

성전에서 치조골 신장술을 이용한 수직적 골 증강에 관한 연구

단국대학교 치과대학 보철학교실

이주호 · 임주환 · 조인호

I. 서 론

완전 무치악 환자에서 임플란트의 성공적 골 유착이 보고된 이후^{1,2)} 부분 무치악 환자에서^{3,4)}와 단일 치아 결손에서⁵⁻⁸⁾도 임플란트의 임상적 효율성이 입증되고, 장기간의 성공에 대한 보고가 증가함에 따라 임상에서 임플란트를 이용한 보철 술식이 널리 사용되고 있다.

이러한 임플란트 보철의 궁극적 목적은 상실된 치아의 기능뿐만 아니라 형태와 위치 등에 있어서 자연스러운 보철물로 대체하는데 있으나, 치조골의 흡수는 치아 발거 초기에 가장 현저하므로 대부분의 경우 보철적으로 이상적인 위치에 임플란트를 식립하는 것이 불가능하다. 이러한 치조골 흡수를 보상하기 위해 다양한 방법이 사용되어 왔다.

지금까지 사용된 치조골 흡수로 인한 골 결손부의 수복법은 크게 골 대체물을 이용한 막 유도 골재생술(guided bone regeneration, GBR)과 골 이식(bone graft)등의 방법이 있다.

막 유도 골 재생술을 이용한 치조골 증강은 수복할 수 있는 골의 양이 제한된다. Simon 등^{9,10)}은 막 유도 재생술을 통해 평균 3.5mm 정도의 골 재생을 얻을 수 있었다고 보고하였다.

이러한 한계를 극복하기 위한 자가 골 이식은 결손 부위가 큰 경우 공여부의 희생이 필요하다는 단점이 있고, 이식 골의 흡수와 감염, 피개할 연조직의 부족으로 인한 부가적인 피관 형성 등의 어려움이 있다.

최근에 이러한 문제점들을 극복할 수 있는 방법의 하나로 골 신장술(distraction osteogenesis)을 이용한 치조골의 수직적 증강법이 소개되어 많은 연구가 진행되었으며 좋은 결과들이 보고되고 있다.

골 신장술은 절단된 골을 점차적으로 늘려줌으로써 소위 "Tension - Stress Effect"에 의해 골이 생성되게 하는 술식으로 구강 악안면 영역에서는 1973년 Snyder 등¹¹⁾이 최초로 성전의 하악골에 골 신장술을 적용한 실험을 보고하였고 1996년 Chin과 Toth¹²⁾는 치조골 신장술을 임상에 적용한 사례를 발표하였다. 또한 Hidding 등^{13,14)}은 구강내 치조골 신장기를 개발하고 이를 이용한 치조골 신장술의 임상결과를 보고하였으며 평균 9.9mm의 수직적 치조골 신장을 얻었다고 발표하였다.

치조골 증강용으로 현재 많은 신장장치들이 개발되어 사용되고 있으나 구강 내 임플란트 식립을 위한 수직적 골 증강용으로는 많은 단점을 가지고 있는 것도 사실이다.

이런 이유로 임플란트 식립에 필요한 수직적 골량의 부족시 비교적 간단히 식립할 수 있는 신장장치에 대한 많은 연구가 필요하다고 사료되는바, 본 연구에서는 크기가 작은 임플란트 형태의 신장장치 48개를 12마리 비글견(beagle dog)의 상,하악 제1소구치 부위에 결손부를 만들고 이를 식립하여 치조골을 신장시킨 후 형성된 신생골의 방사선학적, 조직학적, 조직형태학적 연구를 통하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 실험 재료

(1) 실험 동물

체중 9 - 12 kg (평균 체중 10 ± 0.5 kg) 인 비글견 (beagle dog) 12마리의 상,하악 제1 소구치 부위에 각각 1개씩 총 48개의 신장장치를 식립하였다.

(2) 신장장치

신장 장치는 Ti-6Al-4V 합금을 선반 가공하여 직경 3.75mm, 길이 6mm로 Branemark 임플란트 형태로 제작하였고(Fig. 1), 신장 나사는 길이 12.5mm, 15.5mm 두 가지 종류로 제작하였다.

임플란트 형태의 신장장치가 수직, 수평골 절단으로 가동성이 부여된 이동골편에 고정되고, 신장장치에 삽입된 신장 나사의 회전에 의한 반작용으로 신장장치와 이동 골편이 수직적 방향으로 신장되도록 하였다.

(3) Exakt cutting & grinding system (Exakt Apparatebau, Germany)

본 실험에서는 이 장치를 이용하여 두께 $15\mu\text{m}$ 내외의 시편을 제작한 후, 조직학적, 조직형태계측학적, 그리고 전자 현미경적 관찰을 시행하였다.

