

자가골과 BioOss[®]를 이용한 상악동골이식술: 자가골 함량에 따른 치유 비교

김영균¹ · 윤필영¹ · 김수관² · 임성철³

¹분당서울대학교병원 치과 구강악안면외과, ²조선대학교 치과대학 구강악안면외과,

³조선대학교 의과대학 병리과

Abstract (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2007;33:654-659)

SINUS BONE GRAFT USING COMBINATION OF AUTOGENOUS BONE AND BIOOSS[®]: COMPARISON OF HEALING ACCORDING TO THE RATIO OF AUTOGENOUS BONE

Young-Kyun Kim¹, Pil-Young Yun¹, Su-Gwan Kim², Seung-Cheoul Lim³

¹Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Section of Dentistry, Seoul National University Bundang Hospital

²Department of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Chosun University

³Department of Pathology, College of Medicine, Chosun University

We performed sinus bone graft using some amount of autogenous bone and BioOss[®] and covered the sinus window with Ossix[®] membrane in these case series. After 4 to 6 months after operation, histopathologic examinations of trephine core biopsy showed following results.

1. There were bone density of 39.2% to 41.2% four months after operation, and we could observe the favorable early new bone formation.
2. Active bony remodeling of woven and lamellar bone was observed during 4 to 6 months healing period.
3. There were no significant differences between two groups. And also there were no significant differences between 4 months and 6 months.

Key words: Autogenous bone, BioOss[®], Bone density, Remodeling

I. 서 론

상악 구치부 임프란트를 이용한 수복은 여러가지 측면에서 어려움이 있고 성공율이 가장 낮은 부위로 알려져 있다. 그 이유는 type III, IV 유형의 골질이 많고 무치악 상태가 오래 지속되면서 상악동의 함기화(pneumatization)로 인한 절대적인 골량 부족이 나타나는 경우가 많기 때문이다. 그러나 최근 임프란트 술기와 골이식술이 발전하고 임프란트의 표면처리 기술이 진보하면서 잔존 치조골 높이가 부족한 상악 구치부 임프란트 식립시 상악동골이식술은 보편적이며 예측 가능한 술식으로 자리 잡았다. 그러나 이상적인 상악동 골이식재료에 대해서는 아직까지 논란의 대상이 되고 있다^{1,2}. 이상적인 합성골은 생물학적으로 안정성이 있고 자신의 체적을 잘 유지하면서 신생골의 침투와 골개조가 잘 이루어져야 한다³.

임프란트 식립술과 관련하여 이상적인 골이식재료는 다음과 같은 특성들을 가져야 한다: 1) 임프란트 치유와 신생골 침투가 이루어질 수 있도록 일정 기간 동안 공간을 유지할 수 있어야 한다. 2) 시간이 경과하면서 골이식재와 임프란트의 골유착이 이루어져야 한다. 3) 임프란트 상부 보철물이 완성된 후에도 골소실이 없이 안정적인 상태를 유지해야 한다. 4) 이식재 내부로 신생골이 자라 들어올 수 있는 골전도 능력을 가져야 한다. 5) 오래 지속될 수 있는 골조직으로 골개조가 이루어져야 한다. 7) 예측 가능한 성공율을 보여야 한다⁴.

상악동골이식의 경우 골치유과정을 촉진시키면서 이식 후 상악동의 재함기화를 방지할 목적으로 자가골과 다른 골대체 재료를 혼합하여 사용하는 것이 좋다고 알려져 있다. 그 중 자가골과 이종골인 BioOss를 일정비율로 혼합하여 사용한 실험 및 임상 보고가 많이 발표된 바 있다. 이전부터 다양한 골이식재료들의 치유과정을 조사하기 위한 연구들이 많이 시행되어 왔지만 대부분 in vitro study 혹은 동물 실험이었다. 그러나 골이식재의 치유과정을 정확히 조사하기 위해서는 결국 인간에 이식된 골이식재에 관한 조직학적 검사가 필요하지만 생명윤리적인 문제점으로 인해 연구에 제한을 받아왔으며 특정 재료가 우수하다고 단정지을 만한 연구결과는 찾아보기 어렵다^{5,6}.

저자 등은 소량의 자가골과 다량의 자가골을 BioOss와 혼합

김 수 관

501-825 광주광역시 동구 서석동 421번지
조선대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

Su-Gwan Kim

Dept. of OMFS, College of Dentistry, Chosun University
421, Seosuk-dong, Dong-Gu, Gwangju, 501-825, Korea
Tel: 82-62-220-3815 Fax: 82-62-228-7316
E-mail: sgckim@chosun.ac.kr

한 2개의 군으로 분리하여 자가골의 함량에 따른 치유과정의 차이점을 비교하고자 본 연구를 시행하게 되었다.

