



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2017년

2017년 2월  
석사학위논문

2월

석사학위논문

Ridge augmentation using titanium mesh and allogenic bone graft: Clinical and radiographic evaluation

김기호

티타늄 메쉬와 동종골 이식재를 이용한  
치조제 증대술 :  
임상적, 방사선학적 평가

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 기 호

티타늄 메쉬와 동종골 이식재를 이용한  
치조제 증대술 :  
임상적, 방사선학적 평가

Ridge augmentation using  
titanium mesh and allogenic bone graft  
: Clinical and radiographic evaluation

2017년 2월 24일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 기 호

티타늄 메쉬와 동종골 이식재를 이용한  
치조제 증대술 :  
임상적, 방사선학적 평가

지도교수 유 상 준

이 논문을 치의학 석사학위신청 논문으로 제출함.

2016년 10월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 기 호

# 김기호의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 서요섭 (인)

위 원 조선대학교 교수 김병옥 (인)

위 원 조선대학교 교수 유상준 (인)

2016년 11월

조선대학교 대학원

## 목 차

ABSTRACT .....	iv
I. 서 론 .....	1
II. 실험재료 및 방법 .....	3
III. 연구결과 .....	8
IV. 총괄 및 고찰 .....	18
V. 결론 .....	21
참고문헌 .....	22

## 표 목 차

Table 1. Subject characteristics.....	8
Table 2. Number of subjects, gender, number of surgical sites and mean ages.....	9
Table 3. Bone gain of horizontal defects.....	10
Table 4. Bone gain of vertical defects.....	10
Table 5. Bone gain of combined defects.....	11
Table 6. Shrinkage rate(Length) of horizontal defects.....	12
Table 7. Shrinkage rate(Length) of vertical defects.....	13
Table 8. Shrinkage rate(Length) of combined defects.....	14
Table 9. Shrinkage rate(Area) according to defect type.....	15
Table 10. Shrinkage rate(Area) according to location.....	15
Table 11. The clinical and radiographic bucco-lingual width.....	16
Table 12. Implant stability quotient.....	16
Table 13. Number of surgical sites with complication.....	17

## 도 목 차

Fig. 1. Classification of defect type – Cologne Classification of Alveolar Ridge Defect. ....	5
Fig. 2. Reference lines to standardize localization of the measurements. ....	6
Fig. 3. Shrinkage rate (Area). ....	7
Fig. 4. Bone gain of horizontal defects. ....	9
Fig. 5. Bone gain of vertical defects. ....	10
Fig. 6. Bone gain of combined defects. ....	11
Fig. 7. Shrinkage rate(Length) of horizontal defects. ....	12
Fig. 8. Shrinkage rate(Length) of vertical defects. ....	13
Fig. 9. Shrinkage rate(Length) of combined defects. ....	14
Fig. 10. Shrinkage rate(Area). ....	15
Fig. 11. The clinical and radiographic bucco–lingual width. ....	16



## ABSTRACT

### Ridge augmentation using titanium mesh and allogenic bone graft : Clinical and radiographic evaluation

Ki-Ho Kim, D.D.S.

Advisor : Prof. Sang-Joun Yu, Ph.D.

Department of Dentistry,

Graduate School of Dentistry

**OBJECTIVES :** This study aims to clinically and radiographically evaluate the results of bone gain in various bone defects after ridge augmentation using titanium(Ti) mesh and allogenic bone graft to reconstruct edentulous ridges.

**MATERIALS AND METHODS :** 24 patients were included in this study whose edentulous ridges were reconstructed with ridge augmentation using Ti-mesh. Alveolar reconstruction was performed on a total of 60 defect areas. Defects were classified into three type(horizontal, vertical, combined) according to 'Cologne Classification of Alveolar Ridge Defect'. For ridge augmentation, mixed allograft material (cancellous FDBA 50% + cortical FDBA 50% / Allo-Oss, CG Bio, Seoul, Korea) and Platelet rich fibrin(PRF) were used. In horizontal defect horizontal bone gain and shrinkage rate were evaluated at a distance 2mm(H<sub>1</sub>), 7mm(H<sub>2</sub>), and 12mm(H<sub>3</sub>) apical from the regenerated alveolar crest. In vertical defect vertical bone gain and shrinkage rate were also evaluated at the long axis of the reconstructed alveolar crest(V<sub>C</sub>) and the area 2mm(V<sub>B</sub>) buccal and 2mm(V<sub>L</sub>) lingual from the axis. In combined defect horizontal bone gain and shrinkage rate were evaluated at 3 sites(H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>), and vertical bone gain and shrinkage rate were evaluated at 1 site(V<sub>C</sub>).

**RESULTS :** In horizontal defects(27 sites), average bone gain was 4.97(±2.01)mm at H<sub>1</sub>, 4.95(±2.24)mm at H<sub>2</sub>, and 1.83(±2.28)mm at H<sub>3</sub>, average

shrinkage rate was  $20.38(\pm 3.78)\%$  at  $H_1$ ,  $15.11(\pm 3.49)\%$  at  $H_2$ , and  $18.21(\pm 4.21)\%$  at  $H_3$ . There were no significant differences in shrinkage rates. ( $p > 0.05$ ) In vertical defects(14 sites), average bone gain was  $7.52(\pm 1.51)$  mm at  $V_B$ ,  $7.97(\pm 1.89)$ mm at  $V_C$ , and  $7.03(\pm 1.45)$ mm at  $V_L$ . And average shrinkage rate was  $4.59(\pm 2.06)\%$  at  $V_B$ ,  $1.89(\pm 1.30)\%$  at  $V_C$ , and  $4.01(\pm 1.38)\%$  at  $V_L$ . There were no significant differences in shrinkage rates. ( $p > 0.05$ ). In combined defects(19 sites), horizontal bone gain was  $7.51(\pm 2.11)$ mm at  $H_1$ ,  $6.02(\pm 2.77)$ mm at  $H_2$ , and  $2.72 \pm (3.16)$ mm at  $H_3$  and vertical bone gain was  $5.73(\pm 3.04)$ mm at  $V_C$ . And horizontal shrinkage rate was  $18.82(\pm 3.49)\%$  at  $H_1$ ,  $15.90(\pm 3.33)\%$  at  $H_2$ , and  $16.35 \pm (3.32)\%$  at  $H_3$  and vertical shrinkage rate was  $3.63(\pm 1.44)\%$  at  $V_C$ . Vertical shrinkage rate of allografts was statistically lower than horizontal shrinkage rate. ( $p < 0.05$ )

CONCLUSION : Ridge augmentation using allograft and Ti-mesh is a predictable procedure in the reconstruction of atrophic edentulous ridges.

## 1. 서론

치과 임플란트는 골 내에 식립된 매식체가 치조골에 골융합되는 것에 기초한 술식이다. 그렇기 때문에 임플란트의 성공에 있어서 기능적인 힘을 견딜 수 있는 임플란트 매식체의 형태(길이, 직경), 매식체를 수용할 수 있는 적절한 크기의 치조골은 필수적인 요소이다. 치과 임플란트에 대한 수요와 증례가 증가하면서, 이전에는 불가능하다고 여겨지던 위축된 무치악부에서의 임플란트 식립에 대한 많은 연구가 있었고, 그 결과 여러 방법이 제시되었다. 골흡수로 인해 위축된 무치악부에서 임플란트 식립을 위한 방법은, 크게 ‘짧은 임플란트 혹은 좁은 임플란트의 사용’과 ‘골 증대술 후 식립법’으로 나뉜다.

짧은 임플란트와 좁은 임플란트의 생존률(survival rate)은 연구에 따라 다양하다.<sup>1</sup> Lai 등<sup>2</sup>은 골연 하방 8mm 이하의 길이를 가진 짧은 임플란트의 5년 생존률을 98.7%, 10년 생존률이 98.3%로 보고하였고, Perelli 등<sup>3</sup>은 길이가 7mm, 5mm인 짧은 임플란트의 생존률을 84%로 보고하였다. 좁은 임플란트(직경 < 3.3mm)와 넓은 임플란트(직경 ≥ 3.3mm)의 생존률에 대해 Ortega-Oller 등<sup>4</sup>은 넓은 임플란트(87%)에 비해 좁은 임플란트(75%)의 생존률이 더 낮은 수준을 가졌다고 보고하였다. Lee 등<sup>5</sup>은 직경이 3.5mm 이하인 좁은 임플란트의 생존률을 98.1%로 보고하였다.