(4) Histomorphometric analysis device

Exakt system으로 제작한 두께 $15\mu\text{m}$ 내외의 시편을 TDI Scope Eye System(Techsan Microsystem,

Korea)을 이용하여 골-금속 접촉률(bone to metal contact), 골 면적률(bone area) 등을 측정하였다.

(5) 구리 당량치 분석

구리 당량치 분석을 위해 0.04mm, 0.08mm, 0.12mm, 0.2mm, 0.4mm, 1.0mm 등 6 단계의 두께를 지닌 copper step wedge를 제작하였다. 촬영된 방사선 영상은 Fujifilm SP 2000 scanner (Fuji Film Co. Japan)를 이용하여 디지털 영상으로 변환하였다.

(6) 주사전자현미경과 EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)

EDX (Horiba. Co. Japan)는 분석시편에 전자현미경에서 방출된 전자가 충돌하여 발생된 특성 X선을 검출하여 분석하는 장비이다. 이 특성 X선의 에너지 값은 물질이 갖는 고유한 값이며, 이 값을 각 물질 개개의 특성 값과 대조하여 성분을 유추해낸다. 본 실험에서는 EDX 장비를 이용하여 골 신장술 시행 후 기존골, 신생골의 Ca^{++} 함량을 비교 분석하였다.

2. 실험방법

(1) 신장장치 식립

1) 실험 동물 마취

몸무게 9-12 kg인 총 12마리의 beagle dog을 사용하였다. 실험 동물의 상, 하악 제1소구치를 발치하고 1개월 동안 연조직이 치유되기를 기다린 후 신장장치 식립수술을 시행하였다.

요측피정맥에 propofol 6mg/kg 을 정맥주사하여 마취를 유도한 후 기관 내 삽관 (내경 6.5mm, Mallinckrodt Medical, Athlone, Ireland)을 시행하였고, vecuronium bromide 0.1mg/kg을 정맥주사하여 근이완 시켰다. Capnography (POET IQ, Criticare System, USA)를 사용하여 호기 말 이산화탄소 분압이 30-35mmHg로 유지되도록 마취기 (Narkomed 2B, North American Drager, USA)의 환기량을 조절하였으며, 산소와 enflurane을 사용하여 마취를 유지하였다. 환측 감시 장치 (Omicare M1205A, Hewlett Packerd, USA)를 사용하여 수

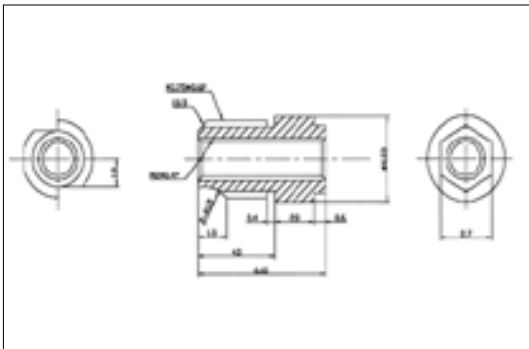


Fig 1. The drawing of distractor.

술 중 심전도, 산소포화도, 체온을 지속적으로 감시하였다.

2) 신장장치 식립

상악, 하악 제1소구치 부위 발치와에 치조능 절개와 수직 절개를 하고 전층판막을 형성하였다. 직경 2mm의 twist drill을 사용하여 수직 깊이 5mm 부위까지 drilling을 시행하고 직경 3mm의 twist drill로 교체하여 신장장치 식립 부위에 대한 drilling을 시행하였다. Drilling시 최종 drill의 직경은 상악 3.0mm, 하악 3.15mm로 표준화 하였으며 1200 r.p.m.의 회전속도를 유지하였다. 신장장치는 임플란트용 regular mounter에 체결하고 handpiece에 연결하였으며 15 r.p.m.의 저속으로 식립하였다. 연결된 mounter는 1.2mm hexa-driver를 사용하여 반시계 방향으로 회전시켜 제거하고 골 절단을 시행하였다.

골 절단에는 NSK (Nakanishi Inc. Japan)사의 micro-oscillating saw handpiece를 사용하였고 4mm cutting length의 saw를 사용하였다. 피질골 절단 부위에 12000 r.p.m.으로 수직골 절단과 수평골 절단을 시행하였다. 이때 설측 점막부 촉진을 통해 골 절단으로 인한 설측 골막의 손상을 방지하였다. Saw가 설측에 근접하면 골 절단을 중지하고 남은 부위는 chisel과 mallet을 사용하여 절단하였으며 골 절단이 완성되면 골 절편의 가동성을 검사하였다. 수평골 절단 부위에는 0.2mm 두께의 titanium micro-mesh (Ace Surgical Supply Co. USA)를 설측 피질골 부위까지 삽입하고 mesh의 나머지 선단을 협측 피질골 외형에 맞춰 구부린 후 4.5mm 길이의 titanium screw(Ace Surgical Supply Co. USA)로 고정하였다.