II. 연구재료 및 방법

상악동골이식술을 자가골이 포함된 정도에 따라 2그룹으로 구분하였으며, 자가골이식 혹은 이종골 단독이식과 같은 대조군을 설정하지 않았다. Group I은 상악동 전벽, 인접한 상악결절 혹은 드릴링 중 수집된 자가골분말을 이용한 소량의 자가골(체적비 25% 미만)과 BioOss®를 조직접착제(Greenplast®)와 혼합하여 이식하였고, Group II는 Ramus, coronoid process, symphysis에서 채취한 체적비 26-50% 정도의 자가골과 BioOss를 Greenplast®로 혼합하여 이식하였으며, 2그룹 모두 상악동창을 흡수성 Ossix® membrane으로 피개하였다. 임플란트 지연식립 혹은 2차수술 시기에 상악동 측벽에서 조직시편을 채취하기로 계획하였으며, 각각 골이식 4개월과 6개월 군으로 분류하였다. Group I은 6명의 환자의 7개 상악동에서 7개 시편(4개월군 5개, 6개월군 2개)을 채취하였으며 Group II는 6명의 환자의 10개 상악동(4개월군 5개, 6개월군 5개)에서 10개의 시편을 채취하였다.

1) 조직 시편 채취 및 제작

2006년 1월 24일 분당서울대학교병원 생명윤리심의위원회의 승인을 받고 환자들에게 조직검사 동의서를 받은 후 본 연구를 시행하였다. 상악동골이식 후 지연 식립의 경우엔 임플란트 식립 직전에 치조정 부위로부터 2mm trephine bur로 시편을 채취하였고 상악동골이식과 동시 임플란트를 식립한 경우엔 이차수술시 측방창으로부터 trephine bur를 사용하여 시편을 채취하였다. 채취한 시편은 즉시 10% 포르말린 용액에 24시간

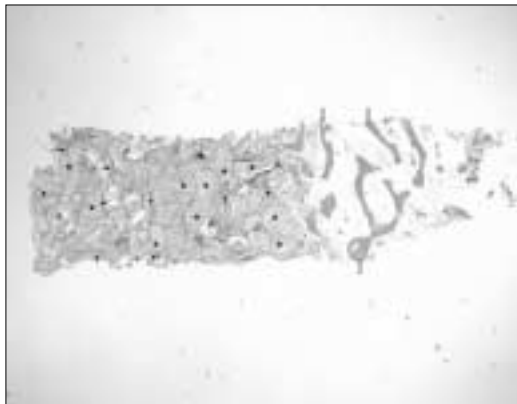


Fig. 1. Histologic finding of group I, 4 months after graft. Anastomosing woven bone formation around the implant chips is noted. Trabecular bone is found in the right one third. H & E stain, $\times 12.5$.

고정한 후 Calci-Clear Rapid™ (National Diagnostics, Atlanta, Georgia, USA)로 12시간 탈회하였다. 탈회된 조직은 흐르는 물에 세척한 후 자동조직가공기 (Hypercentre XP, Shandon, Cheshire, UK)를 이용하여 조직처리를 하여 파라핀 포매를 하였다. 파라핀 포매후 4-5 μm 두께로 박절하여 Hematoxylin-Eosin 염색을 하여 광학 현미경하에 관찰하였다.

2) 조직형태계측학적 관찰

제작된 조직 절편을 MagnaFire digital camera system (Optronics, Goleta, CA, USA)으로 촬영한 후 관찰대상 부위를 Visus Image Analysis System (Image & Microscope Technology, Daejeon, Korea)을 통하여 신생골 밀도(골면적/표본 전체 단면적 $\times 100$ (%)), 층판골(lamellar bone) 및 직골(woven bone)의 비율, 간존 골이식재의 비율(해당 implant material 층면적/표본 전체 단면적 $\times 100$ (%))을 측정하였고 각각에 대해 1군과 2군의 차이, 4개월과 6개월 시편의 차이를 비교 분석하였다. 각 그룹별 및 각 시기별 조직계측학적 분석은 Man-Whitney 검정법을 이용하였고, $P < 0.05$ 에서 통계적으로 유의하다고 평가하였다. 각각의 통계적인 분석은 SPSS 15.0을 통해 통계처리하였다.

