

가토에서 하악골신장술시 신장부에 대한 가골압축의 효과

박홍주 · 안진석 · 국민석 · 오희균 · 유선열 · 조진형*

전남대학교 치의학전문대학원 구강악안면외과학교실, 전남대학교 치의학연구소, *전남대학교병원 교정과

Abstract

EFFECTS OF COMPRESSION ON DISTRACTED AREA DURING MANDIBULAR DISTRACTION IN RABBITS

Hong-Ju Park, Jin-Suk An, Min-Suk Kook, Hee-Kyun Oh, Sun-Youl Ryu, Jin-Hyoung Cho*

*Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Dental Science Research Institute, School of Dentistry, Chonnam National University, *Department of Orthodontics, Chonnam University Hospital*

Purpose: To evaluate the effect of compression on the distracted area in new bone formation during mandibular distraction osteogenesis in rabbits.

Materials and method: Sixteen rabbits, weighing approximately 2 Kg, and the prefabricated distraction device were used. With the rabbits under general anesthesia, we performed vertical osteotomies between the anterior and posterior mandibular teeth and then placed the distraction device. After a 5 -day latency period, the mandible was distracted to a length of 10.0 mm at a rate of 1 mm/day and then immediately compressed 4 mm in the experimental group (n=8). In the control group (n=8), the mandible was distracted to a length of 6.0 mm at a rate of 1 mm/day. Rabbits in the control group were killed at 2 and 8 weeks during the consolidation period. The specimens were evaluated with light microscope after H & E stain. Histomorphometric analysis was done at 8 week specimens.

Results: All experimental animals showed mandibular elongation on the macroscopical and radiographic evaluations. At 2 week, immature bone formation was observed from the surface of the host bone margins with collagen fibers arranged parallel to the direction of distraction in the control group; in the experimental group, immature bone formation was observed adjacent to the host bone, and the collagen fibers were not arranged uniformly. At 8 week, spindle-shaped new bone formation was seen in the direction of distraction in distracted area of the control group, while in the experimental group, the newly formed bone was arranged in a multidirectional manner, like the pattern of trabeculae. In the histomorphometric analysis of 8 weeks, the area of bone deposition was $2.12 \pm 0.75 \text{ inch}^2$ in the experimental group and $0.87 \pm 0.51 \text{ inch}^2$ in the control group ($p < 0.01$). The bone deposition ratio was $29.60 \pm 10.50\%$ in the experimental group and $12.10 \pm 7.17\%$ in the control group ($p < 0.01$).

Conclusion: These results suggest that compression after over-distraction during the mandibular distraction osteogenesis is an effective method of increasing the amount of newly formed bone in distracted area.

Key words: Distraction Osteogenesis, Compression

※ 본 연구는 2004년도 전남대학교 교내 연구비(관리번호 2004-0117) 지원에 의해 이루어짐.

I. 서론

골신장술(distraction osteogenesis; DO)은 두개악안면 영역에 발생하는 기형의 치료와 결손의 재건에 이용되는 술식 중 하나로써 골 뿐만 아니라 근육, 피부, 점막 등 주위 연조직도 동시에 신장시키는 술식이다¹⁾. 골신장술은 원래 하지의 길이를 늘리려는 목적으로 1905년 Codivilla¹⁾에 의해 처음으로 소개되었고, Ilizarov^{2,3)}에 의해 많은 발전을 이룩하였다. 그 후 골신장술을 악안면 영역에 적용하기 위한 연구가 시도되어, 1973년 Snyder 등⁴⁾은 성견 하악골을 이용한 골신장술을 처음으로 보고하였다. 1992년 McCarthy 등⁵⁾이 반안면왜소증을 보이는 소아의 하악골에 최초로 골신장술을 임상적으로 적용한 이후, 새로운 신장장치에 대한 연구와 개발이 이루어져 왔으며, 현재 골신장술은 악안면 기형의 치료에 많이 이용되고 있다.

골신장은 치유가골(healing callus)의 발생으로 시작되며, 가골은 신장력 하에서 신생골 형성을 유도한다⁴⁾. 골신장술은 일반적으로 골절단계, 잠복기, 골신장기, 골경화기의 4단계로 구성된다⁴⁾. Ilizarov³⁾는 골신장술 동안 골형성에 영향을 미치는 여러 가지 요인에 대하여 언급하였는데, 생물학적인 요인으로는 환자의 연령과 골절단 부위의 국소적인 혈류 공급이, 역학적인 요인으로는 잠복 기간(latency period), 골신장의 비율과 리듬, 그리고 경화 기간(consolidation period) 등이 있다고 하였다. 그리고 이러한 요인들에 대하여 많은 연구가 시행되었다^{3,6-8)}.

일반적으로 무치악 치조부에 시행되는 골신장술은 신장된 골에 임플란트를 매식하기 위한 경우가 대부분이다. 그러나 상악이나 하악을 길이 방향으로 늘리는 경우 기존의 골신장술에 의해 형성되는 신생골은 기존골보다 수축된 양상으로 나타나거나 연조직의 미입(entrapment) 등으로 임플란트 매식에 적절한 골을 제공하지 못하게 되는 경우가 있다⁹⁾. 또한 치조골의 수직적 결손 시에도 골신장술 후 폭경이 좁아지거나 연조직이 미입되는 경우가 있고, 이로 인해 임플란트 매식도 어렵게 된다¹⁰⁾. 따라서 임플란트 매식을 위해 신장된 부위는 골열개(dehiscence) 또는 천공(perforation) 등이 발생되지 않도록 적절한 골의 양을 가져야 한다.

