을 보여주고 있다⁷. 그럼에도 불구하고 실질적으로 임상에서는 골절 이후 수개월이 지난 이후에도 정상적인 치유 과정을 거치지 못하는, 5~10% 정도의 불유합 치료가 정형외과 의사들에게 문제가 되고 있다. 저자들에

따라서 경골 골절 이후 30%에서 44%까지 지연유합 내지 불유합을 보고하기도 한다^{4,5)}.

한편, 전기 자극 자극이나 국소 성장 호르몬 투여 등의 비수술적 치료는 여전히 고식적인 골이식술과 내 고정술을 대체하지는 못하고 있는데, 최근 저장도 초음파가 신선 골절의 치료 효과 외에 불유합에서도 그 치료 효과가 증명하는 보고가 늘고 있다. 최근 Nolte 등¹²⁾은 29예의 불유합에 대한 연구에서 평균 골절 연령은 52주였으며, 25예 (86%)에서 초음파 치료로 인한 골유합을 얻을 수 있었고, 평균 치유 시간을 22주로 보고하였다. 이런 임상 결과는 그 분석 방법에서 결과 판정까지 단순 비교가 어려우나, 각각의 연구 결과는 의미있는 것으로 받아들여지고 있다.

이에 저자들은 임상에서 흔한 장관골인 대퇴골과 경골의 불유합에 있어 일반적인 치료인 골이식술만 시행한 군과 추가적으로 저장도 초음파/레이저 골절 치료기를 적용한 군으로 나누어 그 효용성을 비교해 보았다. 대조군은 골절 부위와 개방성을 제외하고는 나이, 성별을 비롯해 수술 횟수나 흡연, 골절 연령 등에 있어 비슷한 분포를 보여주고 있다.

Mayr 등¹⁰⁾은 951예의 지연유합과 366예의 불유합 환자에서 저장도 초음파의 사용 이후 각각 91% (평균 골유합일수 129 ± 2.7 일)와 86% (평균 골유합일수 152 ± 5.3 일)의 치유율을 보고하였고 흡연군에서 비흡연군보다 낮은 치유율을 나타내었다고 보고하였다. 비슷한 보고가 Moyen 등¹¹⁾에 의해 이루어졌는데, 저장도 초음파로 치유한 25예의 불유합의 치유 성공률을 95%, 평균 치유 기간을 138일로 보고하고 있다. 저자들의 경우, 불유합된 골절은 골절 치료기 적용 이후 평균 141일의 치유 기간이 소요되어 비슷한 결과를 보였다. 한편 Albers 등¹⁾은 37예의 불유합에 있어 35예 (95%)는 치유되었고 평균 골유합일수는 130 ± 11.2 일로 초음파 치료를 받은 군에서 통계학적으로 의의가 있는 치유 효과를 보였다고 하였다. 또 그들은 과영양성 불유합은 100%, 저영양성 불유합은 92%, 위축성 불유합의 경우 88%의 유합률을 보였다고 하였다. Nolte 등¹²⁾은 불유합의 종류에 따른 유합률에서 과영양성 불유합은 80%, 저영양성 불유합은 92%, 위축성 불유합은 80%의 결과를 보여 큰 차이가 없었다고 하였고, 골유합에 영향을 미치는 인자 중 흡연 유무를 제외한 다른 인

자 즉, 나이, 성별, 동반 질환, 위치, 골절 연령, 최근 수술과의 기간, 고정 방법 등과 유합률은 통계적으로 의의가 없다고 하였는데, 저자들의 경우 과영양성 불유합은 71%, 저영양성 불유합은 100%의 유합률을 보였고, 흡연가의 경우 60%, 비흡연가의 경우 75%의 유합률을 보여 비슷한 결과를 나타내었다. 또 골절 치유기 적용 이후 최초 가골 형성이 71일로 대조군 96일에 비해 초기에 나타나는 것은 초음파/레이저의 효과로 의미있는 소견으로 여겨진다.

결 론

반복된 수술로 인한 난치성 장관골 불유합의 치료에 있어 골절 치유기는 골이식술과 함께 긍정적인 효과가 있었으며 특히, 최초 가골 형성에 있어 대조군에 비해 초기에 방사선적 변화를 확인할 수 있었다. 또한 심한 연부 조직 손상과 반복된 수술로 인하여 불량한 주변 연부 조직의 상태가 불유합 치유에 또 다른 예후 인자로 사료되었다.