임플란트용 덮개나사를 연결하고 절개한 치은부위는 5-0 vicryl (Johnson & Johnson Intl. USA)로 단순 결찰 봉합하였다. 술후 항생제(Ampicillin 20mg/kg, b.i.d.) 투여 및 구강 내 Chlorhexidine 소독을 수술 후 7일간 실시하고 발사하였으며 15일간 soft diet를 제공하였다.

(2) 신장

수술 일주일 후 덮개나사를 제거하고 신장 나사를 삽입한 다음 1회전하여 신장 나사를 신장장치에 연결하고 1.2mm hexa-driver를 사용하여 아침 저녁으로 1회전씩 2회(총 1mm), 5일간 치조골 신장을 시행하였다.

(3) 조직채취 및 시편 제작

1) 동물 희생

치조골 신장이 끝난 후 4주, 8주, 12주 군으로 분류하여 희생시켰다. 실험 건의 총경동맥으로 10% 중성 포르말린을 주입하여 두경부 조직관류를 실시하고, 신장장치가 장착된 상악 및 하악 부위를 saw를 사용하여 채취하였다.

2) 탈수 및 레진 포매

신장장치 정중부를 중심으로 약 10mm 두께로 절단한 후 1주 간격으로 70%, 80%, 90%, 95%, 100% 순으로 알콜 농도를 높여가면서 탈수를 시행하였다.

탈수된 조직을 100% 알콜과 아세톤을 2:1, 1:1, 1:2 비율로 바뀌가며 치환 시키고 Spurr 레진 (Polyscience Inc., USA)으로 제조사의 지시에 따라 포매하였다.

Table I. The classification of experimental groups

	4 weeks	8 weeks	12 weeks	total
Mx.	8	8	8	24
Mn.	8	8	8	24
number of distractors	16	16	16	48
number of animals	4	4	4	12

(Mx. : number of distractors inserted in maxilla, Mn. : number of distractors inserted in mandible)

3) 절단 및 연마

포매된 블록은 Exakt cutting and grinding system을 이용하여 신장장치 장축 방향에 평행하게 절단하였고, 최종 두께가 20 μ m 이하가 되도록 표본을 제작하였다.

4) 연마 표본의 염색

조직학적 및 조직 형태 계측학적 분석을 위해 Hematoxylin-Eosin 염색을 시행하였다.

(4) 실험 분석

1) 구리 당량치를 이용한 골밀도 분석

신장장치 식립 부위의 표준 방사선 사진 상을 디지털 영상으로 처리하여 구리 당량치로 변환하고 기존 골과 신생골의 구리 당량치 백분율을 분석하였다. 실험 동물 희생후 채취한 골편의 방사선사진 촬영시 6 단계의 두께를 지닌 구리 웨지를 E-speed 표준 방사선 사진(Eastman Kodak Co. USA)에 부착하고 60kVp, 7mA, 0.16sec (Max-GLS, Shinhung Co. Korea)로 3회 촬영 후 현상, 정착하였다.

표준 방사선 사진은 Fujifilm SP 2000 scanner (Fuji Film Co. Japan)를 이용하여 디지털 영상으로 변환시켰다. 이렇게 얻어진 영상은 Scion image ver. 4.02 (Scion Co. USA) 프로그램을 이용해 각 구리 두께와 신생골, 기존골에 대한 평균 픽셀치(평균 계조도)를 구하고 이를 Scion image 프로그램의 calibration기능을 이용하여 구리 당량치로 변환시켰다. 이러한 방법으로 얻은 기존골에 대한 신생골의 구리 당량치 백분율을 4주, 8주, 12주군으로 구분하여 비교 분석하였다.

2) 조직 형태 계측학적 분석(histomorphometric analysis)

2-1) 골-금속 접촉률(bone to metal contact) : 개입하는 연조직 없이 골과 titanium 계면의 직접적 접촉을 백분율로 나타낸 것으로, 본 실험에서는 titanium mesh 에 접촉한 신생골의 길이를 측정하고, 접촉률의 평균값을 구하여 4주, 8주 12주군으로 분류하고 비교 분석하였다.

2-2) 골 면적률(bone area) : 신생골 형성 정도를 알 수 있는 지표로 정부위에 생성된 신생골 조직 중

실재 골 조직이 차지하는 부분을 백분율로 나타낸 것이며, 본 실험에서는 titanium mesh에 접촉한 신생골의 면적을 측정하고 4주, 8주, 12주군으로 분류하고 비교 분석하였다.

3) 광학 현미경 소견

광학 현미경(Olympus BX, Japan)을 사용하여 4주, 8주 12주 군의 치조골 신장 부위에 형성된 신생골과 인접 기존골, 신생된 연조직과 결합 조직 등을 관찰하였다.