골신장 부위에서 신생골 양을 늘리고 연조직 미입을 줄이기 위해 신장된 가골 내에 성장인자와 같은 물질을 주입하거나 신장방법을 변형시키는 방법들이 연구되고 있다. 신장된 가골 내에 다른 물질을 주입하는 방법으로는 염화불소를 전신투여하거나 신장부위에 insuline-like growth factor (IGF), transforming growth factor(TGF)- β , platelet-derived growth factor(PDGF)와 같은 성장인자 또는 혈소판농축혈장(platelet rich plasma, PRP)의 국소주입에 대한 연구들이 보고되었다⁶⁻⁸⁾. 성장인자의 국소주사는 상당히 효과적인 것으로 알려져 있으나, 경제적 부담이 크고 약

제를 구하기 어려운 문제점을 가진다. 혈소판농축혈장의 주입 또한 제조 과정에서 오염될 가능성이 많고 채혈이 필요하며 주입 시기나 방법 등도 정립되어 있지 않다⁷⁾.

골신장 방법을 변형시키는 방법에 대한 연구로서 Mofid 등¹¹⁾은 동물실험을 통하여 골신장 완료 후 경화기에 3주 동안 매일 골신장과 압축(compression)을 번갈아 시행하여 치유가골을 자극하면 기존의 골신장술에 비하여 조직학적으로 우수한 골침착을 보인다고 하였다. 또 골신장기 동안 골을 서서히 늘리는 방법이나 신장과 압축을 반복하여 점진적으로 늘리는 방법 등이 보고되었다^{12,13)}. 골신장 방법을 변형시키는 방법은 특별한 비용이나 부가적인 술식을 필요로 하지 않으며, 골신장을 천천히 시행함으로써 환자가 신장을 시행하는 동안 느끼는 불편감을 줄일 수 있다. 신장과 압축을 반복한 연구에서 Mofid 등¹¹⁾은 골침착이 우수하다고 보고한 반면, Greenwald 등¹³⁾은 특별한 효과가 없다고 하였다. 지금까지 골신장 방법을 변형시킨 연구들은 신장과 압축을 반복하면서 점진적으로 신장시키거나, 신장기 완료 후 신장과 압축의 반복에 의해 신장부에 자극을 주기 위한 시도가 대부분이었다¹¹⁻¹³⁾. 또 다른 골신장 방법의 변형으로 골신장시 예정된 길이보다 과신장시켜 가골을 많이 형성시킨 후 한번에 압축시켜 신장부로 가골을 모이게 하는 방법이 있을 수 있다. 이 방법을 사용하면 과신장되었던 신생 가골의 길이는 예정된 길이로 줄어들고 대신 협설축으로 풍용해질 것으로 기대된다. 그러나 이러한 연구는 아직 보고된 바 없다. 그러므로 골신장시 과신장시킨 후 한 번에 일정량 압축시키는 방법이 신생골 형성에 어떠한 영향을 미치는지 알아볼 필요가 있다.

본 연구의 목적은 가토에서 통상적인 방법으로 하악골신장술을 시행하면서 과신장시킨 후 신생 가골에 압축을 시행하는 방법이 골신장술 후 신생골 형성에 미치는 효과에 대하여 알아보는데 있다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

체중 2.0 kg 내외의 건강한 잠종 가토 16마리를 실험동물로 선택하여, 약 2주 동안 동일한 조건에서 사육하였다. 골신장장치는 기존의 교정치료에 이용되며 최대 11 mm까지 늘릴 수 있는 교정용 확장 장치(expansion screw)를 변형시켜 제작하였다.

2. 실험방법

전신마취를 위하여 Ketamine HCl 50 mg/kg과 Xylazine 1 ml/kg을 혼합하여 근육 주사하였다. Calcium tioglycol-

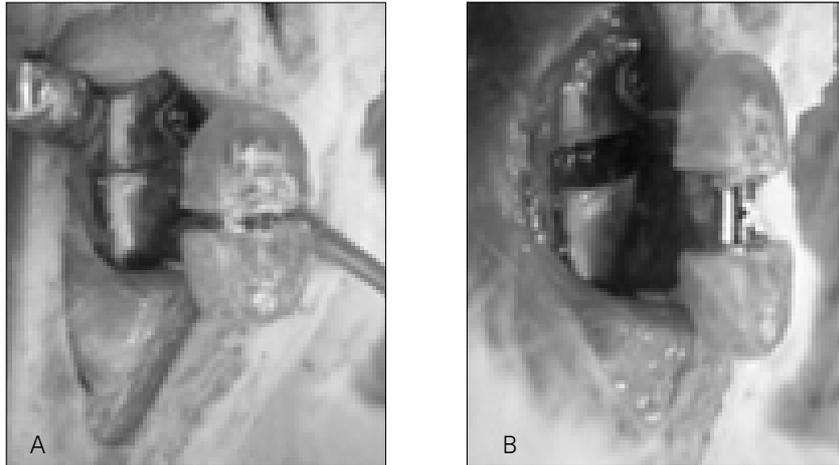


Fig. 1. The distraction device was made by modifying the orthodontic expansion screw. (A) Application of the distraction device. (B) Identifying the distraction of the bony segment.

late 연고를 악하부에 도포하여 털을 제거하고 베타딘으로 소독하였다. 가토의 하악골 하연과 평행하게 약 2 cm 정도 절개를 가하고 협측 골막을 거상하여 하악골을 노출시켰다. 이때 설측에 부착된 연조직이 분리되지 않도록 주의하였다.