위축된 치조제의 골 증대를 위해 중첩골 이식(onlay bone grafting)<sup>6</sup>, 상악동거상술(sinus floor elevation)<sup>7</sup>, 치조제분할술(ridge splitting)<sup>8</sup>, 치조제확장술(ridge expansion)<sup>7</sup>, 골유도재생술(Guided bone regeneration, GBR)<sup>9</sup>의 여러 가지 술식이 사용되어 왔다. 각각의 골증대술 후 임플란트 생존률에 대한 연구에서, 상악동거상술은 91.5%, GBR은 96.1%~100%, onlay bone grafting은 85.2%로 보고된 바 있다.<sup>10</sup> Milinkovic, Cordaro<sup>11</sup>는 수평적증대술 후 임플란트 생존률은 GBR을 시행한 후 임플란트 생존률이 100%, ridge expansion/splitting을 시행한 후 임플란트 생존률이 97.4%로 보고하였으며, 수직적증대술 중 GBR을 시행한 후 98.9%의 임플란트 생존률을 보인다고 보고하였다.

Titanium(Ti) mesh는 GBR시 사용하는 차폐막의 대안으로 제시되었다.<sup>12-14</sup> mesh의 두께와 소공 크기에 따라 다양한 형태의 Ti-mesh가 있다. 근래에는 이식될 부위의 형태에 맞추어 미리 가공되어 나오는 기성품도 개발되어, 식립과 동시에 골증대를 도모할 수도 있다. Ti-mesh의 가장 두드러지는 장점은 골재생을 위한 우수한 공간유지이

며, 또다른 장점은 mesh 내부의 소공을 통해 지속적인 혈액 공급이 가능하다는 점이다.<sup>15-16</sup> Ti-mesh를 이용한 골 증대술 후 임플란트 성공률이 90%를 넘는다고 보고된 바 있다.<sup>17-18</sup>

수여부의 골증대를 위해 사용되는 골이식재는 자가골(구강내, 구강외), 동종골, 이종골, 합성골등이 있다. 또한 이식재의 형태에 따라 입자골, block bone 등으로도 나눌 수 있다. 이 중 동종골은 이식재 내의 성장 인자로 인한 골유도를 도모할 수 있으며, 추가적인 수술부위의 형성이 필요 없다는 장점을 가진다. 동종골은 동결 건조된 형태(Freeze-dried bone allograft, FDBA)로 흔히 사용되고 있으며, 채취된 골의 성질에 따라 cortical FDBA와 cancellous FDBA로 나뉜다. Cortical FDBA는 오랜 기간 동안 이식재 입자가 잔존할 수 있으므로 이식공간의 압착을 방지할 수 있으며<sup>19</sup>, Cancellous FDBA는 증가된 표면적과 층판 구조를 가지므로 빠른 혈관화와 Cortical FDBA보다 더 빠른 신생골 형성을 보인다.<sup>20</sup> 이러한 장점을 모두 얻고자, 상악동거상술 시 cortical FDBA와 cancellous FDBA의 혼합물을 사용할 수 있고,<sup>21-22</sup> 임플란트 주변의 협착 dehiscence의 결손에서 내측에 cancellous FDBA, 외측에 cortical FDBA를 사용하기도 한다.<sup>23</sup>

지금까지 Ti-mesh를 이용한 치조제 증대술에 관한 연구 중 골증대량에 대한 연구는 많았었지만, 이식재의 흡수에 관한 연구는 거의 없었다. 이 연구에서는 Ti-mesh와 동종골을 이용한 치조제 증대술을 시행했을 시, 골결손 양상에 따른 골증대 결과 및 이식재의 흡수를 임상적, 방사선학적으로 평가하고자 한다.

## II. 실험재료 및 방법

이 연구는 헬싱키 선언(1964)의 원칙에 따라 수행되었다. 조선대학교 병원 윤리위원회  
 회의 승인을 받았다. (CDMDIRB-1428-166)

### 1. 연구 대상

조선대학교 치과병원 치주과에서 2012년 7월부터 2015년 2월까지의 기간 동안 임플란트의 식립을 위해 Ti-mesh와 동종골을 이용한 치조제 증대술로 무치악부 재건을 시행한 환자 중, 24명의 환자의 총 60부위(35개의 titanium mesh)를 평가하였다. 선정 기준은 다음과 같다.

#### 1) 선정 기준

- ① 임상적 그리고/혹은 cone-beam computed tomography (CBCT) 상에서 임플란트 식립 예정 부위의 수평적치조제 폭이 4mm 이하이거나, 수직적 치조제 높이가 8mm 이하인 환자
- ② 외과적 치료에 대한 다음과 같은 국소적/전신적 금기증을 가지고 있지 않은 환자
  - ; 국소적 감염
  - ; 하루 10개피 이상의 담배 흡연
  - ; 조절되지 않는 당뇨
  - ; 두경부 영역에 방사선 조사치료 받은 경험
  - ; 현재 진행 중인 화학적 항암치료
  - ; 현재 스테로이드 (corticosteroids) 투약
  - ; 간, 혈액, 혹은 신장 질환
  - ; 구강내 염증성 질환 혹은 구강내 자가면역 질환
- ③ 이식재료 피질골과 해면골이 혼합된 동결건조 동종골 이식재(cancellous FDBA 50%+ cortical FDBA 50% / Allo-Oss, CG Bio, Seoul, Korea)를 사용한 환자
- ④ 치조제 증대술 후 임플란트 지연 식립을 수행한, 즉 단계별 치료(staged treatment)를 받은 환자

### 2. 시술 과정(Surgical procedure)

조선대학교 치과병원 치주과에서 한 명의 치주과 전문의에 의해 행해졌다. 일반적인

시술 과정은 다음과 같다.

- (1) 시술부위에 국소마취가 시행되었다.
- (1) 치조제 증대를 위해 혼합된 동종골 이식재와 PRF를 혼합하여 사용한다.
- (3) 증대가 필요한 부위의 피질골 천공을 시행한다.
- (4) 직경 4mm, 길이 10mm의 임플란트를 식립할 수 있게, 직경 1.7mm 소공, 0.5 mm 두께를 가진 titanium mesh(Jeil medical, Seoul, Korea)에 형태를 부여한다.
- (5) PRF와 혼합된 동종골 이식재를 증대시키고자 하는 치조제 결손부에 위치시켜, mesh와 치조제 사이에 빈 공간 없이 충전되도록 적용한다.
- (6) Titanium mesh를 고정한다.
- (7) 연조직 두께가 3mm 이하인 경우에는 titanium mesh 상방에 흡수성 차폐막을 위치한다.
- (8) 협측 판막의 골막에 감장 절개를 시행한 후 판막을 치관측으로 이동시켜, 무장력 일차 봉합을 시행한다.
- (9) 모든 환자에게 항생제 및 소염 진통제를 7일간 처방한다.
- (10) 7일 이후 구강내 소독을 시행하고, 봉합은 14일 이후에 제거한다.

### 3. 임플란트 식립 및 임상적 평가

술후 4~6개월 뒤(평균 5.7개월) 국소 마취 하에서 전층 판막을 형성하여 판막을 거상하고 Ti-mesh가 제거되었다. Ti-mesh 하방에 존재하던 결합조직을 제거하고, rough surface를 가진 치과 임플란트를 제조사의 지시에 따라 식립되었다. 임플란트 식립 후 Osstel ISQ(Osstel, Gothenburg, Sweden)를 사용해 임플란트 고정 계수(implant stability quotient, ISQ) 값을 측정되었다. ISQ의 값이 75 이상인 경우에 1차 수술법으로 수술이 시행되었고, 75 이하인 경우에는 하악은 3개월, 상악은 4개월 후에 2차 수술을 시행하여 ISQ 값이 추가로 측정되었다. 임상 사진을 통해 교합면에서 치조정 부위 임상적 협설 폭이 계측되었다

치조제 증대술 이후 신경 이상, Ti-mesh의 노출, 추가적인 골 증대술 시행 여부에 대해 평가하였다.

2차 수술 후 1~2개월 후 임플란트 보철을 시행하여 최종보철물을 장착하고 Follow-up check를 시행하였다.

#### 4. 치조제 결손 형태의 분류 (Fig. 1)

치조제 결손 형태는 BDIZ EDI에서 제시한 ‘Cologne Classification of Alveolar Ridge Defect(CCARD)’<sup>24</sup>에 따라 수평골 결손(horizontal defect), 수직골 결손(vertical defect), 복합 결손(Combined defect)으로 나누었다.

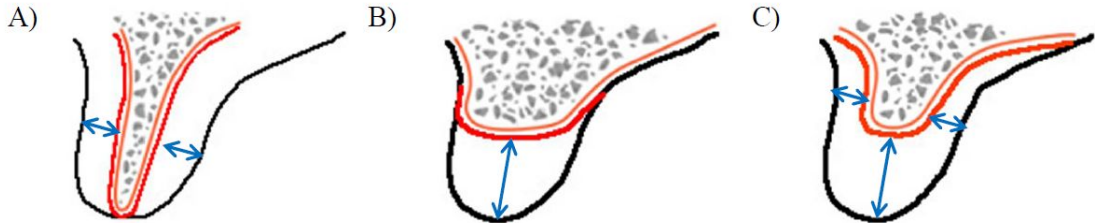


Fig. 1. Classification of defect type - Cologne Classification of Alveolar Ridge Defect.