4) SEM 소견과 EDX

각 시편을 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde (4 $^{\circ}$ C, phosphate buffer, pH 7.4)와 1% OsO₄ (4 $^{\circ}$ C, phosphate buffer)로 각각 2시간 씩 전, 후 고정하였다. 고정이 끝난 재료는 인산 완충용액 (4 $^{\circ}$ C, 0.4 M phosphate buffer, pH 7.4)으로 수회 수세한 다음, ethanol 농도(70%, 80%, 90%, 95%, 100%) 상승 순으로 탈수하여 isoamyl acetate로 치환하였다.

처리된 재료는 임계점건조기(critical point dryer, Hitachi SCP- II, Japan)에서 건조시킨 후, JFC-1100 ion coater를 사용하여 20 nm 두께로 금 도금한 다음 JSM-840 A형 주사전자현미경으로 20 kV에서 관찰하였고 15 Kv의 에너지 분광분석기(INCA, Oxford Ins., Great Britain)를 사용하여 각 표면의 성분을 분석하였다.

5) 통계 처리

본 논문의 통계 처리에는 MS Windows용 SPSS Version 10.0(SPSS Inc., USA)을 사용하였고, ANOVA test, mutiple range test인 Scheffe test를 시행하였다.

Ⅲ. 실험결과

1. 구리 당량 영상을 이용한 골밀도 분석

6 step copper wedge를 표준 방사선 사진에 부착하고 얻은 각 평균 픽셀치(평균 계조도)와 신장 부위에 형성된 신생골과 기존골의 평균 픽셀치를 구리 당량

치로 변환하여 신생골의 기존골에 대한 평균 백분율을 분석하였다.

4주군에서 구리 당량치 백분율은 평균 61.96 %였으며 8주군에서 평균 83.16 %, 12주 군에서 평균 88.75 %로 신생골의 골 밀도가 점차 증가하는 것을 알 수 있었다(Table II, Fig. 2).

기간에 따른 Scheffe's Multiple Range Test결과 구리 당량치 백분율은 4주와 8주군, 4주와 12주군 간에 통계적인 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table III).

구리 당량치 백분율을 상악과 하악군으로 분류하여 분석한 결과 상악은 평균 80.37%, 하악은 74.62%로 상악에서 좀 더 높은 골 밀도를 보이나 paired t-test 결과 통계적인 차이는 없었다(Table IV).

2. 조직 형태 계측학적 분석

1) 골-금속 접촉률

4주, 8주, 12주 군의 골-금속 접촉률에 대한 측정 결과 4주군에서 49.70%, 8주군에서 58.20%, 12주

군에서 64.02%로 점진적으로 증가하는 양상을 보였고 특히 8주에 이르러 크게 증가하는 경향을 보였다 (Table V). 그러나 통계학적으로는 one-way ANOVA test와 Scheffe's Multiple Range Test 결과 4주와 12주군 간에서만 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$), (Table VI, Fig. 3).

골-금속 접촉률에 대한 상악과 하악군 간 비교에서는 상악은 평균 59.54%, 하악은 56.93%로 상악에서 좀 더 높은 신생골 접촉률을 보이나 paired t-test 결과 통계적인 차이는 없었다(Table VII).

2) 골 면적률

4주, 8주, 12주 군의 골 면적률에 대한 측정 결과 4주군에서 35.60%, 8주군에서 46.23%, 12주 군에서 50.74%로 점진적으로 증가하는 양상을 보였다 (Table 8, Fig. 4). 그러나 통계학적으로는 one-way ANOVA test와 Scheffe's Multiple Range Test 결과 4주와 12주군 간에서만 차이가 있었다($p < 0.05$) (Table VIII).

골 면적률에 대한 상악과 하악군 간 비교에서는

Table II. The mean and standard deviation of copper equivalent value according to periods (%)

	N	Mean	Std. Deviation	Min.	Max.
4 weeks	15	61.96	23.64	20.00	100.00
8 weeks	12	83.16	17.52	57.14	108.33
12 weeks	14	88.75	20.93	63.16	150.00

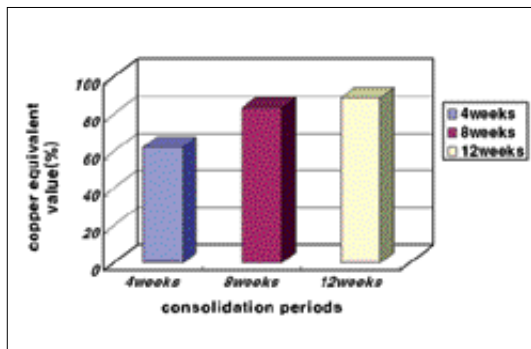


Fig 2. The copper equivalent value according to periods.

Table III. Results of multiple range test for copper equivalent value

	4 weeks	8 weeks	12 weeks
4 weeks			
8 weeks	*		
12 weeks	*	*	

* denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

상악은 평균 41.21%, 하악은 45.78%로 골-금속 접촉률에서와는 달리 하악에서 좀 더 높은 골 면적률을 보이거나 paired t-test 결과 통계적인 차이는 없었다(Table X).