가토의 우측 하악 전치부와 구치부 사이의 골체부 치조정으로부터 하악 하연까지 수직골절단선을 표시하고 골절단선을 기준으로 미리 제작된 골신장장치를 장착될 자리에 위치시킨 후, 골신장장치의 나사 구멍(screw hole)에 맞추어서 drilling 후 소형 나사(miniscrew)로 골신장장치를 고정시키고, 다시 소형 나사를 풀어서 장치를 제거하였다. 미리 표시된 골절단선을 따라 전기톱(electric saw)으로 설측 연조직과 하치조신경이 손상되지 않도록 협측 피질골 전체와 설측 피질골 일부를 절단한 후 절골도(spatula osteotome)로 하악골을 절단하였다.

절단된 골에 골신장장치를 재위치시키고 소형 나사로 고정하였다. 골신장장치를 여러 바퀴 회전시켜 골이 잘 신장되는지 확인한 다음, 다시 골편이 원래의 위치로 돌아가도록 반대 방향으로 회전시켜 골절단 부위의 골편들이 잘 접촉되도록 하였다(Fig. 1). 절개 부위를 3-0 Vicryl과 3-0 Mersilk로 층별 봉합하였다. 창상부위의 감염 예방을 위해 시술 후 3일 동안 Amoxicillin/Clavulanate (Augmentin®, 일성신약, 한국) 0.2 g/kg를 주사용 증류수 2 ml에 혼합하여 근육주사하였다.

가토 하악골신장은 5일 동안의 잠복기를 거친 후, 실험동물은 하루에 1 mm 씩 10일 동안 10 mm 신장시킨 후 한번에 4 mm 압축시킨 가토 8마리를 실험군으로, 그리고 정상적으로 하루에 1 mm 씩 6일 동안 총 6 mm 신장시킨 8마리를 대조군으로 하였다.

3. 실험동물의 희생 및 조직시편 제작

실험군과 대조군 모두 각각 대조군의 신장 완료 2주(실험군과 대조군 각각 2마리)와 8주(실험군과 대조군 각각 6마리) 후에 pentothal sodium을 과량 주사하여 실험동물을 희생시키고 하악골을 적출하여 방사선사진을 촬영하였다. 적출된 하악골에서 골신장장치를 제거하고 신장부위 주변의 정상골이 약 2 cm 포함되도록 채취한 후 하악 하연에서 상연까지 상방, 중간, 하방에서 하연에 평행하게 협설측으로 하악골을 절단하고, 그 중 중간 부위에서 1개씩의 시편을 제작하였다. EDTA 용액으로 탈회하고 알코올을 이용하여 일련의 탈수과정을 거친 후 파라핀에 포매하였다. 조직은 하악골의 길이 방향을 따라 협설측으로 5 mm의 박절편을 제작하고 H & E 염색하였다.

4. 평가

1) 육안적 관찰

2주군과 8주군 실험동물의 하악골을 채취하여 신장된 골 모습을 육안으로 관찰하였다.

2) 방사선 검사

60 KVP, 6 mA, 관구와 피사체의 거리를 15 cm로 규격 화시킨 상태에서 8주군의 하악골의 전후방과 측면을 단순 방사선사진을 촬영하여 신장부위를 관찰하였다.

3) 조직학적 검사

2주와 8주군의 조직시편을 H & E 염색 후 광학현미경을 통하여 관찰하였다.

4) 조직형태계측학적 분석

8주군의 각 개체마다 하악골의 중앙부위에서 얻어진 12개의 시편에서 신장된 부위의 중앙부분을 광학현미경으로 40배 시야에서 디지털카메라로 촬영 후 저장된 상을 Scion image®(Scion Corp, USA)를 이용하여 신장된 부위에 생성된 신생골의 면적을 측정하고, 골침착율(bone deposition ratio)은 다음과 같은 식으로부터 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{골침착 면적} &= \text{슬라이드상 형성된 신생골 면적(inch}^2\text{)} \\ \text{골침착율(\%)} &= \text{형성된 신생골 면적} / \text{슬라이드상} \\ &\quad \text{총면적} \times 100 \end{aligned}$$

통계학적 분석은 각 군 간의 평균을 비모수검정인 Mann-Whitney test를 이용하여 검정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 육안적 소견

2주와 8주군 모두에서 골신장 기간 동안 감염, 창상열개 및 장치 탈락과 같은 합병증은 발생하지 않았다. 또한 골신장 기간 동안 가토의 하악 운동은 모두 정상이었으며, 모든 실험동물에서 하악골의 신장 효과로 전치부가 좌측으로 변위된 교차교합을 보였다.

2. 방사선학적 소견

8주의 실험군과 대조군 모두 골신장 부위에서 주변골보다 상대적으로 밀도가 낮은 방사선불투과상을 관찰할 수 있었

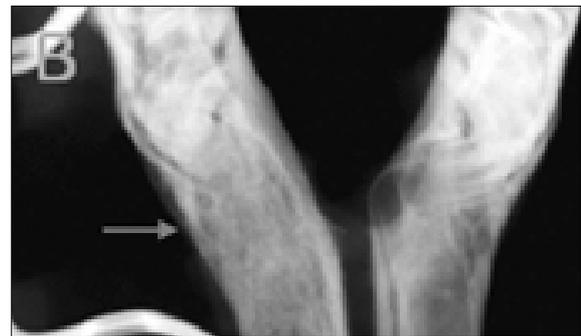


Fig. 2. Radiopaque areas are observed at the distraction site at 8 week after the distraction in the control (A) and the experimental group (B). The experimental group is more radiopaque than the control group.