- A) Horizontal defect
- B) Vertical defect
- C) Combined defect

#### 5. 방사선학적 평가

술전에 제작된 외과용 가이드를 이용하여 시술부위 각각의 Cone beam computed tomography(CBCT; CB Mercuray<sup>TM</sup>, Hitachi, Tokyo, Japan) 영상이 시술 전 (baseline), GBR 직후, 임플란트 식립 전의 3회에 걸쳐 채득되었다. 기본 복셀 크기는 0.2mm 미만이었으며, 노출 조건은 120kVp, 15mA 이었다. 약 10초간 1회전하면서 288장의 X-ray 영상이 얻어졌고, 3차원적 체적 정보가 512장의 측면상으로 재구성되었다.

방사선 평가를 위해 수평 결손의 경우 재건된 치조정을 기준으로 근단측 2mm(Crestal, H<sub>1</sub>), 7mm(Middle, H<sub>2</sub>), 12mm(Apical, H<sub>3</sub>)에서의 선형적인 수평 골증대량 (Bone gain)을 평가하였다. 또한 수직 결손의 경우 재건된 치조제의 장축(Center, V<sub>C</sub>)과 장축으로부터 협설측 각각 2mm(Buccal, V<sub>B</sub> / Lingual, V<sub>L</sub>)의 선형적인 수직 골증대량을 평가하였다. 복합 결손의 경우 3부위(H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>)의 선형적인 수평 골증대량과 재건된 치조정의 장축(V<sub>C</sub>)에서의 선형적인 수직적 골증대량을 평가하였다. (Fig. 2)

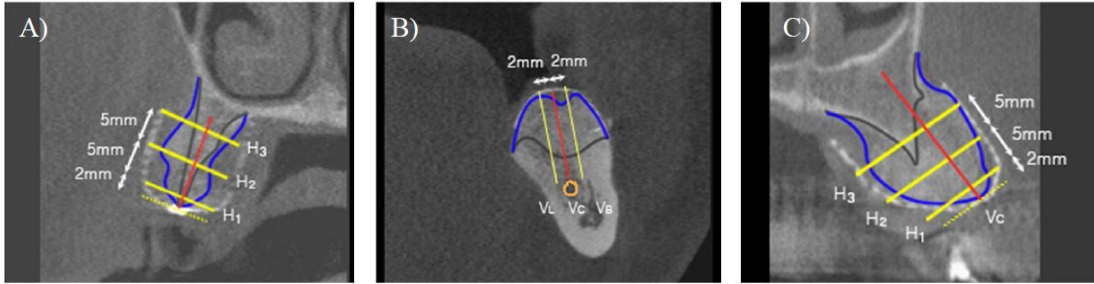


Fig. 2. Reference lines to standardize localization of the measurements.

A) Horizontal defect

H<sub>1</sub>(Crestal): 2mm apical from reconstructed alveolar crest

H<sub>2</sub>(Middle): 7mm apical from reconstructed alveolar crest

H<sub>3</sub>(Apical): 7mm apical from reconstructed alveolar crest

B) Vertical defect

V<sub>c</sub>(Center): Long axis of reconstructed alveolar crest

V<sub>B</sub>(Buccal): 2mm buccal from long axis of reconstructed alveolar crest

V<sub>L</sub>(Lingual): 2mm lingual from long axis of reconstructed alveolar crest

C) Combined defect

Horizontal reference lines: H<sub>1</sub>(Crestal), H<sub>2</sub>(Middle), H<sub>3</sub>(Apical)

Vertical reference lines: V<sub>c</sub>(Center)

같은 부위에서 이식재의 흡수량(Bone resorption)을 평가하였고, 선형적인 수축률(Shrinkage rate)을 구하였다. 수축률은 골증대량과 이식재의 흡수량을 더한 값으로 이식재의 흡수량을 나눈 백분율로 정의하였다.

$$\text{Shrinkage rate(Length)} = \frac{\text{Bone resorption}}{\text{Bone gain} + \text{Bone resorption}}$$

Photoshop CS6 (Adobe System Inc., San Jose, USA)을 통해 초기 이식 영역의 픽셀로 흡수된 영역의 픽셀을 나누어 넓이 수축률(Shrinkage rate)을 구했다. (Fig. 3)



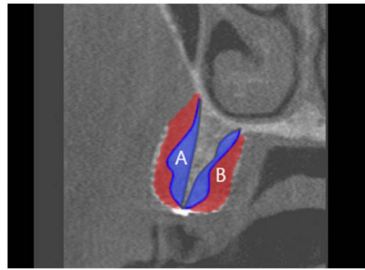


Fig. 3. Shrinkage rate(Area) is defined as bone resorption divided by sum of bone gain and bone resorption.

A: Bone gain

B: Bone resorption

$$\text{Shrinkage rate(Area)} = \frac{\text{Bone resorption}}{\text{Bone gain} + \text{Bone resorption}}$$

보철 수복을 통해 처음 하중이 가해진 시점, 하중이 가해진 이후 1년의 2회에 걸쳐 평행 방사선 기법(parallel technique)으로 촬영한 표준 방사선 영상을 채득하여 변연 골 소실을 평가하였다. 소실 정도의 측정은 조선대학교 치과병원 방사선 시스템인  $\pi$ -ViewStar(INFINITE, Seoul, Korea)를 통해 측정하였다.

## 6. 통계학적 분석 (statistical analysis)

방사선적 분석을 통해 얻어진 수평/수직 골증대량과 수평/수직 수축률이 각 부위 간의 차이가 있는지, 각 부위 계측 항목에 관하여 전치부, 구치부 간의 유의적 차이가 있는지 여부를 평가하였다. 각 결손형태 간의 넓이 수축률의 유의적 차이가 있는지 여부도 평가하였다. 임상적 협설 폭과 방사선적으로 계측된 치조정부의 협설 폭(재건된 치조제에서 2mm 근단측, H<sub>1</sub>) 간의 유의적 차이가 있는지 여부를 평가하였다.

정규성을 확인하기 위해 Shapiro wilk test를 시행하였다. 비모수적 통계 방법인 Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney test를 이용하여  $P < 0.05$  수준에서 유의성을 검증하였다. 통계 프로그램으로는 SPSS Version 22.0 for Windows (SPSS Inc. Chicago, USA)를 사용하였다.

### III. 연구 결과

연구 대상(study subject)의 특성은 다음과 같다. (Table 1)

Table 1. Subject characteristics (Subject=24 / Site=60)

PT*	AGE/GENDER	LOCATION	ELAPSED TIME**	F/U***
			(MONTH)	(MONTH)
1	30/F	#14, #15	6	9
2	49/M	#13	5	13
3	21/M	#23	6	0
4	43/M	#36, #37	6	17
5	43/M	#11, #12, #13, #21, #22	6	12
6	25/F	#31, #41	5	11
7	46/M	#31, #41	6	12
8	22/F	#12, #45	6	26
9	51/F	#36, #37	6	9
10	33/M	#11, #22	5	26
11	48/F	#27	7	17
12	41/F	#26, 36	4	28
13	54/F	#12, #22, #23, #24	6	20
14	24/M	#11	5	13
15	52/M	#34, #35	6	0
16	59/M	#31, #32, #41, #42	6	21
17	52/M	#12, #23, #24, #25, #26, #27 #16, #17	7 6	19
18	45/M	#32, #42	5	24
19	54/M	#16, #17	7	12
20	42/M	#43	5	27
21	54/M	#33, #43	6	10
22	19/M	#22	5	0
23	54/M	#11, #13, #14, #23, #24	5	6
24	60/F	#11, #21, #22, #23, #24	6	0

\* PT: Patient number

\*\* ELAPSED TIME: Elapsed time between reconstruction procedure and implant placement

\*\*\* F/U: Length of follow up

연구 대상 중 남성은 16명, 여성은 8명이었으며, 시술 당시의 평균 연령은 42.5(19~60)세였다. 재건술과 임플란트 식립 사이의 기간은 평균 5.8 개월이었다.