III. 연구결과

1. 조직학적소견

1) Group I

(1) 4개월 군

신생 소주골의 형성이 활발하였으며 woven bone이 골이식재들과 상호 문합하는 소견이 관찰되었다 (Figs. 1, 2).

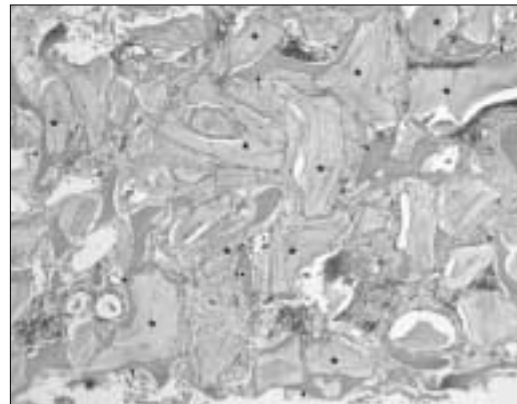


Fig. 2. High magnification of Fig. 1. Woven bone formation around the implant chips is demonstrated. H & E stain, $\times 40$.

(2) 6개월 군

층판골과 woven bone이 혼재하고 있으며 층판골의 양이 점차 증가되었고 골이식재들의 흡수 소견이 관찰되었다 (Figs. 3, 4).

2) Group II

(1) 4개월 군

두꺼운 소주골들과 상호 문합하는 woven bone들이 관찰되었고 1군과 거의 유사한 소견을 보였다 (Figs. 5, 6).

(2) 6개월 군

골이식재 주변의 woven bone이 소주골을 형성하고 있으며 4개월 시편에 비해 골밀도와 층판골이 증가되는 양상을 보였

다. 전반적으로 1군과 조직소견은 큰 차이를 보이지 않았다 (Figs. 7, 8).

2. 조직형태계측학적 분석

Group 1과 group 2의 4개월 및 6개월 조직시편 소견을 각각 비교해 보면, 4개월 소견에서 골밀도는 39.2 ± 6.1 Vs. 41.2 ± 7.2 , LB/WB ratio 0.19 ± 0.16 Vs. 0.26 ± 0.24 , 잔존 골이식재의 비율 38.8 ± 10.4 Vs. 33.2 ± 9.7 로, 통계적으로 유의할만한 수준의 차이는 관찰되지 않았다. 또한 6개월 소견에서도 골밀도 55.0 ± 2.8 Vs. 48.8 ± 5.6 , LB/WB ratio 0.30 ± 0.35 Vs. 1.15 ± 1.77 , 잔존 골이식재의 비율 21.0 ± 2.8 Vs. 21.2 ± 7.7 로, 역시 통계적으로 유의

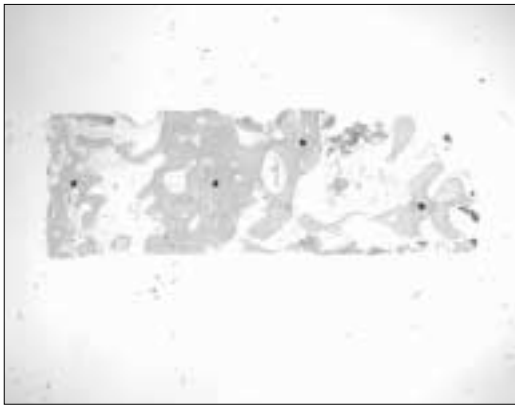


Fig. 3. Histologic finding of group I, 6 months after graft. Anastomosing thick new bone is found. H & E stain, $\times 12.5$.

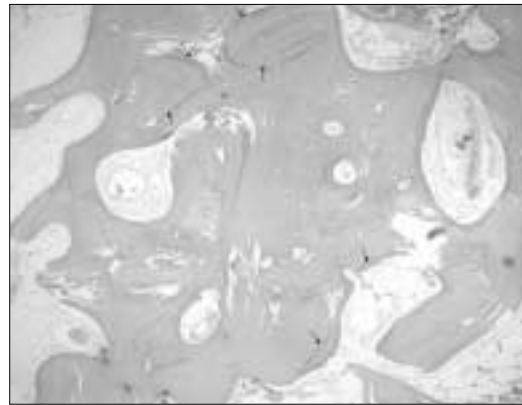


Fig. 4. High magnification of Fig. 3. New bone is composed of lamellar bone and woven bone. The implant chips are almost absorbing. H & E stain, $\times 40$.