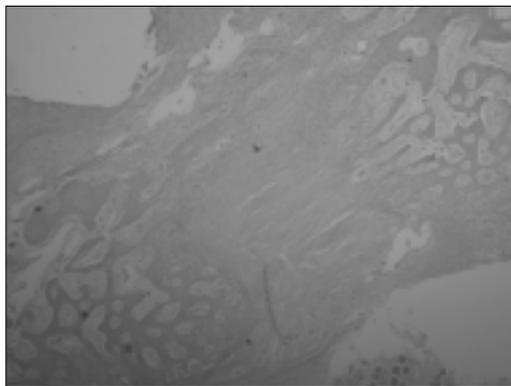


Fig. 3. Photomicrograph of the control group at 2 week of the consolidation period. Immature bone formation is observed from the surface of host bone margins and collagen fibers arranged parallel to the direction of distraction (H & E, ×40).

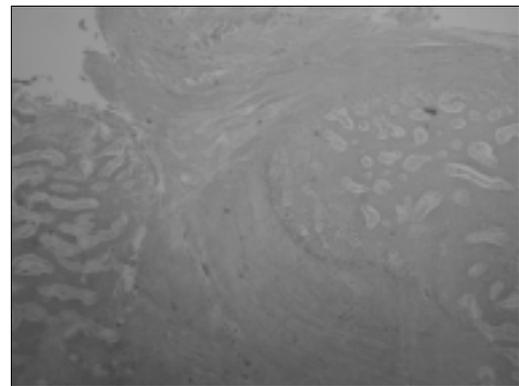


Fig. 4. Photomicrograph of the experimental group at 2 week of the consolidation period. Immature bone formation is observed from the surface of host bone margins and collagen fibers arranged without uniform direction (H & E, ×40).

으며, 대조군에 비하여 실험군에서 약간 더 밀도가 높은 방사선불투과상을 관찰할 수 있었다(Fig. 2).

3. 조직학적 소견

- (1) 대조군(2주) : 숙주골의 변연에서 미성숙한 골이 관찰되었으며, 신장부위의 섬유조직이 신장 방향을 따라 일정하게 배열되어 있는 것이 관찰되었다(Fig. 3).
- (2) 실험군(2주) : 숙주골의 변연에서 미성숙 골이 관찰되었으며, 신장부위의 섬유조직이 일정한 방향없이 배열되어 있는 것이 관찰되었다(Fig. 4).
- (3) 대조군(8주) : 신장 부위에서 성숙한 신생골 형성을 관찰할 수 있었으며, 신생골은 가는 방추상으로 신장 방향을 따라 비교적 일정하게 배열되어 있었다. 신장 부위의 협축 피질골 부위에서 섬유성 결체조직의 미

입이 관찰되었다(Fig. 5).

- (4) 실험군(8주) : 신장 부위에서 성숙한 신생골 형성 및 많은 신생혈관이 관찰되었다. 신생골은 여러 방향으로 배열되어 있었다. 신장 부위는 균일한 폭경을 유지하면서 신장되어 있었으며 섬유성 결체조직의 미입도의 관찰되지 않았다(Fig. 6).

4. 조직형태계측학적 소견

신장 완료 후 8주째의 조직에서 새로 생성된 골침착 면적은 실험군에서는 $2.12 \pm 0.75 \text{ inch}^2$ 였고 대조군에서는 $0.87 \pm 0.51 \text{ inch}^2$ 였으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 골침착율은 실험군에서는 $29.60 \pm 10.50\%$ 였고, 대조군에서는 $12.10 \pm 7.17\%$ 였으며, 이는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$, Table 1).