총 60부위의 결손부 중 수직골 결손부는 14부위(전치부: 4 / 구치부: 10), 수평골 결손부는 27부위(전치부: 18, 구치부: 9), 복합 결손부는 19부위(전치부: 14, 구치부: 5)였다. (Table 2)

Table 2. Number of subjects, gender, number of surgical sites and mean ages

Defect type	SUBJECT	GENDER		SITE
		M	F	
Horizontal defect	15	8	7	27(Anterior: 18 / Posterior: 9)
Vertical defect	7	5	2	14(Anterior: 4 / Posterior: 10)
Combined defect	10	7	3	19(Anterior: 14 / Posterior: 5)
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>60(Anterior: 36 / Posterior: 24)</b>

\* SUBJECT: Number of subjects

\* SITE: number of surgical sites

\* AGE: Mean ages

## 1. 결손형태에 따른 골증대

수평결손에서는 근단부의 골증대량이 유의하게 작았다.( H<sub>1</sub>: 4.97mm/H<sub>2</sub>: 4.95mm/H<sub>3</sub>: 1.83mm) 전치부, 구치부간의 골증대량의 유의적 차이는 없었다.(Fig. 4) (Table. 3)

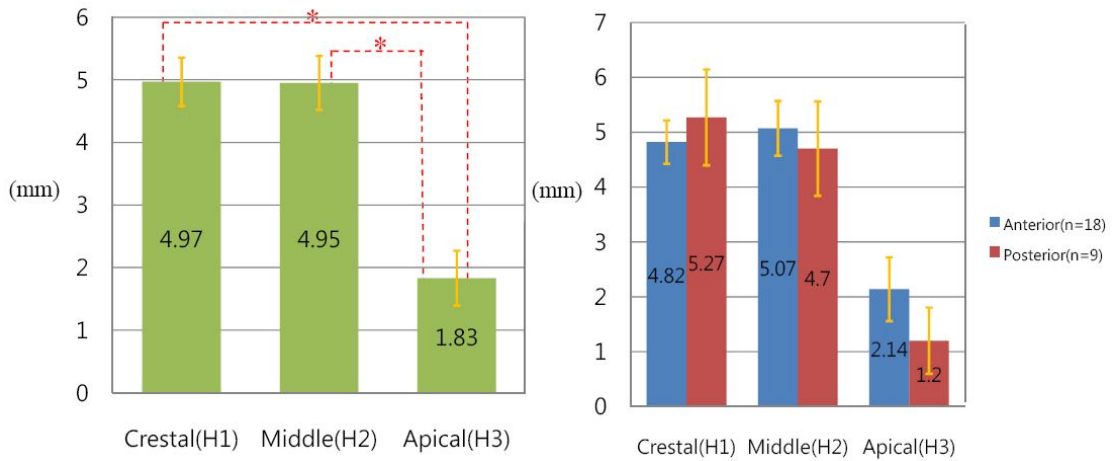


Fig. 4. Bone gain of horizontal defects.

\* There is statistically significant difference ( $P < 0.05$ ) (Mann-Whitney test)

Crestal(H1): 2mm apical from the regenerated alveolar crest.

Middle(H2): 7mm apical from the regenerated alveolar crest.

Apical(H3): 12mm apical from the regenerated alveolar crest.

Table 3. Bone gain of horizontal defects

	Crestal (H <sub>1</sub> )	Middle(H <sub>2</sub> )	Apical(H <sub>3</sub> )
Anteriors(N=18)	4.82±0.40mm	5.07±0.50mm	2.14±0.58mm
Posteriors(N=9)	5.27±0.87mm	4.70±0.86mm	1.20±0.60mm
<b>Total</b>	<b>4.97±0.39mm</b>	<b>4.95±0.43mm</b>	<b>1.83±0.44mm</b>

Crestal(H<sub>1</sub>): 2mm apical from the regenerated alveolar crest.

Middle(H<sub>2</sub>): 7mm apical from the regenerated alveolar crest.

Apical(H<sub>3</sub>): 12mm apical from the regenerated alveolar crest.

수직결손의 경우 치조제의 협측에서 7.52mm, 장축에서 7.97mm, 설측에서 7.03mm 수직적 골증대량이 관찰되었고, 각 부위간의 유의적 차이가 없었다. 전치부, 구치부 간의 골증대량의 유의적 차이 또한 없었다. (Fig. 5) (Table 4)

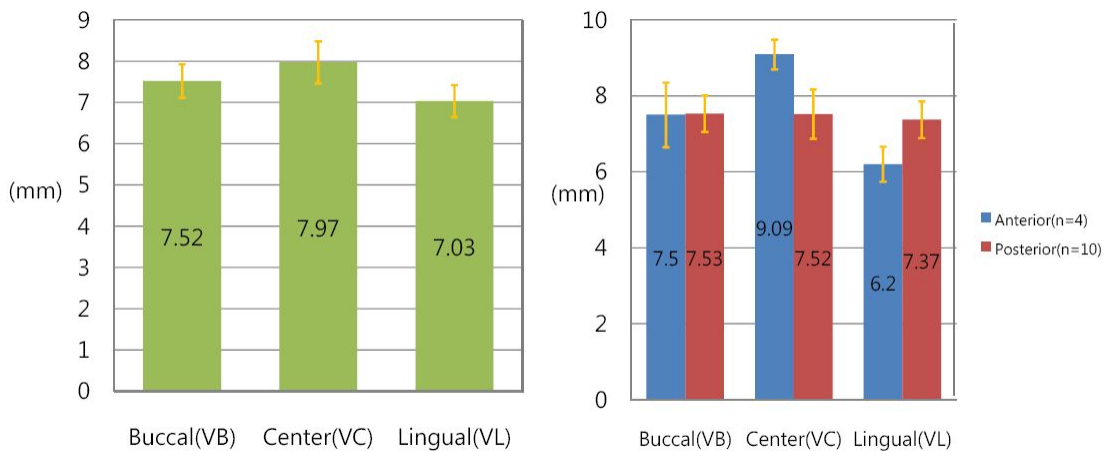


Fig. 6. Bone gain of vertical defect

Fig. 5. Bone gain of vertical defects.

\* There is statistically significant difference ( $P<0.05$ )(Mann-Whitney test)

Buccal(VB): 2mm buccal from long axis of reconstructed alveolar crest

Center(VC): Long axis of reconstructed alveolar crest

Lingual(VL): 2mm lingual from long axis of reconstructed alveolar crest

Table 4. Bone gain of vertical defects

Defect type	Buccal(V <sub>B</sub> )	Center(V <sub>C</sub> )	Lingual(V <sub>L</sub> )
Anterior(n=4)	7.50±0.85mm	9.09±0.39mm	6.20±0.46mm
Posterior(n=10)	7.53±0.48mm	7.52±0.65mm	7.37±0.48mm
<b>Total</b>	<b>7.52±0.40mm</b>	<b>7.97±0.51mm</b>	<b>7.03±0.39mm</b>

Buccal(V<sub>B</sub>): 2mm buccal from long axis of reconstructed alveolar crest

Center(V<sub>C</sub>): Long axis of reconstructed alveolar crest

Lingual(V<sub>L</sub>): 2mm lingual from long axis of reconstructed alveolar crest

복합결손에서 치조정부의 수평 골증대량이 다른 부위의 수평/수직 골증대량보다 유의적으로 크게, 근단부의 수평 골증대량이 다른 부위의 수평/수직 골증대량보다 유의적으로 작게 나타났다. ( H<sub>1</sub>: 7.02mm/H<sub>2</sub>: 6.02mm/H<sub>3</sub>: 2.72mm/V<sub>C</sub>: 5.73mm) 전치부, 구치부 간의 골증대량의 유의적 차이는 없었다. (Fig. 6) (Table 5)

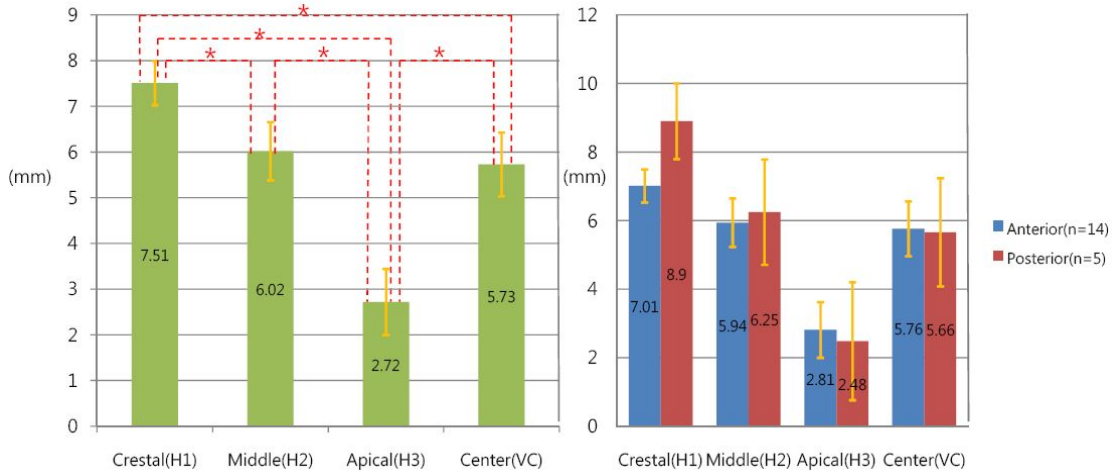


Fig. 6. Bone gain of combined defects.