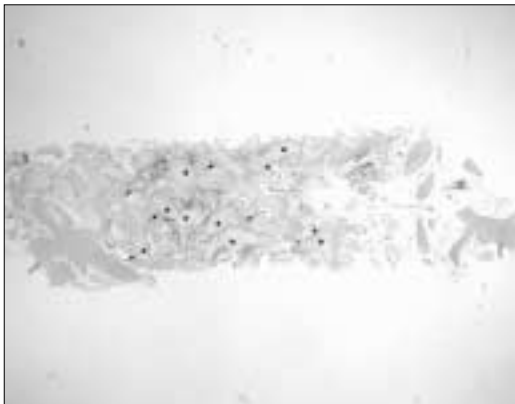


Fig. 5. Histologic finding of group II, 4 months after graft. Anastomosing woven bone around the implant chips is noted. Thick trabecular bone is identified, too. H & E stain, $\times 12.5$.

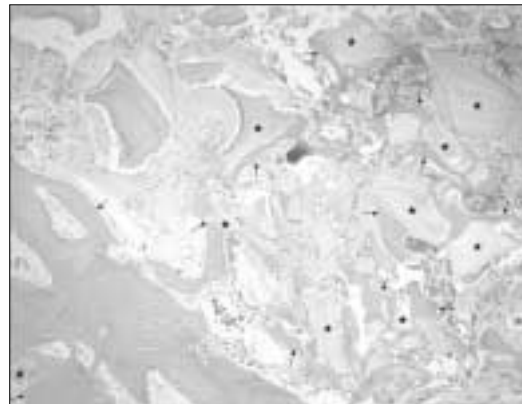


Fig. 6. High magnification of Fig. 5. Anastomosing woven bone around the implant chips is noted. H & E stain, $\times 40$.

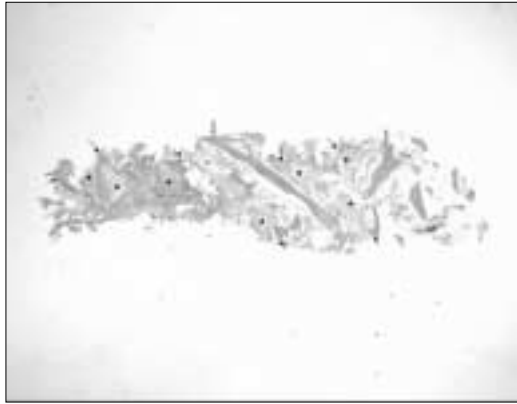


Fig. 7. Histologic finding of group II, 6 months after graft. Woven bone formation around the implant chips is noted. Trabecular bone is identified, too. H & E stain, ×12.5.

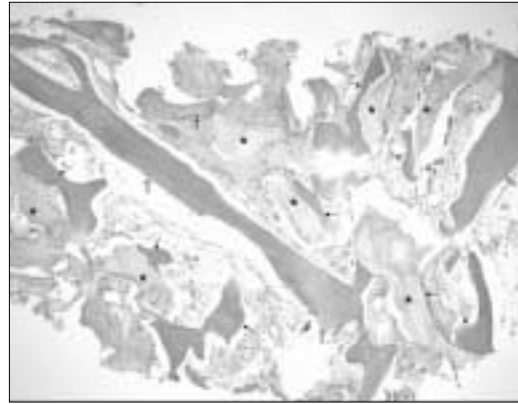


Fig. 8. High magnification of Fig. 7. Woven bone around the implant chips is forming trabecular bone. H & E stain, ×40.

Table 1. Histomorphometric analysis

Group	Group 1		Group 2	
Duration (months)	4 months (n=5)	6 months (n=2)	4 months (n=5)	6 months (n=5)
Bone density (%)	39.2±6.1	55.0±2.8	41.2±7.2	48.8±5.6
LB/WB ratio	0.19±0.16	0.30±0.35	0.26±0.24	1.15±1.77
Graft material (%)	38.8±10.4	21.0±2.8	33.2±9.7	21.2±7.7

할만한 수준의 차이는 관찰되지 않았다 ($p>0.05$).