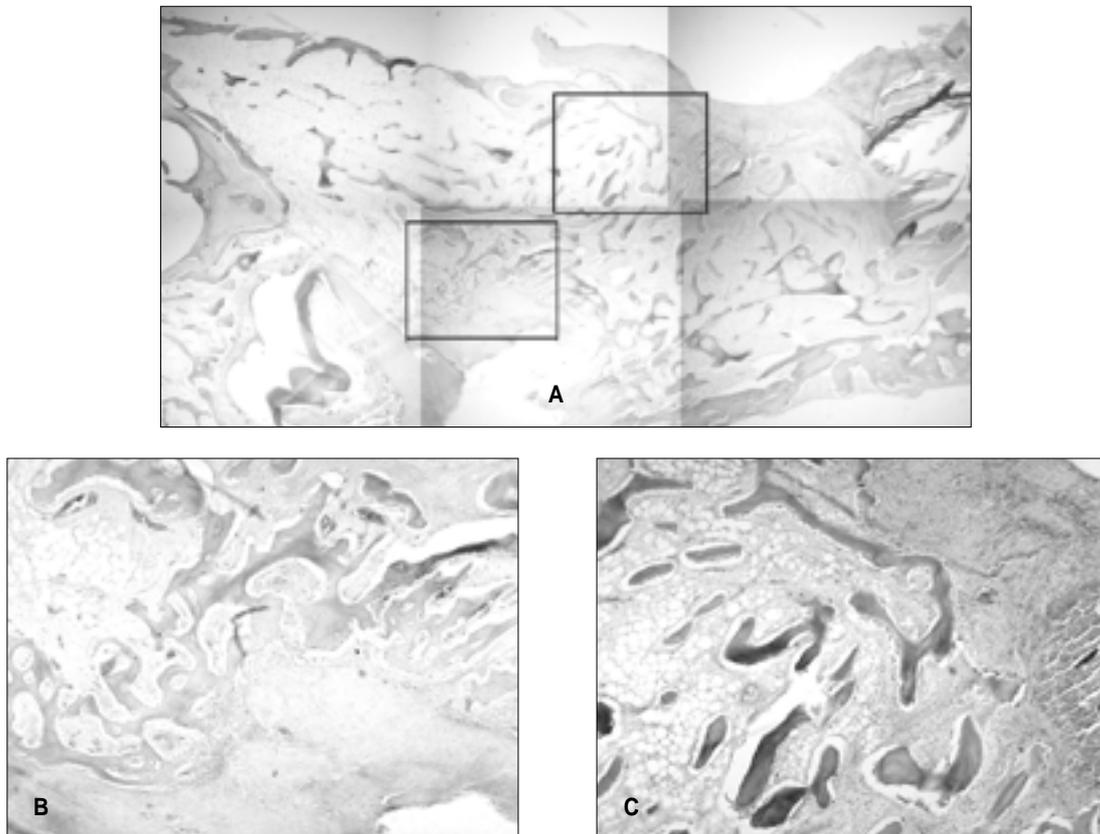


Fig. 5. Photomicrographs of the control group at 8 week of the consolidation period.

- A. The spindle like newly formed bone is seen on the distracted area. The newly formed bone is arranged along direction of distraction. Some soft tissue entrapment is observed at the periphery of distracted area (H & E, $\times 20$).
- B. The new bone formation from the osteotomy site is seen with spindle shape (H & E, $\times 40$).
- C. In the distraction area, mature bony trabecular pattern and lamellar bone are observed. And there is thin spindle shaped lamellar bone that is arranged parallel to the distracted direction (H & E, $\times 40$).

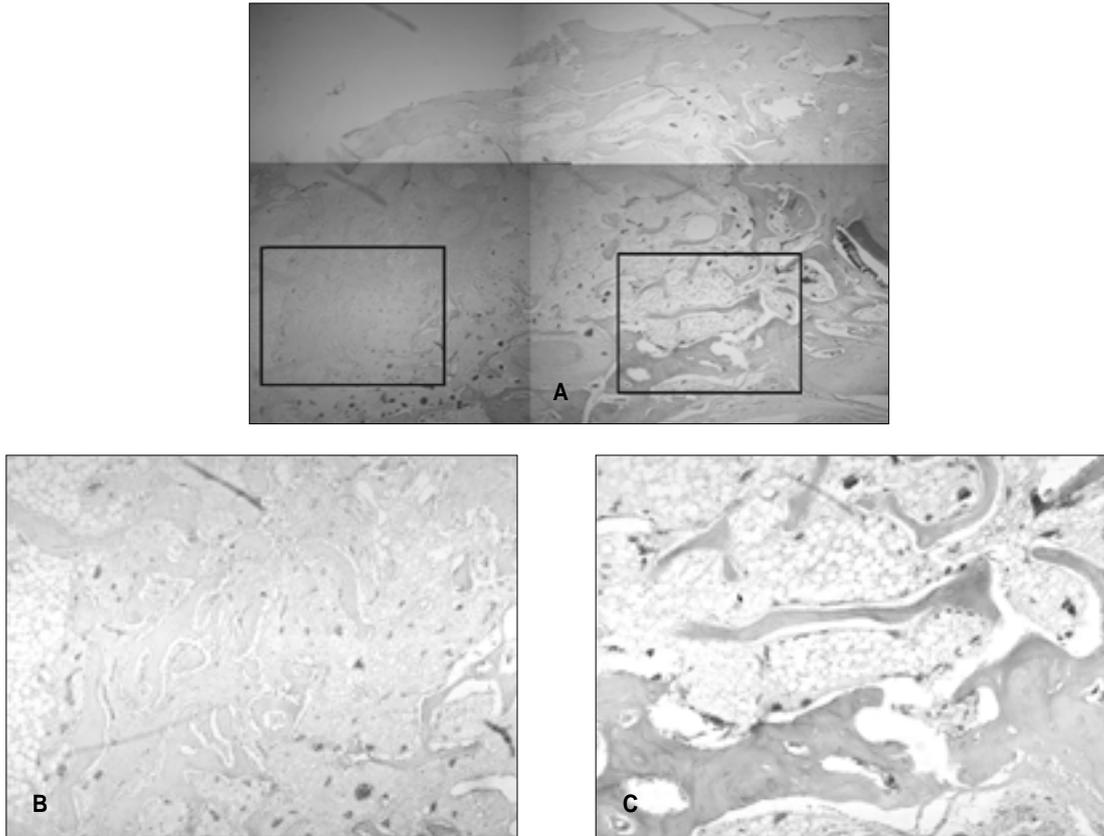


Fig. 6. Photomicrographs of the experimental group at 8 week of the consolidation period.
 A. The newly formed bone is observed in the distracted area without soft tissue entrapment and arranged with multidirectional manner (H & E, ×20).
 B. Mature bony trabecular pattern, lamella bone and active newly formed blood vessels are observed in the distraction area. And there is newly formed bone that is arranged by bony trabecular pattern without uniform orientation (H & E, ×40).
 C. New bone formation near the osteotomy site is observed (H & E, ×40).