Table IV. The mean and standard deviation of copper equivalent value for maxilla and mandible (%)

	N	Mean	Std. deviation
Mx.	17	80.3671	18.5728
Mn.	17	74.6224	30.5235

(Mx. : maxilla, Mn. : mandible)

Table V. The mean and standard deviation of bone to metal contact according to periods (%)

	N	Mean	Std. deviation	Min.	Max.
4 weeks	15	49.70	11.64	30.11	70.55
8 weeks	12	58.20	9.77	38.85	72.05
12 weeks	14	64.02	14.45	43.29	84.67

Table VI. Results of multiple range test for bone to metal contact

	4 weeks	8 weeks	12 weeks
4 weeks			
8 weeks			
12 weeks		*	

* denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

Table VII. The mean and standard deviation of bone to metal contact for maxilla and mandible. (%)

	N	Mean	Std. deviation
Mx.	17	59.54	13.02
Mn.	17	56.93	14.08

(Mx. : maxilla, Mn. : mandible)

3. 광학 현미경 조직소견

(1) 4주

골 신장 후 4주 군에서는 대체적으로 신장방향과 평행하게 배열된 교원 섬유 다발이 많이 관찰되고 이들 섬유 다발이 석회화 되어가는 소견을 보이며 신생 혈관 조직이 많이 관찰되었다. 대개 기저골에 근접한 부위에서 신생골 생성 소견을 보였으나 미성숙 교직골(woven bone)이 많은 편이었다.

(2) 8주

4주 군에 비해 섬유성 조직이 적게 관찰되며 4주 군에서와 마찬가지로 신생골과 섬유성 조직이 혼재

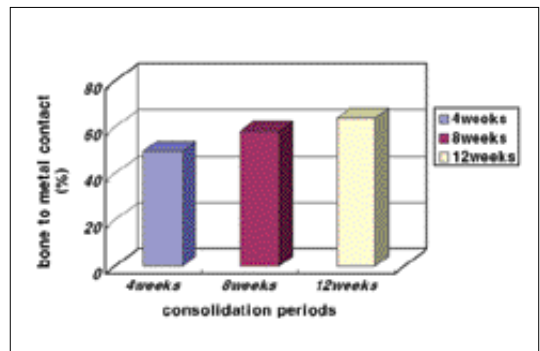


Fig 3. The value of bone to metal contact according to periods.

Table VIII. The mean and standard deviation of bone area according to periods (%)

	N	Mean	Std. deviation	Min.	Max.
4 weeks	15	35.6	10.23	22.09	59.33
8 weeks	12	46.23	14.48	20.03	69.94
12 weeks	14	50.74	13.03	23.11	66.92

Table IX. Results of multiple range test for bone area.

	4 weeks	8 weeks	12 weeks
4 weeks			
8 weeks			
12 weeks	*		

* denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

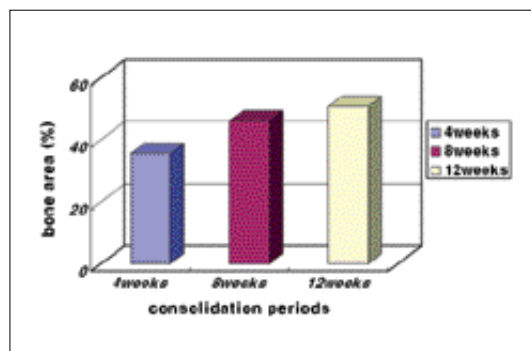


Fig 4. The value of bone area according to periods.

Table X. The mean and standard deviation of bone area for maxilla and mandible (%)

	N	Mean	Std. deviation
Mx.	17	41.21	15.64
Mn.	17	45.78	11.09

(Mx. : maxilla, Mn. : mandible)

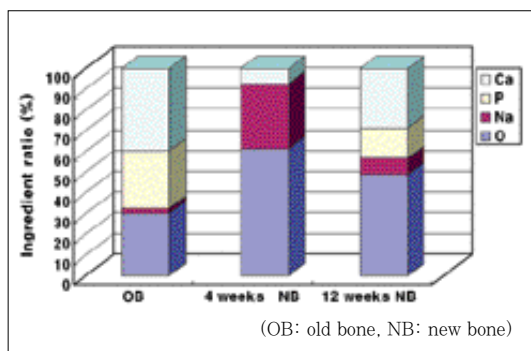


Fig 5. The quantitative results for new bone and old bone.

Table XI. The quantitative results for new bone and old bone (weight %)

Element	Old bone	4 weeks new bone	12 weeks new bone
O	30.01	61.23	48.75
Na	2.52	31.39	8.00
P	27.57		14.48
Ca	39.90	7.38	28.77
Totals	100.00	100.00	100.00

해 있는 양상이다. 대개 신생골은 기저골에서 가까운 부위에 가장 많았으며 신장 나사 근처에는 교원 섬유 다발과 지방세포, 골수조직 등이 많이 관찰되었다.