\* There is statistically significant difference (P<0.05)(Mann-Whitney test)

Crestal(H1): 2mm apical from the regenerated alveolar crest

Middle(H2): 7mm apical from the regenerated alveolar crest

Apical(H3): 12mm apical from the regenerated alveolar crest

Center(VC): Long axis of reconstructed alveolar crest

Table 5. Bone gain of combined defects

Defect type	Crestal (H <sub>1</sub> )	Middle(H <sub>2</sub> )	Apical(H <sub>3</sub> )	Center(V <sub>C</sub> )
Anterior(n=14)	7.01±0.48mm	5.94±0.71mm	2.81±0.82mm	5.76±0.80mm
Posterior(n=5)	8.90±1.10mm	6.25±1.54mm	2.48±1.72mm	5.66±1.58mm
Total	7.51±0.48mm	6.02±0.64mm	2.72±0.72mm	5.73±0.70mm

Crestal(H1): 2mm apical from the regenerated alveolar crest

Middle(H2): 7mm apical from the regenerated alveolar crest

Apical(H3): 12mm apical from the regenerated alveolar crest

Center(VC): Long axis of reconstructed alveolar crest

## 2. 결손형태에 따른 수축률

수평결손의 선형적인 수축률은 평균 17.90% 였으며, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> 간의 유의적인 차이가 없었다. 전치부, 구치부 간의 유의적 차이 또한 없었다. (Fig. 7) (Table 6)

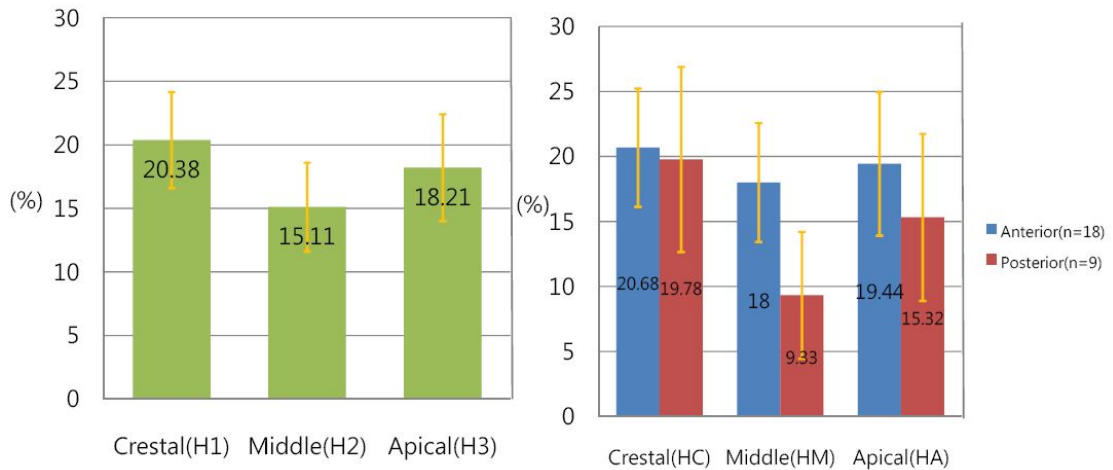


Fig. 7. Shrinkage rate(Length) of horizontal defects.

\* There is statistically significant difference (P<0.05)(Mann-Whitney test)

Crestal(H1): 2mm apical from the regenerated alveolar crest.

Middle(H2): 7mm apical from the regenerated alveolar crest.

Apical(H3): 12mm apical from the regenerated alveolar crest.

Table 6. Shrinkage rate(Length) of horizontal defects

Defect type	Crestal (H <sub>1</sub> )	Middle(H <sub>2</sub> )	Apical(H <sub>3</sub> )
Anteriors(n=18)	20.68±4.56%	18.00±4.57%	19.44±5.53%
Posteriors(n=9)	19.78±7.12%	9.33±4.88%	15.32±6.42%
Total	20.38±3.78%	15.11±3.49%	18.21±4.21%

Crestal(H<sub>1</sub>): 2mm apical from the regenerated alveolar crest.

Middle(H<sub>2</sub>): 7mm apical from the regenerated alveolar crest.

Apical(H<sub>3</sub>): 12mm apical from the regenerated alveolar crest.

수직결손의 선형적인 수축률은 평균 3.50%로  $V_B$ ,  $V_C$ ,  $V_L$  간의 유의적 차이가 없었다. 협측, 설측의 수직 수축률의 경우, 전치부가 구치부보다 유의적으로 컸다.(협측,  $P=0.01$ /설측,  $P=0.007$ ) (Fig. 8)(Table 7)

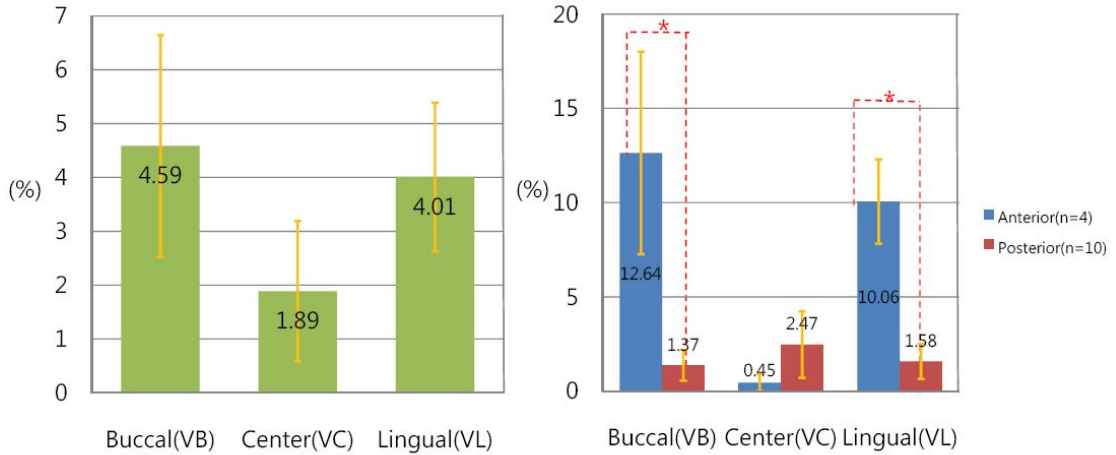


Fig. 8. Shrinkage rate(Length) of vertical defects.

\* There is statistically significant difference ( $P<0.05$ )(Mann-Whitney test)

Buccal(VB): 2mm buccal from long axis of reconstructed alveolar crest

Center(VC): Long axis of reconstructed alveolar crest

Lingual(VL): 2mm lingual from long axis of reconstructed alveolar crest

Table 7. Shrinkage rate(Length) of vertical defects

Defect type	Buccal( $V_B$ )	Center( $V_C$ )	Lingual( $V_L$ )
Anterior(n=4)	12.64±5.37%	0.45±0.45%	10.06±2.24%
Posterior(n=10)	1.37±0.82%	2.47±1.76%	1.58±0.94%
Total	4.59±2.06%	1.89±1.30%	4.01±1.38%

Buccal(VB): 2mm buccal from long axis of reconstructed alveolar crest

Center(VC): Long axis of reconstructed alveolar crest

Lingual(VL): 2mm lingual from long axis of reconstructed alveolar crest

복합결손에서는 치조제 장축 부위의 선형적인 수축률은 평균 3.63%로 모든 부위에서의 수평적인 수축률에 비해 유의적으로 더 작게 나타났다. 전치부, 구치부간의 수축률의 차이는 없었다. (Fig. 9) (Table 8)

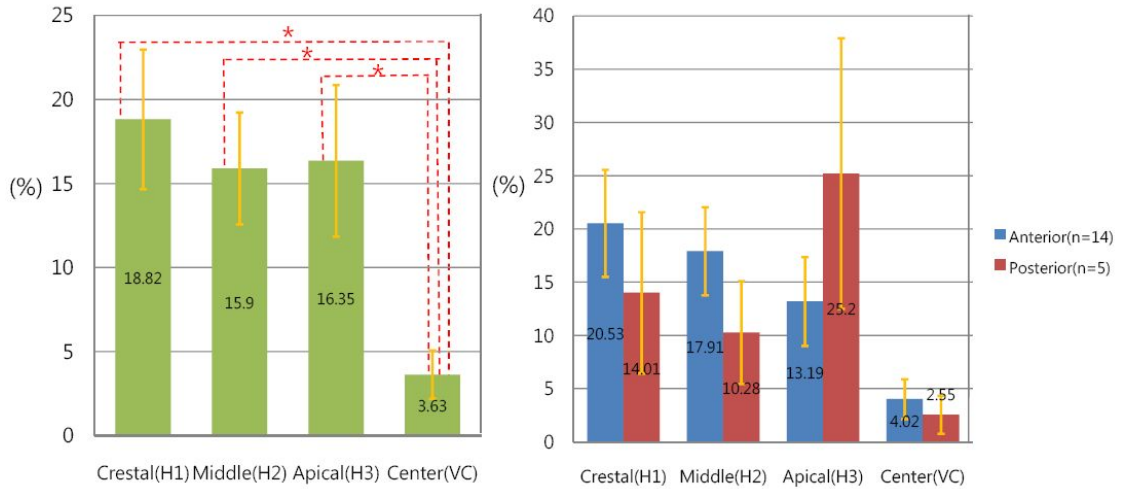


Fig. 9. Shrinkage rate(Length) of combined defects.