REFERENCES

- 1) Albers RG, Patka P, Janssen IM and van der Krans A: An effective therapy for nonunions -low-intensity ultrasound. *J Bone Joint Surg Br*, 81-B: 247-248, 1999.
- 2) Brookes M and Dyson M: Stimulation of bone repair by ultrasound. *J Bone Joint Surg Br*, 65: 659, 1983.
- 3) Brueton RN, Brookes M and Heatley FW: The effect of ultrasound on the repair of a rabbit's tibial osteotomy held in rigid fixation. *J Bone Joint Surg Br*, 69: 494, 1987.
- 4) Darder A and Gomar F: A Series of tibial fractures treated conservatively. *Injury*, 6: 225-235, 1975.
- 5) Dickson K, Karzman S, Delgado E and Contreras D: Delayed unions and nonunions of open tibial fracture. Correlation with arteriography results. *Clin Orthop*, 302: 189-193, 1994.
- 6) Fujioka H, Tsunoda M, Noda M, Matsui N and Mizuno K: Treatment of ununited fracture of the hook of

- hamate by low-intensity pulsed ultrasound: a case report. *J Hand Surg*, 25(1): 77-79, 2000.
- 7) **Hadjiargyrou M, McLeod K, Ryaby JP and Rubin C:** Enhancement of fracture healing by low intensity ultrasound. *Clin Orthop*, 355: 216-229, 1998.
- 8) **Heckman JD, Ryaby JP, McCabe J, Frey JJ and Kilcoyne RF:** Acceleration of tibial fracture-healing by non-invasive, low-intensity pulsed ultrasound. *J Bone Joint Surg Am*, 76: 26-34, 1994.
- 9) **Kristiansen TK, Ryaby JP, McCabe J, Frey JJ and Roe LR:** Accelerated Healing of Distal Radial Fractures with the Use of Specific, Low-Intensity Ultrasound. *J Bone Joint Surg*, 79-A: 961-973, 1997.
- 10) **Mayr E, Frankel V and Ruter A:** Ultrasound--an alternative healing method for nonunions? *Arch Orthop Trauma Surg*, 120: 1-8, 2000.
- 11) **Moyen B, Mainard D, Azoulai JJ and Toullec E:** Delayed and nonunions-A safe and effective treatment. *J Bone Joint Surg (Br)*, 81-B: 247, 1999.
- 12) **Nolte PA, van der Krans A, Patka P, Janssen IM, Ryaby JP and Albers GH:** Low-intensity pulsed ultrasound in the treatment of nonunions. *J Orthop Trauma*, 51: 693-702, 2001.
- 13) **Pilla AA, Mont MA, Nasser PR, et al:** Non-invasive low-intensity pulsed ultrasound accelerates bone healing in the rabbit. *J Orthop Trauma*, 4: 246-253, 1990.
- 14) **Rubin C, Bolander M, Ryaby JP and Hadjiargyrou M:** The use of low-intensity ultrasound to accelerate the healing of fractures. *J Bone Joint Surg Am*, 83-A (2): 259-270, 2001.
- 15) **Takikawa S, Matsui N, Kokubu T, Tsunoda M, Fujioka H, Mizuno K and Azuma Y:** Low-intensity pulsed ultrasound initiates bone healing in rat non-union fracture model. *J Ultrasound Med*, 20(3): 197-205, 2001.
- 16) **Yang KH and Park SJ:** Stimulation of fracture healing in a canine ulna full-defect model by low-intensity pulsed ultrasound. *Yonsei Med J*, 42(5): 503-508, 2001.

Abstract

Treatment of Nonunion in the Long Bone with Low Intensity Pulsed Ultrasound (LIPUS) and LASER

In-Ho Jeon, M.D., Chang-Wug Oh, M.D., Sung-Jung Kim, M.D.,
Hee-Soo Kyung, M.D., Il-Hyung Park, M.D., Byung-Chul Park, M.D.,
Joo-Chul Ihn, M.D., Jun-Young Yeo, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Kyungpook National University Hospital, Taegu, Korea

Purpose: Low-intensity, pulsed ultrasound (LIPUS) has demonstrated a stimulation and acceleration of the normal fracture-repair process in cellular bases as well in animal and human models. In this study, the adjunctive effect of LIPUS and LASER was investigated in established nonunion of the long bones.

Materials and Methods: Study group consisted of eight patients to whom conventional bone graft and adjunctive LIPUS and LASER was applied. On the other hand, eight patients in the control group underwent bone graft only. Eleven men and five women were included in this study and the average age of the patients was 41.7 years (range, 19~62 years). Six of the tibias and ten of the femurs met the criteria for established nonunion. The average fracture age, the post-fracture period before the start of LIPUS/LASER treatment, was 502 days.

Results: Seven of the ten nonunions who were treated by LIPUS and LASER healed completely in an average treatment time of 141 days (range, 101~202 days) and otherwise, in control group, five of the eight nonunions healed completely, in 240 days (range, 183~283 days).

Conclusion: This clinical study showed a positive effect of LIPUS and LASER on the rate of osseous repair, especially accelerated time to initial callus cortical bridging compared to that of conventional treatment.

Key Words: Long bone, Nonunion, Ultrasound and LASER

Address reprint requests to _____

Chang-Wug Oh

50 Samduk 2 Ga, Chung Gu, Taegu, Korea

Department of Orthopaedic Surgery, Kyungpook National University Hospital

Tel : 053-420-5630, Fax : 053-422-6605

E-mail : cwoh@knu.ac.kr