(3) 12주

2주 군에서는 골화가 한층 성숙되는 소견을 나타내었으며 8주군에 비해 성숙한 층판골로 채워진 형태를 보였다. 성숙된 골은 기저골에 가까운 부위에서 많이 관찰되었으며 이동된 골편에서는 미성숙 조직골이 일부 나타나는 소견도 있었다.

4. 주사 전자 현미경과 EDX 소견

4주군에서는 기저골에 가까운 부위에서는 교원질 섬유 다발에 골화 소견이 관찰되며 골 형성이 부족한 시편에는 교원질 섬유다발이 방향성 없이 산재해 있는 것이 관찰되었다.

8주군에서는 고배율에서 교원질 섬유다발에 mineral이 침착되어 골화가 진행되는 것을 알 수 있었고 (Fig. 25, 26), 12주 군에서는 bony lacuna가 관찰되며 완전한 mineralization을 확인할 수 있었다.

기존골과 신생골에 대한 EDX를 이용한 정량분석 결과 기존골의 Ca^{++} 함량은 39.90% 이었으며 4주군에서는 7.38%, 12주 군에서는 28.77%로 4주군에 비해 12주군의 Ca^{++} 함량이 높게 나타났으나 기존골의 함량에 비교해서는 적게 나타났다 (Table XI, Fig. 5).

IV. 총괄 및 고안

Ilizarov는¹⁵⁻¹⁷⁾ 골 신장술이 성공하기 위해 가장 중요한 요인은 골 절단시 혈류 공급을 위한 골막의 보존이라고 주장하였다. 본 실험의 골 절단에 사용된 micro-oscillating saw handpiece (NSK, Nakanishi Inc. Japan)는 연조직에 대한 열상이 생기지 않도록 고안되었다. 또한 신장장치 식립시 설측 점막부 측진을 통해 saw가 설측에 근접하면 골 절단을 중지하고 남은 부위는 chisel과 mallet을 사용하여 greenstick 파절을 유도하여 혈류 공급이 방해받지 않도록 유의하였다. Snyder 등¹¹⁾은 성견의 하악골에서 하루

1mm의 신장률에서 좋은 결과를 보였다고 보고한 바 있으나 임상에서 치조골의 수직적 증강을 위한 신장률에 대해서는 아직까지 연구가 부족한 편이다.

본 연구에서는 골 신장 횟수가 많아질 경우 실험동물의 마취도 잦아지는 이유로 오전, 오후에 0.5mm씩 하루 1mm, 총 5mm의 골 절편 신장을 시행하였다.

한편 본 실험에서는 beagle dog의 상,하악 1소구치에 식립 하였으므로 골 신장량이 크면 신장장치간에 교합이 될 우려가 있고 이로 인해 신장장치의 동요도가 생길 경우에는 신생골이 형성될 부위가 섬유성 결합조직으로 채워지거나, consolidation 기간 중 골 절편과 신장장치의 탈락이 발생할 수 있으므로 5mm의 신장을 시도하였다. 디지털 영상을 이용한 골의 정량적 평가 연구는 Ruttimann 등¹⁸⁾에 의해 계속 연구되어왔다. 이들이 사용한 방법은 피사체의 방사선 사진 촬영시 피질골, 알루미늄, 구리 등의 wedge를 참조체로 함께 부착하여 촬영한 뒤 컴퓨터를 이용하여 피사체의 관심 영역을 참조체와 등가의 두께로 변환하는 방법이다.

이에 참조체로서 얇고 굴신성이 있어 구내 촬영에 적합하다고 생각되는 구리를 0.04mm, 0.08mm, 0.12mm, 0.2mm, 0.4mm, 1.0mm 등 6 단계의 두께로 제작하여 표준 방사선 필름에 부착하였다. 6 단계의 구리웨지를 표준 방사선 사진에 부착하고 얻은 각 평균 픽셀치와 신장 부위에 형성된 신생골과 기존골의 평균 픽셀치를 Scion image software를 이용해 구리 당량치로 변환시켰다. 본 실험 결과에서는 기존골에 대한 신생골의 구리당량치 백분율이 4주군에서 61.96%, 8주군 83.16% 그리고 12주군 88.75%로 골 신장술을 시행한 부위의 신생골의 골 밀도가 골 신장술 후 시간 경과에 따라 점차 증가하는 것을 알 수 있었다. 그러나 조직소견에서 관찰한 바와 같은 기저골에서 부터의 골화는 방사선 사진 분석에서는 뚜렷하지 않았다.

본 실험에는 비글견의 상,하악 제 1소구치를 발치하고 1개월 후 발치와 결손부에 48개의 신장장치를 식립하였다. 골 신장술과 관련하여 여러 가지 부작용과 술후 합병증 등이 보고 되었으나¹⁹⁾ 본 실험에서 수술 중 특별한 부작용은 없었으며 수술 부위 연조직의 dehiscence가 생긴 경우가 4개였으며 48개의 신

장장치 중 7개가 조기 탈락하였다.