\* There is statistically significant difference ( $P < 0.05$ )(Mann-Whitney test)

Crestal(H1): 2mm apical from the regenerated alveolar crest

Middle(H2): 7mm apical from the regenerated alveolar crest

Apical(H3): 12mm apical from the regenerated alveolar crest

Center(VC): Long axis of reconstructed alveolar crest

Table 8. Shrinkage rate(Length) of combined defects

Defect type	Crestal(H <sub>1</sub> )	Middle(H <sub>2</sub> )	Apical(H <sub>3</sub> )	Center(V <sub>C</sub> )
Anterior(n=14)	20.53±5.02%	17.91±4.13%	13.19±4.17%	4.02±1.87%
Posterior(n=5)	14.01±7.57%	10.2±84.83%	25.20±12.71%	2.55±1.78%
Total	18.82±3.49%	15.90±3.33%	16.35±3.32%	3.63±1.44%

Crestal(H1): 2mm apical from the regenerated alveolar crest

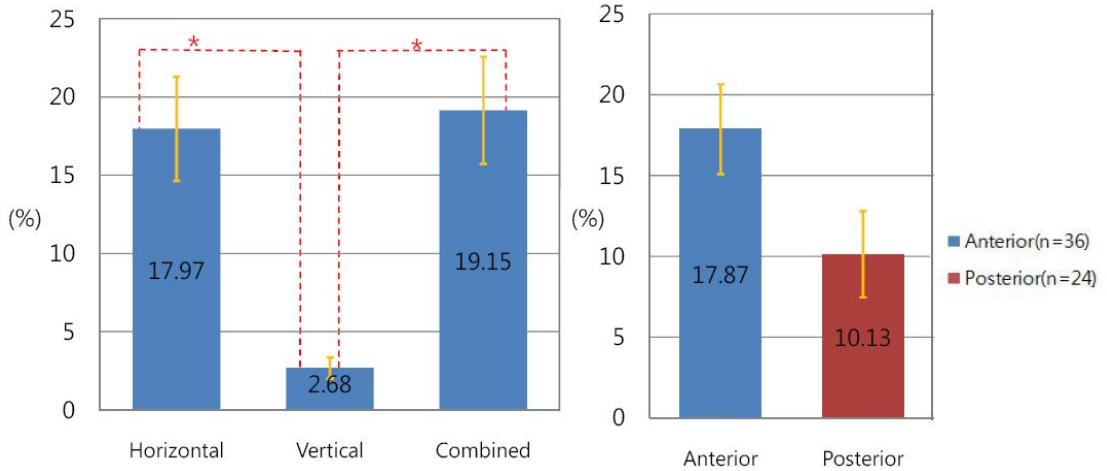
Middle(H2): 7mm apical from the regenerated alveolar crest

Apical(H3): 12mm apical from the regenerated alveolar crest

Center(VC): Long axis of reconstructed alveolar crest



넓이 수축률은 수직결손(2.68%) 에서 다른 결손 형태(수평결손 : 17.97% / 복합결손 : 19.15%) 보다 유의적으로 더 작게 나타났다. 전치부와 구치부 간의 넓이 수축률의 유의적 차이는 없었다. (Fig. 10)(Table 9)(Table 10)



**Fig. 10. Shrinkage rate(Area).**

\* There is statistically significant difference ( $P < 0.05$ )(Mann-Whitney test)

**Table 9. Shrinkage rate(Area) according to defect type**

Defect type	Shrinkage rate(Area)
Horizontal(n=27)	17.97±3.33%
Vertical(n=14)	2.68±0.67%
Combined(n=19)	19.15±3.43%

**Table 10. Shrinkage rate(Area) according to location**

Site	Shrinkage rate(Area)
Anterior(n=36)	17.87±2.78%
Posterior(n=24)	10.13±2.67%

### 3. 방사선적 협설 폭, 임상적 협설 폭

방사선적 협설 폭(7.68mm)이 임상적 협설 폭(10.01mm)보다 작게 나타나는 경향이 있었으나, 복합결손에서만 이 차이가 유의적이었다. ( $P=0.014$ ) (Fig. 11)

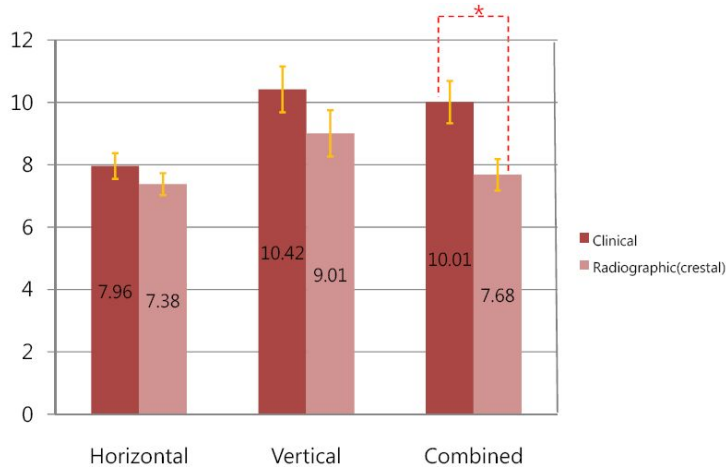


Fig. 11. The clinical and radiographic bucco-lingual width.

\* There is statistically significant difference ( $P<0.05$ )(Mann-Whitney test)

Table 11. The clinical and radiographic bucco-lingual width.

	Clinical bucco-lingual width	Radiographic bucco-lingual width(mm)
Horizontal	7.96±2.16	7.38±1.83
Vertical	10.42±2.56	9.01±2.77
Combined	10.01±2.88	7.68±2.19

### 4. 임플란트 고정 계수(Implant stability quotient, ISQ)

치조제 증대를 시행한 60부위 중 임플란트를 식립하여 ISQ를 측정된 부위는 총 45 부위였다. ISQ 값은 1차 수술 시 41 개의 부위에서 65 이상을 기록했다. 2차 수술법을 시행한 부위는 총 36개였는데, 그 중 32개의 부위에서 2차 수술시 ISQ가 65 이상을 기록했다. 1차 수술과 2차 수술을 통틀어 측정된 모든 ISQ는 55 이상이었다. (Table 12)

Table 12. Implant stability quotient

Procedure	ISQ < 55	55 ≤ ISQ < 65	ISQ ≥ 65	ISO ≥ 75	Total
1st surgery	0	4	32	9	45
2nd surgery	0	4	7	25	36

\*ISQ: Implant stability quotient

## 5. 임상적 평가

총 60부위중 감각 이상은 1부위에서 보고되었으며, 4 부위에서 Ti-mesh의 노출이 관찰되었고, 13부위에서 임플란트 식립시 추가적인 골 증대를 시행하였다.(Table 13)

Table 13. Number of surgical sites with complication

Complication	Site (%)
Nerve disturbance	1 (0.2%)
Ti-mesh exposure	4 (6.7%)
Additional bone augmentation	13 (21.7%)

## 6. 보철물 장착 후 Follow-up check

보철물 장착 후 F/U 기간은 평균 13.8개월이었다.(Table. 1.) 하중이 가해진 시점, 이후 1년째의 2회에 걸친 표준 방사선 촬영을 시행한 부위는 총 30 부위였다. 그 중 변연골 소실은 2부위(0.7mm, 0.5mm)에서 나타났다. 특이한 염증 소견을 보이거나 동요가 관찰된 부위는 없었다.

## IV. 총괄 및 고찰

Ti-mesh을 이용한 치조제 증대술에 이식재로는 자가골, 이종골, 동종골<sup>25,26</sup> 등이 이식재로 사용되며, 자가골은 흡수가 가장 빠르고, 이종골이 가장 느리게 흡수되는 것으로 알려져 있다.<sup>16,25-27</sup> 동종골은 자가골과 비교할 때, 공여부의 불편감이 없으며 이식재 양의 제한이 없다는 장점이 있으며, 이종골에 비해 더 많은 신생골이 형성되었다는 보고가 있었다.<sup>28</sup> 이 연구에서는 피질골과 해면골이 1대1의 비율로 혼합된 동결건조 동종골 이식재가 사용되었다.