Table 1. Regenerated Bone Score at 8 week after the Distraction in the Control and the Experimental groups (n=12)

Groups	BDA (inch ² , Mean ± SD)	BDR (% , Mean ± SD)
Control	0.87 ± 0.51	12.10 ± 7.17
Experimental	2.12 ± 0.75	29.60 ± 10.50

* p < 0.01; SD, standard deviation; BDA, bone deposition area; BDR, bone deposition ratio.

Ⅳ. 고 찰

악골에서 골신장술은 골절단술, 잠복기, 골신장기 및 골경화기의 4 단계로 일반화되었다⁴⁾. 치조골에서 골신장술은 악골에서의 4 단계에 임플란트 매식기가 추가된다¹⁰⁾. 골신장기 동안에 신장시키는 양에 대해서도 다양한 연구들이 시행되어 하루에 1 mm의 신장 속도가 추천되고 있다¹⁴⁾. 악골의

골신장술, 특히 하악골체부의 신장 역시 임플란트 매식을 필요로 하는 경우가 대부분이다. 실제 임상에서 골신장술 후 임플란트를 매식하기 위해 피판을 거상시키고, 골신장장치를 제거하면 신장부의 협축으로 섬유성 조직이 개재되거나 신장부의 폭경이 원래의 골 폭경보다 작은 경우가 관찰된다. 이 현상은 “모래시계 변형(hour-glass deformity)”라고 보고되었으며, 일반적으로 잘 알려진 현상이다⁹⁻¹²⁾.

Garcia 등⁹⁾은 이러한 골 결손부를 협측의 결손 정도에 따라 골 결손이 없는 category I부터 신장 부위에 골이 전혀 형성되지 않은 category IV까지 4 가지로 분류하였으며, category II와 III는 임플란트 매식시 각각 골천공이나 열개 등의 합병증을 유발한다고 보고하였다.

신장 부위에서 연조직의 미입이나 “hour-glass deformity”와 같은 문제점을 해결하고자 과거부터 현재까지 많은 연구가 시행되고 있다. 신장부에서 충분한 신생골을 얻기 위한 시도는 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 하나는 골 형성에 도움을 주는 약물을 신장부에 주입하는 것이고, 또 다른 하나는 골을 신장시키는 방법을 변형시키는 것이다. 전자에서 이용되는 약물에는 대부분이 IGF, TGF- β 또는 PDGF 같은 성장인자나, PRP, 불소화합물 등이 있다⁶⁻⁸⁾. 골 신장방법을 변형시킨 연구로는 신장량을 하루에 1 mm 이하로 하거나, 하루에 두 번 나누어서 신장시키는 방법, 신장 완료 후 일정 범위 내에서 신장과 압축을 계속 반복하는 방법, 차폐막의 이용 및 미세운동(micromovement) 등이 있다^{11-13,15-18)}. 저자 등은 실제 임상에서 골신장기 동안에 골 신장장치를 노출시킬 기회가 있었는데, 장치를 신장 부위의 길이가 줄어드는 방향으로 회전시키자 신장 부위의 가골이 협설측으로 팽윤해지는 것을 관찰하였다. 이에 착안하여 본 연구에서는 예정된 신장량보다 과신장시킨 후 압축시키는 방법이 신장부 골 형성에 어떠한 영향을 미치는지 평가하고자 본 연구에 사용된 실험방법을 선택하였다.

골신장기 동안 하루에 1 mm 씩 늘리는 것에 비해 신장방법을 변형시키게 되면 통상적인 골신장기보다 더 많은 시간을 필요로 하게 된다. 골경화기를 실험군과 대조군 모두 일정하게 두면 골절단술 후부터 경과시간이 실험군에서 더 많게 되는 반면, 골절단술 후 일정시간이 지난 후 회생시키면 대조군의 골경화기가 길어지는 현상이 발생하게 된다. 따라서 이와 관련된 실험을 하게 되면 회생 시기에 대한 고려가 필요하게 된다. Mofid 등¹¹⁾, King 등¹⁵⁾, Kassis 등¹⁸⁾은 실험군과 대조군 모두 골절단술 후 동일한 시간이 지난 후 회생하였으며, Greenwald 등¹³⁾은 골신장 완료 후 일정한 골경화기가 지난 후 실험군과 대조군을 회생하였다. 본 연구에서는 Mofid 등¹¹⁾, King 등¹⁵⁾, Kassis 등¹⁸⁾과 같이 골절단술로부터 동일한 시간이 경과한 후에 실험동물을 회생하여 골 형성 정도를 비교하였다.

골신장술 후 촬영된 단순 방사선사진이 신장 부위에 형성된 골의 무기질 침착 정도나 골의 양을 반영하는지에 대해서는 의견이 다양하다. King 등¹⁵⁾과 Farhadieh 등¹⁶⁾은 단순 방사선사진에 의해 골밀도를 평가할 수 있다고 보고한 반면, Mofid 등¹¹⁾과 Zimmermann 등¹⁹⁾은 신장부의 단순 방사선사진이 실제 무기질화 정도나 형성된 신생골의 양을 정확히 반영하지 못한다고 보고하였다. 본 연구 결과 대조

군에 비해 실험군에서 약간 더 밀도가 높은 방사선불투과상이 관찰되지만, 이것이 조직학적 소견과 연관된다고 보기는 어렵다. Zimmermann 등¹⁹⁾은 골의 무기질 함량이 30% 이상 차이가 있을 경우 방사선사진으로 반영된다고 하였다.