각각의 group I에서 4개월과 6개월의 비교를 보면, 우선 group 1에서 골밀도의 시간에 따른 증가는 39.2 ± 6.1 Vs. 55.2 ± 2.8 , LB/WB ratio의 증가는 0.19 ± 0.16 Vs. 0.30 ± 0.35 , 이식재의 비율의 감소는 38.8 ± 10.4 Vs. 21.0 ± 2.8 가 관찰되었다. 또한 group 2에서 골밀도의 시간에 따른 증가 41.2 ± 7.2 Vs. 48.8 ± 5.6 , LB/WB ratio의 증가 0.26 ± 0.24 Vs. 1.15 ± 1.77 , 이식재의 비율의 감소 33.2 ± 9.7 Vs. 21.2 ± 7.7 가 관찰되었다. 하지만 모든 그룹내의 시간경과에 따른 골치유 소견의 비교에서도 통계적인 유의성은 관찰되지 않았다 ($p>0.05$) (Table 1).

IV. 총괄 및 고찰

경조직 결손부 재건에 있어서 자가골 이식이 가장 이상적인 것은 논란의 여지가 없다. 골형성, 골전도 및 골유도 능력을 모두 보유하고 있으며 면역 거부반응이 없고 빠른 치유를 보이는 장점을 가지고 있으나 채취량이 제한적이고 공여부에 이차 결손을 유발하는 것이 최대의 단점이다. 상악동골이식술(sinus bone graft)은 현재 예측가능하며 오랜 임상 경험이 축적되면서 안전한 술식으로 평가 받고 있다. 상악동은 “Contained-type defects”의 일종으로서 대부분의 생체적합성이 있는 골이식재료들은 모두 좋은 결과를 보일 수 있다. 상악동골이식재는 시

간이 경과하면서 흡수될 가능성이 있다⁹. Hatano 등¹⁰은 첫 2-3년 동안 재함기화 가능성이 있으며 이런 현상을 피하기 위해 비흡수성 혹은 서서히 흡수되는 이식재료들이 사용되어야 한다고 주장하였다. 최근엔 상악동골이식에 사용되는 다양한 이식재들이 치유 양태에서 큰 차이가 없음이 밝혀지고 있으며, 자가골, 동종골, 이종골, 합성골 모두 안전하게 사용될 수 있고 임상인들의 선호도에 따라 적절한 재료를 선택하면 된다고 알려져 있다. 그러나 적절한 양의 자가골 이식이 동반된 경우엔 골형성 및 골유도에 의한 치유가 가능할 수 있으며 치유기간을 많이 단축시킬 수 있다고 한다¹¹. 이상적인 상악동골이식재는 이식재가 성숙된 후 높은 비율의 생활골 형성을 유도해야 한다. 또한 이식재가 흡수되면서 재함기화가 되는 것을 방지할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 문헌에서는 여러 종류의 골 이식재들이 14-44%의 생활골 함량을 나타냈다고 보고한 바 있다^{12,13}. 본 연구에서는 4개월 후 39-41%의 골밀도를 보였고 6개월 후에는 48-55%의 골밀도를 보여 비교적 우수한 초기 골치유 양상을 관찰할 수 있었다.

그 후 여러 학자들이 자가골과 이종골 혹은 합성골을 혼합하여 사용하는 방법을 적극 추천하였다^{14,15}. 저자 등도 골이식의 치유기간을 단축시킬 수 있는 자가골 일부와 흡수가 천천히 되는 이종골 BioOss를 혼합하여 상악동골이식술을 시행하였으며 사람에서 시술된 자가골의 함량에 따른 골치유 상태를

비교하기 위해 본 연구를 시행하게 되었다.

1988년 Wood와 Moore¹⁶⁾는 하악골 상행지와 오웬돌기에서 채취한 자가골로 상악동골이식을 시행한 바 있다. 자가골을 이용한 상악동골이식의 장점은 혈관의 재형성이 빠르고 이식 후 즉각적인 골형성(Phase I bone formation)을 제공하며 입자, 판형, 블록형과 같은 여러 형태의 골편을 채취할 수 있다. 또한 항원성이 없으며 골이식체의 신뢰도가 매우 높다는 점이다. 과거에는 자가골을 단독으로 사용하여 상악동골이식술을 시행한 경우가 많았는데, Nichibori 등¹⁷⁾은 상악동골이식술 중 자가골을 사용한 경우가 가장 바람직한 결과를 보였다고 보고하였다. 반면 어떤 학자들은 자가골의 피질골은 이식 후 예지성이 없는 반응을 보이며 장기간의 임프란트 생존을 위해 가장 바람직한 결과를 보이지는 않는다고 언급하였다. 자가골은 장시간에 걸쳐 흡수될 수 있으며 지속적인 상악동 재합기화가 일어나면서 임프란트의 장기 생존율을 위협할 수 있다고 보고한 학자들도 있다^{18,19)}.