신장장치는 5mm 신장을 완료한 후 광중합형 레진 (Revotek LC, GC CO, Tokyo, Japan)을 사용하여 인접치아에 고정하였으나 교합에 의한 과도한 하중으로 7개중 5개가 골 절편과 함께 탈락하였고 나머지 2개는 골절편은 악골에 남은 채 신장장치만 탈락하였다. 신장 중 관찰한 설측 치은은 정상적인 색조를 띄었으며 협측 치은이 신장에 따라 상방으로 stretch된 것에 반해 협측 점막은 큰 변화가 없었다.

본 실험에 사용된 형태의 신장장치는 직경 3.75 mm이며 골내 식립되는 나사산 부위는 4mm의 임플란트 형태로 제작되어 임플란트 식립시와 동일한 방법으로 식립되므로 임플란트 술식에 익숙한 임상치의들이 쉽게 배울 수 있고 임상에서 복잡한 수술이 필요없으며 신장장치의 크기가 작아 TRACK system에서와 같이 교합에 의해 threaded rod가 변위될 위험성이 적다. 또한 2차 수술 없이 제거와 동시에 임플란트 식립이 가능하다는 장점을 지닌다. 그러나 신장 장치가 제거된 위치에 임플란트를 식립하는 경우에는 최소 4.0mm 혹은 5.0mm 직경의 임플란트를 식립해야하는 어려움이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서는 직경 3.5mm 이하의 mini-distractor의 개발이 필요하다.

치조골 신장술은 아직 개발의 초기 단계이고 향후 개선되어야 할 점들이 많다. 감염을 막고 수술부위의 손상을 줄이기 위해서는 신장장치의 크기를 줄여야 하며, 신장장치를 제거하는 부가적 수술이 필요없도록 생체 흡수성 재료²⁰⁻²²⁾가 현재 개발되어있으나 좀 더 많은 연구가 필요하다. 치조골 신장술은 골 재생력이 높은 술식이나, 장기적 예후에 관해서는 연구가 미흡하며 치조골 신장술의 수술 방법과 신장장치는 향후 개선의 여지가 많다고 할 수 있다.

V. 결 론

최근 다양한 치조골 신장장치가 개발되었지만 국소적 골 결손부의 임플란트 식립을 위한 수직적인 치조골 증강을 목적으로 사용하기에는 신장장치의 부피가 크고 식립이 복잡하다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 크기가 작고 비교적 간단한 술식으로

식립할 수 있는 임플란트 형태의 치조골 신장장치를 제작한 후 12마리 비글견의 상,하악 제1소구치 부위에 결손부를 만들고 이를 식립하여 치조골을 신장시킨 후 4주, 8주, 12주 간격으로 희생시켜 얻은 신생골에 구리 당량치를 이용한 방사선학적 골 밀도 분석, 조직 형태 계측학적 관찰, 광학 현미경과 주사전자 현미경(SEM)을 사용한 조직학적 관찰 등을 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 구리 당량치를 이용한 골밀도 분석에서는 4주와 8주, 12주 사이에 유의한 차이를 보이며 ($p<0.05$) 신생골의 골밀도가 증가하였다. 상악과 하악군 사이에는 유의차가 없었다.
2. 골 -금속 접촉률에서 4주와 12주 사이에만 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 상악과 하악 사이에는 유의차가 없었다.
3. 골 면적률에서 4주와 12주 사이에만 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 상악과 하악 사이에는 유의한 차이가 없었다.
4. 광학 현미경 관찰에서 4주, 8주, 12주 군 순으로 기저골과 가까운 부위부터 골화가 진행되었으며 시간이 경과함에 따라 골성 조직의 증가를 관찰할 수 있었다.
5. SEM 관찰에서 8주 이후 신생골 생성을 확인하였으며, EDX 소견에서 4주에 비해 12주에서 골화 진행에 따른 Ca^{++} 성분의 축적을 확인하였다. 이상의 결과를 볼 때 신장장치 식립 후 4주, 8주, 12주 순으로 시간이 경과함에 따라 신생골 형성이 증가함을 알 수 있었고 특히 4주와 12주간에 유의한 차이가 있었다. 본 실험에 사용한 임플란트 형태의 신장장치는 임상에서 적절한 증례에 사용 시 비교적 간단한 술식으로 수직적 골 증강을 얻을 수 있는 좋은 방법이라고 사료된다.