지금까지 치조제 증대술에 대한 보고된 연구들은 ‘결손된 골을 얼마나 채우는 지(골 증대량)’에 대한 연구들이었다. Geurs 등<sup>29</sup>은 동종골과 흡수성 차폐막을 이용한 GBR에서 4mm의 수평 골증대를 얻을 수 있었다고 보고하였다. Todisco<sup>30</sup>는 이종골과 비흡수성 차폐막을 이용한 GBR을 통해 5.24mm의 수직 골증대를 보고하였다. ridge splitting/expansion의 경우 3.35의 수평골증대를 얻을 수 있다고 보고된 바 있다.<sup>31</sup> 2014년 Milinkovic 등<sup>11</sup>에 따르면 수평골 증대술에서 Block bone onlay 술식의 경우 평균 4.3mm로 가장 큰 골 증대를 얻을 수 있고, 수직골 증대술에서 distraction osteogenesis(DO)가 평균 7mm로 가장 큰 증대가 가능하다 하였다. Ti-mesh를 이용한 골증대술에 대한 Rasia-dal 등<sup>16</sup>에 의한 연구에서는 수평골 증대가 평균 4.36mm, 수직골 증대가 4.91mm로 나타났다고 하였다. 이번 연구에서 수평골 증대의 경우 수평결손 시 4.97mm로 Block bone onlay와 유사했고, 복합결손 시 7.51mm로 Block bone onlay보다 더 많은 증대량을 보였다. 수직 결손 시 수직골 증대량이 7.97mm로 DO보다 더 컸다.

이 연구에서 수평결손, 복합결손의 경우 근단측의 수평 골증대가 다른 부위보다 유의적으로 작았는데, 이는 넓은 하부를 가진 치조제의 형태에 의해 필요한 골이식량이 적기 때문이고 복합결손의 경우 치조정부의 수평 골증대량 유의하게 컸는데 이는 치조정부의 잔존치조제 폭이 좁거나, 존재하지 않아서 필요한 골이식량이 많았기 때문이다. 하지만 골이식량에 상관없이 수평적 수축률의 경우 15.11~20.38%로 수평결손과 복합결손 모두에서 측정부위에 따른 차이가 없었다.

Lizio 등<sup>32</sup>은 티타늄 메쉬와 동종골, 이종골을 동시에 사용한 증대술에서 3차원적인 체적 수축률 분석시, 계획된 골보다 30.2% 적게 골증대가 일어난다는 보고하였다. 본 연구에서는 길이 수축률과, 넓이 수축률을 조사하였고, 길이 수축률의 경우 수평결손에서 17.90%, 수직결손에서 3.50%, 복합결손에서 수평적으로 18.82%, 수직적으로

3.63%였다. 넓이 수축률의 경우 수평결손에서 17.97%, 수직결손에서 2.68%, 복합결손에서 19.15%였다. 이러한 결과를 Lizio 등<sup>32</sup>의 연구와 직접적으로 비교하기 어려우나, 대체적으로 살펴보자면 수평 결손에서 치조정부(crestal, H<sub>1</sub>), 중간부(middle, H<sub>2</sub>), 근단부(apical, H<sub>3</sub>)에서의 수평적인 길이 수축률의 유의적 차이가 없었다. 또한 수직결손에서 치조제 장축(center, V<sub>C</sub>), 협축(buccal, V<sub>B</sub>), 설축(lingual, V<sub>L</sub>)에서의 수직적인 길이 수축률의 유의적 차이가 없었다. 복합 결손에서 길이 수축률의 경우, 수평적 수축보다 수직적 수축률이 작았다. 넓이 수축률의 경우 수직결손에서 유의하게 작은 것으로 나타났다. 이를 통해 골증대시 수직적인 골흡수보다 수평적인 골흡수가 더 많이 일어남을 알 수 있다. 이는 자연치가 상실된 이후의 치조제가, 수직적 흡수보다 협설적인 흡수가 더 많이 일어나는 결과<sup>33</sup>와 유사하다. 또한 협축, 설축의 수직적 길이 수축률은 전치부의 수직결손에서 구치부 수직결손보다 크게 나타났다.(V<sub>B</sub>, P=0.01 / V<sub>L</sub>, P=0.007) 이는 전치부의 수직 결손에서 추가적인 골이식술이 구치부의 수직결손보다 더 자주 일어날 수 있음을 시사한다.

골증대술 후 나타나는 부작용으로는 감각이상, Ti-mesh 노출, 추가적 골이식 등이 있다. 차폐막 노출의 경우 임플란트 식립과 동시에 골증대 시 평균 13.1%, 골증대 후 자연 식립시 평균 6.95%, Ti-mesh의 노출은 평균 16.1%라 보고되었다.<sup>11,16</sup> 술후 2개월 이전에 노출되는 경우를 조기 노출(early exposure), 술후 2개월 이후 노출되는 경우를 지연 노출(late exposure)으로 분류하고 있으며, 이는 Ti-mesh를 이용한 치조제 증대술의 치유에서 노출시 이식재가 감염되는 것을 막아주는 Periosteum-like tissue가 형성되는 시기인 술후 6주가 가장 중요하기 때문이다.<sup>34</sup> Pellegrino 등<sup>35</sup>은 Ti-mesh의 지연 노출이 발생한 경우 임플란트 식립에 악영향을 미치지 않았다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 6.7%(4/60)의 지연 노출이 있었는데 이는 기존의 연구에 비해 낮게 나타난 결과이며, 조기 노출은 없었고, 모든 증례에서 임플란트 식립이 가능했다.

이렇게 적은 노출율을 보이는 이유는 수술 시 PRF를 사용했다는 점, 연조직이 얇은 환자에서 흡수성 차폐막을 치조정에 적용했다는 점을 그 이유로 들 수 있다. PRF는 다양한 성장인자들(PDGF, TGF-β 등)을 초기에 배출하여 치유 과정을 촉진시키고, 미세혈관의 생성(microvascularization)과 상피세포의 이주를 유도할 수 있다고 보고된 바 있다.<sup>36,37</sup> 또한 Degidi 등<sup>38</sup>은 Ti-mesh와 흡수성 차폐막을 동반 사용할 시 노출이 관찰되지 않았다는 보고가 있었다. 임플란트 식립 시 초기고정은 매우 중요한데, 이번 연구에서 Ti-mesh가 노출된 부위의 1차 수술에서 ISQ가 68 이상의 수치가 나왔

고 모든 증례에서 임플란트 식립이 가능했다. Straumann 형의 임플란트 식립 시 ISQ가 55-65의 영역 이상인 경우는 안정적인 수준(safe level)이라 볼 수 있다고 밝혀진 바 있다.<sup>39</sup>

임플란트 식립시 추가적인 골이식의 여부도 골증대술의 성공을 의미하는 하나의 지표이기 때문에 재이식 비율이 적은 술식일수록 좋은 결과를 나타내는 술식이라 할 수 있다. DO의 경우 66%, 광범위한 결손 수복을 위한 자가 block bone graft의 경우 20%에서 나타났다고 보고된 바 있다.<sup>11,40</sup> 본 연구에서는 21.3%에서 임플란트 식립 시 추가적 골이식을 시행했다. 본 연구의 결과를 살펴보면 가장 많은 수평골증대량을 가진다고 보고된 자가 block bone graft보다 더 많은 골증대량을 보이며 같은 정도의 재이식 비율을 나타내었고, 가장 많은 수직골증대량을 가진다고 보고된 DO와 유사한 증대량을 나타냄에도 불구하고 재이식 비율이 상당히 작았다.

임상적 협설 폭과 방사선적 협설 폭을 비교하였을 때, 복합결손에서 임상적 협설 폭(10.01mm)이 방사선적 협설 폭(7.68mm)보다 유의하게 크게 나타났다. ( $P=0.014$ ) 수평결손과 수직결손에서는 임상적 협설폭이 더 크게 나타났으나 그 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 치조정부의 협설적 증대가 큰 복합결손에서 CBCT 상에 반영되지 못할 정도로 골화가 덜 된 신생 치조제가 있기 때문일 것이다.

이 연구에 포함된 증례들의 경우 기능적인 하중이 가해진 후 관찰이 평균 13.8개월 정도 행해졌으며, 대부분의 증례에서 방사선상 아직 특이할 만한 변연골 소실이 관찰되지 않았다. 최종 보철물 후 평균 13.8개월의 F/U 기간까지의 변연골 소실은 평균 0.04mm였다. 하지만 확실한 결론을 얻기 위해서 더 많은 임상적 연구와 장기간의 follow-up 및 조직학적 평가가 필요할 것이다.

Ti-mesh와 1대1 혼합 동종골을 이용한 치조제 증대술은 모든 유형의 결손 형태에서 우수한 골증대를 기대할 수 있는 술식이다. 또한 Ti-mesh의 노출은 적절한 PRF와 흡수성 차폐막 등의 사용을 통해 최소화할 수 있다.

## V. 결론

이 연구는 Ti-mesh와 1대1 혼합 동종골을 사용한 치조제 증대술의 결과에 대해 CBCT와 임상적 평가를 통해 분석하였다. 위 연구를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 수평 골증대량은 수평결손에서 4.93mm, 복합결손에서 7.51mm였다. 수직 골증대량은 수직결손에서 7.97mm, 복합결손에서 5.73mm였다.
2. 수평 결손에서 수평적인 길이 수축률은 17.90% 였고, 수직 결손부에서 수직 길이 수축률은 3.50% 였다. 복합 결손에서 길이 수축률은, 수직적 수축률이 3.63%로 17.02%의 수평적 수축보다 작았다. 넓이 수축률의 경우 수직결손 형태가 수평결손 형태와 복합결손형태보다 수축률이 작았다.
3. Ti-mesh의 노출은 6.7%(4/60)에서 나타났으며, 모두 지연 노출(late exposure, 2개월 이후)이었다.