이종골은 항원성에 대한 처리가 대단히 중요하기 때문에 탈회나 동결건조 이외에도 항원성을 제거하는 부가적인 처리과정이 필요하다. 이종골 이식의 효과는 신선한 발치와, 국소적인 치조능 결손부위, 상악동저 거상술과 같은 술식에서 연구되어 왔으며 적절히 처리된 이종골 이식은 생체적합성이 있으면서 수용부와 잘 융합되는 것을 보여주었고, 술후 합병증이 적게 나타났다. 이종골과 합성골을 이용한 상악동골이식과 함께 식립된 임프란트의 생존율은 자가골 이식에 비해 더욱 우수하다고 보고된 바 있다. 이식체의 상당량이 흡수되지 않았다 하더라도 잔존 이식체가 임프란트 골유착을 방해한다는 직접적인 증거는 없으며 오히려 골밀도가 현저히 증가됨으로써 임프란트 장기 생존율이 증가할 가능성이 있다^{18,22)}. 본 연구에서도 Group I, II 모두 시간이 경과하면서 골밀도가 증가되는 것을 관찰할 수 있었다. Maiorana 등²³⁾은 합성골(HA+Collagen) 혹은 이종골(BioOss[®])을 이용하여 상악동골이식술을 시행하고 4년까지 경과를 관찰하여 97%의 임프란트 누적생존율을 보고하였으며 이들 재료들은 흡수가 잘 안되고 임프란트의 적절한 초기 안정성을 제공하면서 상악동골이식술에 유용하게 사용될 수 있다고 언급하였다. anorganic bovine bone의 4년 후 평균 흡수는 약 0.5-1mm 정도에 불과하였으며 방사선불투과상을 보이면서 상악동골이식체의 역할을 잘 수행한다고 볼 수 있다.

Yildirim 등²⁴⁾은 Anorganic bovine bone을 사용하여 상악동골이식술을 시행하고 6개월 후 시편을 채취하여 조직형태계측학적 분석을 시행하였으며 신생골 14.7%, 잔존 이종골이식체 29.7%, 연조직 56.0%를 보고하였다. Ozyuvaci²⁵⁾는 BioOss[®]와 β -TCP를 이용하여 상악동골이식을 시행한 후 6-8개월째 조직검사를 시행하였다. 그 결과 BioOss[®]를 사용한 군의 신생골주는 45-50%, 잔존 이식체는 25-30%였고 β -TCP를 이식한 군의 신생골주는 50-55%, 잔존 이식체는 15-20%였다고 보고하였다.

Schlegel 등²⁶⁾은 동물실험에서 bovine bone과 하악에서 채취한 자가골칩으로 상악동골이식을 시행한 후 조직학적 검사를 시

행하였다. 90일 후 골-임프란트 접촉은 BioOss[®] 군이 평균 52.16%, 자가골군이 60.21%였고, 180일 후에는 BioOss[®] 63.43%, 자가골 42.22%였다. 이식체의 체적 감소율은 90일 후 BioOss[®] 14.6%, 자가골 3.8%, 180일 후에는 BioOss[®] 16.5%, 자가골 39.8%였음을 관찰하고 BioOss[®]의 비흡수성 때문에 증대된 부위의 원치 않는 초기 흡수를 방지하면서 결손부의 재생이 오히려 잘 이루어질 수 있다고 언급하였다²⁹⁾. 1993년 Moy 등²⁶⁾은 4가지 종류의 재료로 상악동 골이식을 시행한 후 임프란트 식립 시기에 시편을 채취하여 조직형태계측학적 연구를 시행하였다. Particulated autogenous chin graft 59.4%, hydroxyapatite와 chin bone 혼합이식 44.4%, hydroxyapatite 단독 이식 20.3%, demineralized freeze-dried bone 단독 이식 4.6%의 골함량을 보였다고 보고하였다. 1998년 Lorenzetti 등²⁷⁾은 유사한 연구를 시행하여 autogenous chin grafts 66%, autogenous iliac bone grafts 53%, autogenous chin bone과 hydroxyapatite를 1:1로 혼합하여 이식한 경우 44%의 골함량을 보였다고 발표하였다.

John²⁸⁾은 38명의 환자를 대상으로 Bio-Oss 또는 하악골 정중부에서 채취한 자가골을 이용해 상악동골이식술을 시행하고 3-8개월 후에 골조직을 채취해 조직병리학적 검사를 시행하였다. 그 결과 Bio-Oss 단독 이식군의 신생골주 29.52 \pm 7.43%, Bio-Oss와 자가골 혼합군(2:1) 32.23 \pm 6.86% 사이에는 유의한 차이가 없었다. 한편 자가골 단독 이식군의 신생골주는 53.50 \pm 2.52%로 가장 많았다고 발표하였다.