골신장시 신장 방법이 신생골 형성에 미치는 영향에 대한 연구에서 Mofid 등¹¹⁾은 골경화기 3주 동안 매일 1.0 mm 씩 신장과 압축을 시행하였는데, 이러한 방법이 신생 가골의 성숙을 자극하여 기존의 골신장술에 비해 골침착이 우수하다고 하였다. Kassis 등¹⁸⁾은 골신장기 동안 신장과 압축의 반복이 특별한 효과가 없다고 하였으며, Greenwald 등¹³⁾은 하루에 0.5 mm 씩 5일 동안 신장시킨 후 2일 동안 1 mm를 압축시키고, 그 후 7일 동안 3.5 mm를 신장시킨 실험에서 대조군과 실험군 사이에 조직학적으로 특별한 차이가 없었다고 하였다. 본 연구에서는 10일 동안 매일 1 mm 씩 신장시킨 후 한번에 4 mm를 압축시킨 방법으로 실험한 결과, 조직학적으로 신장부에 형성된 골은 대조군에서는 신장 방향으로 일정한 배열을 보인 반면, 실험군에서는 신생골이 여러 방향으로 배열되는 경향을 보였다. 이는 골을 신장완료 후 신장 방향으로 배열된 가골이 한번에 4 mm를 압축시킴으로써 가골의 배열이 바뀐 결과라고 생각된다. 또 대조군에서는 신장부의 연조직 미입이 관찰되었지만 실험군에서는 거의 관찰되지 않았다.

골신장술 후 임플란트 매식시 임플란트 상부는 이동 골편 (transporting disc) 쪽의 피질골에 위치하게 되지만, 임플란트 하부는 거의 대부분 신장 부위에 형성된 신생골내에 위치하게 된다. 따라서 단순한 임플란트 길이의 증가보다는 임플란트가 매식되는 부위의 골질과 골의 양이 중요하다고 할 수 있다. Kassis 등¹⁸⁾은 사지골에서 조절된 장축방향으로의 미세운동(micromovement)이 가골의 양이나 밀도 및 강도 등의 증진에 효과가 있다고 하였다. Mofid 등¹¹⁾은 신장 완료 후 경화기 초기에 신장된 골을 3주 동안 1 mm 씩 신장 및 압축시키는 자극을 가한 결과, 가골의 석회화 및 양을 증가시키는데 효과가 있다고 하였다. 신장부에서 형성된 신생골의 양에 대한 정량적인 분석을 위한 조직형태계측학적인 분석에서 Mofid 등¹¹⁾은 골이 침착되는 속도가 대조군에서는 $2.1 \pm 0.15 \mu\text{m/day}$, 실험군에서는 $3.1 \pm 0.3 \mu\text{m/day}$ 라고 하였다. 본 연구에서는 골침착 면적과 골침착율을 측정하였다. 8주군의 골침착 면적은 실험군에서는 $2.12 \pm 0.75 \text{ inch}^2$ 였고 대조군에서는 $0.87 \pm 0.51 \text{ inch}^2$ 였으며, 골침착율은 실험군에서 $29.60 \pm 10.50\%$ 였고 대조군에서는 $12.10 \pm 7.17\%$ 였으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 가골의 압축으로 신장 방향을 따라 과신장되었던 신생 가골의 길이는 예정된 길이로 줄어들고 대신 협설측으로 팽윤해졌기 때문이다. Meyer 등²⁰⁾은 과신장시키는 동안 가골에 지속적으로 가해진 신장력이 신생골의

형성에 영향을 미쳐 신생골의 양을 증가시킨다고 하였다. 이는 측정방법이나 골신장술시 변형시키는 방법이 다르지만, 이러한 변형이 신장부의 신생골 형성에 효과가 있다는 면에서는 Mofid 등¹¹⁾과 유사한 소견을 보인 것으로 생각된다.

골신장술시 신장부에 형성되는 신생골의 양과 질에 관여하는 인자가 다양하게 존재하는데, 그 중 본 연구에서 시행한 가골의 압축 방법은 신장부에 형성되는 신생골을 질적 및 양적으로 증가시키는데 효과가 있음을 보여 주었다. 그러나 과신장시 지속적으로 가해지는 자극이 골의 형성에 미치는 영향과 신장 부위에 가해지는 압축이 새로 형성된 신생골의 폭경에 미치는 영향, 그리고 적절한 압축력의 크기 등에 대해서는 더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 가토에서 통상적인 방법으로 하악골신장술을 시행하면서 과신장시킨 후 신생 가골에 가해지는 압축의 효과에 대하여 육안적, 방사선학적, 조직학적 관찰 및 조직형태측학적 분석을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 2주와 8주의 모든 실험동물에서 육안적으로 하악골의 신장 효과를 볼 수 있었으며, 8주군의 방사선학적 소견상 신장부는 실험군과 대조군 모두에서 방사선불투과상을 관찰할 수 있었다.
2. 2주군의 조직학적 소견상 대조군은 숙주골의 변연에서 미성숙한 골이 관찰되었으며, 신장부위의 섬유조직이 신장 방향을 따라 일정하게 배열되어 있는 것이 관찰되었고, 실험군은 신장부위의 섬유조직이 일정한 방향없이 배열되어 있는 것이 관찰되었다.
8주군의 조직학적 소견상 대조군은 신장부위에 가는 방추상 모양의 새로 형성된 성숙골이 신장 방향을 따라 배열되어 있었고, 신장부 협축으로 연조직의 미입이 관찰되었다. 실험군에서는 신장부위에 다소 두터운 성숙골의 형성이 관찰되었으며 신생골은 여러 방향으로 배열되어 있었고, 연조직의 미입도 거의 관찰되지 않았다.
3. 8주군의 조직형태측학적 분석에서 골침착 면적은 실험군에서 $2.12 \pm 0.75 \text{ inch}^2$, 대조군에서 $0.87 \pm 0.51 \text{ inch}^2$ 로 실험군에서 유의하게 넓었고($p < 0.01$), 골침착율은 실험군에서 $29.60 \pm 10.50\%$, 대조군에서 $12.10 \pm 7.17\%$ 로 실험군에서 유의하게 컸다($p < 0.01$).