## 참고문헌

1. Nisand D, Renouard F. Short implant in limited bone volume. *Periodontol* 2000 2014;66(1):72-96.
2. Lai HC, Si MS, Zhuang LF, Shen H, Liu YL, Wismeijer D. Long-term outcomes of short dental implants supporting single crowns in posterior region: a clinical retrospective study of 5-10 years. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:230-237.
3. Perelli M, Abundo R, Corrente G, Saccone C. Short (5 and 7 mm long) porous implant in the posterior atrophic mandible: a 5-year report of a prospective study. *Eur J Oral Implantol* 2011;4:363-368.
4. Ortega-Oller I, Suárez F, Galindo-Moreno P, Torrecillas-Martínez L, Monje A, Catena A, Wang HL. The influence of implant diameter on its survival: a meta-analysis based on prospective clinical trials. *J Periodontol* 2014;85(4):569-80.
5. Lee JS, Kim HM, Kim CS, Choi SH, Chai JK, Jung UW. Long-term retrospective study of narrow implants for fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res*. 2013;24(8):847-52.
6. Schmitt C, Karasholi T, Lutz R, Wiltfang J, Neukam FW, Schlegel KA. Long-term changes in graft height after maxillary sinus augmentation, onlay bone grafting, and combination of both techniques: a long-term retrospective cohort study. *Clin Oral Implants Res* 2014;25(2):e38-46.
7. van den Bergh JP, ten Bruggenkate CM, Krekeler G, Tuinzing DB. Sinusfloor elevation and grafting with autogenous iliac crest bone. *Clin Oral Implants Res* 1998;9(6):429-35.
8. Kao DW, Fiorellini JP. Comparison of ridge expansion and ridge splitting techniques for narrow alveolar ridge in a Swine cadaver model. *Int J Periodontics*



Restorative Dent. 2015;35(3):e44-9.

9. Lorenzoni M, Pertl C, Polansky R, Wegscheider W. Guided bone regeneration with barrier membranes—a clinical and radiographic follow-up study after 24 months. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:16-23.

10. Aghaloo TL, Misch C, Lin GH, Iacono VJ, Wang HL. Bone Augmentation of the Edentulous Maxilla for Implant Placement: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2016;31 Suppl:s19-30.

11. Milinkovic I, Cordaro L. Are there specific indications for the different alveolar bone augmentation procedures for implant placement? A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2014;43(5):606-25.

12. Her S, Kang T, FienMJ. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70(4):803-10.

13. Luis PJ, Gutta R, Said-Al-Naief N, Bartolucci AA. Reconstruction of the maxilla and mandible with particulate bone graft and titanium mesh for implant placement. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:235-45.

14. Van Steenberghe D, Johansson C, Quirynen M, Molly L, Albrektsson T, Naert I. Bone augmentation by means of stiff occlusive titanium barrier. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:63-71.

15. Her S, Kang T, Fien MJ. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70:803-10.

16. Rasia-dal Polo M, Poli PP, Rancitelli D, Beretta M, Maiorana C. Alveolar ridge reconstruction with titanium meshes: a systematic review of the literature. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2014;19(6):e639-46.

17. Pieri F, Corinaldesi G, Fini M, Aldini NN, Giardino R, Marchetti C. Alveolar ridge augmentation with titanium mesh and a combination of autogenous bone and anorganic bovine bone: a 2-year prospective study. *J Periodontol*

2008;79:2039-2103.

18. Corinaldesi G, Pieri F, Sapigni L, Marchetti C. Evaluation of survival and success rates of dental implants placed at the time of or after alveolar ridge augmentation with an autogenous mandibular bone graft and titanium mesh: a 3- to 8-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:1119-1128.

19. Goldberg VM, Stevenson S. Natural history of autografts and allografts. *Clin Orthop Relat Res* 1987;(225):7-16.

20. Eskow AJ, Mealey BL. Evaluation of healing following tooth extraction with ridge preservation using cortical versus cancellous freeze-dried bone allograft. *J Periodontol* 2014;85(4):514-24.

21. Nevins M, Parma-Benfenati S, Janke UW, Kleyer A, Rasperini G, Tinti C, Schupbach P, Kim DM. The efficacy of mineralized allograft cortical and cancellous chips in maxillary sinus augmentations. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2014;34(6):789-93.

22. Soardi CM, Spinato S, Zaffe D, Wang HL. Atrophic maxillary floor augmentation by mineralized human bone allograft in sinuses of different size: an histologic and histomorphometric analysis. *Clin Oral Implants Res* 2011;22(5):560-6.

23. Park SH, Lee KW, Oh TJ, Misch CE, Shotwell J, Wang HL. Effect of absorbable membranes on sandwich bone augmentation. *Clin Oral Implants Res* 2008;19(1):32-41.

24. Peter Ehrl, Ulrich Fürst, Arndt Happe, Fouad Khoury, Pavel Kobler, et al. Cologne Classification of Alveolar Ridge Defects (CCARD). European Association of Dental Implantologists, 8th European Consensus Conference of BDIZ EDI, Cologne. 2013; 2-10.

25. Chan HL, Benavides E, Tsai CY, Wang HL. A Titanium Mesh and Particulate

Allograft for Vertical Ridge Augmentation in the Posterior Mandible: A Pilot Study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2015;35(4):515–22.

26. Levine RA, McAllister BS. Implant Site Development Using Ti-Mesh and Cellular Allograft in the Esthetic Zone for Restorative-Driven Implant Placement: A Case Report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2016;36(3):373–81.

27. Sanz M, Vignoletti F. Key aspects on the use of bone substitutes for bone regeneration of edentulous ridges. *Dent Mater* 2015;31(6):640–7.

28. Vance GS, Greenwell H, Miller RL, Hill M, Johnston H, Scheetz JP. Comparison of an allograft in an experimental putty carrier and a bovine-derived xenograft used in ridge preservation: a clinical and histologic study in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19(4):491–7.

29. Geurs NC, Korostoff JM, Vassilopoulos PJ, Kang TH, Jeffcoat M, Kellar R. Clinical and histologic assessment of lateral alveolar ridge augmentation using a synthetic long-term bioabsorbable membrane and an allograft. *J Periodontol* 2008; 79:1133–40.

30. Todisco M. Early loading of implants in vertically augmented bone with non-resorbable membranes and deproteinised anorganic bovine bone. An uncontrolled prospective cohort study. *Eur J Oral Implantol* 2010;3:47–58.

31. Anitua E, Begona L, Orive G. Clinical evaluation of split-crest technique with ultrasonic bone surgery for narrow ridge expansion: status of soft and hard tissues and implant success. *Clin Implant Dent Relat Res* 2013;15:176–87.

32. Lizio G, Corinaldesi G, Marchetti C. Alveolar ridge reconstruction with titanium mesh: a three-dimensional evaluation of factors affecting bone augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29(6):1354–63.

33. Lekovic V, Camargo PM, Klokkevold PR, Weinlaender M, Kenney EB, Dimitrijevic B, Nedic M. Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *J Periodontol* 1998;69(9):1044–9.

34. Pieri F, Corinaldesi G, Fini M, Aldini NN, Giardino R, Marchetti C. Alveolar ridge augmentation with titanium mesh and a combination of autogenous bone and anorganic bovine bone: a 2-year prospective study. *J Periodontol* 2008; 79: 2039-103.
35. Pellegrino G, Lizio G, Corinaldesi G, Marchetti C. Titanium Mesh Technique in Rehabilitation of Totally Edentulous Atrophic Maxillae: A Retrospective Case Series. *J Periodontol* 2016;87(5):519-28
36. Dohan DM, Choukroun J, Diss A, Dohan SL, Dohan AJ, Mouhyi J, Gogly B. Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part II: platelet-related biologic features. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101(3):e45-50.
37. Choukroun J, Diss A, Simonpieri A, Girard MO, Schoeffler C, Dohan SL, Dohan AJ, Mouhyi J, Dohan DM. Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part IV: clinical effects on tissue healing. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101(3):e56-60.
38. Degidi M, Scarano A, Piattelli A. Regeneration of the alveolar crest using titanium micromesh with autologous bone and a resorbable membrane. *J Oral Implantol*. 2003;29:86-90.
39. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontol* 2000 2008;47:51-66.
40. Schwartz-Arad D, Levin L. Intraoral autogenous block onlay bone grafting for extensive reconstruction of atrophic maxillary alveolar ridges. *J Periodontol* 2005;76(4):636-41.