본 연구는 사람을 대상으로 한 조직학적 연구이기 때문에 동물 실험과 달리 비교할 대조군을 설정하는 것에 한계가 있었다. 즉 상악동골이식의 경우 자가골을 단독으로 이식하는 것은 흡수가 많고 재합기화가 진행될 위험성이 크고 이종골 단독이식은 치유기간이 매우 길어지기 때문에 최근 단독이식을 추천하지 않는 경우가 많기 때문에 윤리적 측면을 고려하여 대조군으로 설정하지 않았다^{11,18,19)}.

본 연구에서는 4개월 후 1군과 2군에서 39.2%, 41.2%의 골밀도를 보였고, 6개월 후에는 각각 55.0%, 48.8%의 골밀도를 보였으며 잔존 골이식체는 시간이 경과하면서 점차 감소되었으나 6개월 후에도 약 21%의 골이식체가 잔존하고 있었다. Lamellar bone과 woven bone의 비율은 4개월 후 1군과 2군에서 0.19, 0.26, 6개월 후에는 0.30, 1.15의 비율을 보였으며 시간이 경과하면서 골개조가 안정화되는 소견을 관찰할 수 있었다. 그러나 4개월과 6개월 후의 치유양태 및 1군과 2군의 치유양태는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 본 연구에서는 자가골 혹은 이종골 단독이식과 같은 대조군이 없어 대조군에 비하여 유의한지는 알 수 없었던 것이 이 연구의 한계점이며 1군, 6개월 시편이 2개에 불과하여 조직형태계측학적 분석의 정확도를 확인하는 것은 문제가 있다고 생각된다. 또한 사람에서 시행된 상악동골이식술 조직시편을 채취하는 과정으로 인해 시편의 개수가 통계적 유의성을 부여하기에 너무 부족하고 각기 다른 환자들에서 1군과 2군을 분류하여 비교하는 것도 많은 문제점으로 생각되었다. 이런 문제점을 보완하기 위해서는 동일한 환자의 양측 상악동골이식술을 시행할 때 좌우를 1군과 2군

으로 분류하고 조직 시편의 수를 더욱 늘려서 분석하는 보완 연구가 필요하다고 사료된다. 그러나 1군과 2군의 치유양태가 큰 차이를 보이지 않았던 것은 상악동골이식 임상에서 자가골을 많이 포함시키기 위해 공여부에서 자가골편을 많이 채취하는 것에 대해 신중히 생각해 볼 필요가 있으며 상악동전벽, 인접한 상악결절, 드릴링 중 수집되는 자가골 분말들을 혼합하여 사용하는 것도 의미있는 결과를 얻을 수 있다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 소량의 자가골과 다량의 자가골을 BioOss와 혼합한 2개의 군으로 분리하여 자가골의 함량에 따른 치유과정의 차이점을 비교하기 위해 시행하였다.

4개월 후 1군과 2군에서 39.2%, 41.2%의 골밀도를 보여 초기 신생골 형성이 모두 양호함을 알 수 있었고 4개월 및 6개월 군에서 우수한 골개조 과정이 관찰되었다. 그러나 4개월 및 6개월 군에서 자가골의 함량에 따른 두군간의 치유과정에 큰 차이를 보이지 않았다.