참고문헌

1. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
2. Adell R. Long-term treatment results. In :

- Branemark PI , Zarb G, Albrektsson T .
Tissue-Integrated Prosthesis : Osseointegration
in Clinical Dentistry. Chicago : Quintessence,
1985:175-186.
3. Jemt T. Modified single and short-span restorations supported by osseointegrated fixtures in the partially edentulous jaw. *J Prosthet Dent* 1986;55:243-246.
 4. Jemt T, Lekholm U, Adell R. Osseointegrated implants in the treatment of the partially edentulous patients. A preliminary study of 876 consecutively installed fixtures. *J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:211-217.
 5. Andersson B, Odman P, Lindvall AM, Branemark PI. Cemented single crowns on osseointegrated implants after 5 years' results from a prospective study on CeraOne. *Int J Prosthodont* 1998;11:212-218.
 6. Jemt T, Lekholm U, Grondahl K. A 3-year follow-up study of early single implant restorations. *Int J Periodont Rest Dent* 1990;5:341-349.
 7. Lewis S, Beumer J, Hornburg W, Perri G. Single tooth implant-supported restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:25-30.
 8. Ohrnell LO, Hirsch J, Ericsson I, Branemark PI . Single tooth rehabilitation using osseointegration. A modified surgical and prosthodontic approach. *Quintessence Int* 1988; 19:871-876.
 9. Simon M, Jovanovic SA , Trisi P, Scarano A, Piattelli A. Vertical ridge augmentation around dental implants using a membrane technique and autogenous or allografts in humans *Int J Periodont Rest Dent* 1998;18: 8-23.
 10. Simon M, Trisi P, Piattelli A. Vertical ridge augmentation using a membrane technique associated with osseointegrated implants. *Int J Periodont Rest Dent* 1994;14:497-511.
 11. Snyder CC, Levine GA, Swanson HM, Browne EZ Jr. Mandibular lengthening by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg* 1992;89:1-10.
 12. Chin M, Toth BA. Distraction osteogenesis in maxillofacial surgery using internal devices: Review of five cases. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:45-53.
 13. Hidding J, Lazar F, Zoller JE. Initial outcome of vertical distraction osteogenesis of the atrophic alveolar ridge [in German]. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1999;3(suppl 1):S79-S83.
 14. Hidding J, Lazar F, Zoller JE. Vertical distraction of the alveolar process: A new technique for reconstructing the alveolar ridge. In: Samkuchoy ML, Cope JB, Cherkashin AM. *Craniofacial Distraction Osteogenesis*. St. Louis: Mosby, 2001:393-400.
 15. 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* 1989;238: 249-280.
 16. 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* 1989 ;239:263-285.
 17. Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop* 1990;250:8-26
 18. Ruttimann UE, Webber RL. Volumetry of localized bone lesions by subtraction radiography. *J Periodont Res* 1987;22: 215-216.
 19. Garcia AG, Martin MS, Vila PG, Maceiras JL. Minor complications arising in alveolar distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:496-501.
 20. Eppley BL. Use of a resorbable fixation

- technique for maxillary fractures. *J Craniofac Surg* 1998;9:317-321.
21. Klein C, Papageorge M, Kovacs A, Carchidi JE. Initial experiences with a new distraction implant system for alveolar ridge augmentation [in German]. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1999;3:74-78.
22. Montag ME, Morales L Jr, Daane S. Bioabsorbables: Their use in pediatric craniofacial surgery. *J Craniofac Surg* 1997;8:100-102

Reprint request to:

In-Ho Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook Univ.
7-1, Shinbu-Dong, Chunan, Chungnam, 330-716, Korea
cho8511@dku.edu

ABSTRACT

A STUDY ON THE VERTICAL AUGMENTATION OF THE ALVEOLAR RIDGE BY DISTRACTION OSTEOGENESIS IN DOGS

Joo-Ho Lee, D.D.S., M.S.D., Ju-Hwan Lim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

In-Ho Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University

Statement of problem: Implant-type distractor uses a removable distraction device that has an appearance similar to that of a dental implant and utilizes many of the same techniques for placement as are used for dental implants.

Material and method: In this study, 48 implant type titanium distractors were inserted into the osteotomized alveolar bone of 12 beagle dogs. After a 7-day latency period, the alveolar bone was augmented by 5mm vertically at a rate of 1.0 mm/day. The dogs were sacrificed after 4weeks, 8weeks and 12 weeks for radiographic, histologic, and histomorphometric analysis.

Result:

Copper equivalent value showed significant difference between 4 weeks and the other weeks(8, 12 weeks)($p < 0.05$). But there was no significant difference between maxillary and mandibular groups.

In the bone to metal contact analysis, there was a significant difference between 4 weeks and 12 weeks($p < 0.05$). On the contrary, there was no significant difference between maxilla and mandible.

The bone area showed significantly higher values in 12 weeks compared to 4 weeks($p < 0.05$).

Histologically mineralization began at the host bone margins. At 12 weeks, increasing accumulation of Ca^{++} element was confirmed.

Conclusion: From the results above, the new bone formation was increased according to consolidation period. Especially there was significant difference between 4 weeks and 12 weeks($p < 0.05$).

Implant type distractors used in this study to augment vertical ridge defect may prove to be a clinically useful treatment option in selected cases.

Key words : Distraction Osteogenesis, Bone formation