이상의 결과는 골신장술 시 과신장 후 압축을 시행하는 방법이 신장부에 형성되는 신생골의 양을 증가시키는데 효과가 있음을 시사한다.

참고문헌

1. Codivilla A : On the means of lengthening in the lower limbs, muscles and tissues which are shortened through deformity. Am J Orthop Surg 2 : 353, 1905.
2. Ilizarov GA : The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues - Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. Clin Orthop 238 : 249, 1989.
3. Ilizarov GA : The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues - Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. Clin Orthop 239 : 263, 1989.
4. Snyder CC, Levine GA, Swanson HM et al : Mandibular lengthening by gradual distraction. Plast Reconstr Surg 51 : 506, 1973.
5. McCarthy JG, Schreiber J, Karp N et al : Lengthening the human mandible by gradual distraction. Plast Reconstr Surg 89 : 1, 1992.
6. 김용하, 강무석, 김정철 등 : 가토의 하악골 연장시 Sodium fluoride 투여가 골형성에 미치는 영향. 대한성형외과학회지 107 : 538, 1999.
7. Robiony M, Polini F, Politi M : Osteogenesis distraction and platelet-rich plasma for bone restoration of the severely atrophic mandible. J Oral Maxillofac Surg 60 : 630, 2002.
8. Kokoroghiannis C, Papaioannou N, Lyritis G et al : Calcitonin administration in a rabbit distraction osteogenesis model. Clin Orthop 415 : 286, 2003.
9. Garcia AG, Martin MS, Vila PG et al : A preliminary morphologic classification of the alveolar ridge after distraction osteogenesis. J Oral Maxillofac Surg 62 : 563, 2004.
10. Stover J, Block MS, Almerico B et al : Bone response of restored implants in alveolar ridges augmented with distraction osteogenesis. J Oral Maxillofac Surg 55 : 71, 1997.
11. Mofid MM, Inoue N, Atabay A et al : Callus stimulation in distraction osteogenesis. Plast Reconstr Surg 109 : 1621, 2000.
12. Ayoub AF, Richardson W, Koppel D : Segmental mandibular reconstruction by microincremental automatic distraction osteogenesis : an animal study. Br J Oral Maxillofac Surg 39 : 356, 2001.
13. Greenwald JA, Luchs JS, Mehrara BJ et al : An evaluation of oscillation distraction osteogenesis in the rodent mandible. Ann Plast Surg 44 : 516, 2000.
14. Davies J, Turner S, Sandy JR : Distraction osteogenesis - a review. Br Dent J 185 : 462, 1998.
15. King GJ, Liu ZJ, Wang LL et al : Effect of distraction rate and consolidation period on bone density following mandibular osteodistraction in rats. Arch Oral Biol 48 : 299, 2003.
16. Farhadieh RD, Gianoutsos MP, Dickinson R et al : Effect of distraction rate on biomechanical, mineralization, and histologic properties of a bovine mandible model. Plast Reconstr Surg 105 : 889, 2000.
17. Klug C, Millesi G, Millesi W et al : Preprosthetic vertical callus distraction of the mandible using L-shaped osteotomy and titanium membranes for guided bone regeneration. J Oral Maxillofac Surg 59 : 1302, 2001.
18. Kassis B, Glorion C, Tabib W et al : Callus response to micromovement after elongation in the rabbit. J Pediatr Orthop 18 : 1302, 2001.

19. Zimmermann CE, Harris G, Thurmuller P et al : Assessment of bone formation in a porcine mandibular distraction wound by computed tomography. Int J Oral Maxillofac Surg 33 : 569, 2004.

20. Meyer U, Wiesmann HP, Kruse-Losler B et al : Strain-related bone remodeling in distraction osteogenesis of the mandible. Plast Reconstr Surg 103 : 800, 1999.

저자 연락처

우편번호 501-757
광주광역시 동구 학동 5번지
전남대학교 치의학전문대학원 구강악안면외과
박 홍 주

원고 접수일 2006년 5월 2일
게재 확정일 2006년 12월 11일

Reprint Requests

Hong-Ju Park

Dept. of OMFS, School of Dentistry, Chonnam National Univ.
5 Hak-Dong, Dong-Ku, Gwangju, 501-757, Korea
Tel: 82-62-220-5439 Fax: 82-62-228-8712
E-mail: omspark@chonnam.ac.kr

Paper received 2 May 2006
Paper accepted 11 December 2006