참고문헌

1. Block MS, Kent JN: Maxillary sinus grafting for totally and partially edentulous patients. *J Am Dent Assoc* 1993;124:139-143.
2. Chanavaz M: Maxillary sinus: Anatomy, physiology, surgery, and bone grafting related to implantology—Eleven years of surgical experience (1979-1990). *J Oral Implantology* 1990; 16:199-209.
3. Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R: Systematic review of survival rates for implants placed in the grafted maxillary sinus. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:565-577.
4. Schnedel S, Bresnick S, Cholon A: Preliminary report: A ceramic containing crosslinked collagen as a new cranial onlay and inlay material. *Ann Plast Surg* 1997;38: 158-162.
5. Block MS, Degen M: Horizontal ridge augmentation using human mineralized particulate bone: Preliminary results. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:67-72. suppl 2.
6. Piattelli A, Scarano A, Piattelli M: Microscopic and histochemical evaluation of demineralized freeze-dried bone allograft in association with implant placement: A case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:355-361.
7. Aichelman-Reidy ME, Yukna RA: Bone replacement grafts: The bone substitutes. *Dent Clin North Am* 1998;42:491-503.
8. Wilson J, Low S: Bioactive ceramics for periodontal treatment. *J Appl Biomater* 1992;3:123-129.
9. Antonio S, Marco D, Giovanna I, et al: Maxillary sinus augmentation with different biomaterials: A comparative histologic and histomorphometric study in man. *Implant Dent* 2006;15:197-207.
10. Hatano N, Shimizu Y, Ooya K: A clinical long-term radiographic evaluation of graft height changes after maxillary sinus floor augmentation with 2:1 autogenous bone/xenograft mixture and simultaneous placement of dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:339-345.
11. Kim YK, Kim SG, Lee BG: Bone graft and implant. Vol. 2-2. Narae Pub Co. 2007. p243-258.
12. Tadjoein ES, DeLange GL, Holzmann PJ, et al: Histologic observations on biopsies harvested following sinus floor elevation using a bioactive glass material of narrow size range. *Clin Oral Implants Res*

- 2000;11:334-344.
13. Froum SJ, Tarnow DP, Wallace SS, et al: Sinus floor elevation using anorganic bovine bone matrix (OsteoGraft/N) with and without autogenous bone: A clinical, histologic, radiographic and histomorphometric analysis-Part 2 of an ongoing study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:528-543.
14. Froum SJ, Tarnow DP, Wallace SS, et al: Sinus floor elevation using anorganic bovine bone matrix(OsteoGraft/N) with and without autogenous bone: A clinical, histologic, radiographic, and histomorphometric analysis. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:529-543.
15. Hockers T, Abensur D, Valentini P, et al: The combined use of bioresorbable membranes and xenografts or autografts in the treatment of bone defects around implants. A study in beagle dogs. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:487-498.
16. Wood RM, Moore DL: Grafting of the maxillary sinus with intraorally harvested autogenous bone prior to implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:209-242.
17. Nishibori M, Betts NJ, Salama H, Listgarten MA: Short-term healing of autogenous and allogeneic bone grafts after sinus augmentation: A report of 2 cases. *J Periodontol* 1994;65:958-966.
18. Froum SJ, Tarnow DP, Wallace SS, et al: The use of a mineralized allograft for sinus augmentation: An interim histological case report from a prospective clinical study. *Compendium* 2005;26:81-88.
19. Wallace SS, Froum SJ: Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants: A systematic review. *Ann Periodontol* 2003;8:328-343.
20. Valentini P, Abensur DJ: Maxillary sinus grafting with anorganic bovine bone: A clinical report of long-term results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:556-560.
21. Yildirim M, Spiekermann H, Biesterfeld S, et al: Maxillary sinus augmentation using xenogenic bone substitute material BioOss in combination with venous blood: A histologic and histomorphometric study in humans. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:217-229.
22. Yildirim M, Spiekermann H, Handt S, et al: Maxillary sinus augmentation with the xenograft BioOss and autogenous intraoral bone for qualitative improvement of the implant site: A histologic and histomorphometric study in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:23-33.
22. Yildirim M, Spiekermann H, Biesterfeld S, Edelhoff D: Maxillary sinus augmentation using xenogenic bone substitute material Bio-Oss in combination with venous blood. A histologic and histomorphometric study in humans. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:217-229.
23. Maiorana C, Sigurta D, Mirandola A, et al: Sinus elevation with alloplasts or xenogenic materials and implants: An up-to-4-year clinical and radiologic follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:426-432.
24. Ozyuvaci H, Bilgic B, Firati E: Radiologic and histomorphometric evaluation of maxillary sinus grafting with alloplastic graft materials. *J Periodontol* 2003;74:909-915.
25. Schlegel KA, Fichtner G, et al: Histologic findings in sinus augmentation with autogenous bone chips versus a bovine bone substitute. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:53-58.
26. Moy PK, Lundgren S, Holmes RE: Maxillary sinus augmentation: Histomorphometric analysis of graft materials for maxillary sinus floor augmentation. *J Oral Maxillofac Surg* 1993;51:857-862.
27. Lorenzetti M, Mozzati M, Campanino PP, Valente G: Bone augmentation of the inferior floor of the maxillary sinus with autogenous bone or composite bone grafts: A histologic histomorphometric preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:69-76.
28. John HD, Wenz B: Histomorphometric analysis of natural bone mineral for maxillary sinus augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:199-207.