

# 임플란트 식립시 측방상악동저 증강술과 Osteotome술식에 있어서의 응력분포

부산대학교 치과대학 구강악안면외과학교실, 부산대학교 치과대학 치과교정학교실\*  
황대석, 김육규, 신상훈, 김종렬, 정인교, 손우성\*

## ABSTRACT

The stress distribution of the lateral sinus lifting technique & osteotome technique  
in dental implant application

Department of Oral & Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Pusan National University  
Department of Orthodontistry\*, College of Dentistry, Pusan National University  
Dae-Seok Hwang, Uk-Kyu Kim, Sang-Hun Shin, Jong-Royoul Ki  
In-Gyo Chung, Woo-Sung Son\*

The purpose of this study was to compare the stress distribution of two different methods of sinus elevation : (1) lateral sinus lifting technique (2) osteotome technique. A three dimensional finite element analysis method was used to evaluate the effectiveness of stress distribution following two methods application.

According to the remaining alveolar bone height and grafting bone presence, eight different finite element models were designed, which composed of cortical and cancellous bone, mucoperiosteum involving a single implant. A 3.75mm wide and 11mm long implant was applied in all models. Model 1, 2, 3 were designed for osteotome technique in remained 4, 6, 8mm alveolar bone height. Model 4 was designed for osteotome technique in remained 8mm bone height without bone graft. Model 5, 6, 7 were lateral sinus lifting technique in remained 4, 6, 8mm bone height. Model 8 was lateral sinus lifting technique in remained 8mm bone height without bone graft.

150N load was applied vertically to the central fossa and buccal cusp tip of single tooth prosthesis to evaluate occlusal force distribution according to the different models.

Within the scope of this study, the following results were made.

1. As the remained bone height on maxillary sinus in both technique is higher, the stress distribution effect was more better.
2. The stress distribution was more effective on lateral sinus lifting technique at the 4mm, 6mm remained bone height on the osteotome technique but the stress distribution at 8mm remained bone height was same on lateral sinus lifting technique and osteotome technique.
3. With the bone graft on both technique, the stress distribution effect was superior to the models without bone graft

Key words : Implant, Stress distribution, Osteotome, Sinus lifting

## I. 서론

불량한 골질과 골흡수를 보이는 상악구치부위에 임플란트 식립시 많은 어려움을 나타낸다<sup>5)</sup>. IV형 골질과 치조골 흡수로 인한 골량의 감소, 상악동의 함기화가 많은 경우는 충분한 길이의 임플란트를 식립할 수가 없게 되며, 이를 해결하기 위한 다양한 방법이 제시되어 왔다. 1980년 Linkow등<sup>6)</sup>은 상악동을 피하여 그 전후 또는 더 내측에 임플란트를 식립한 보고를 하였고, 1984년 Branemark등<sup>7)</sup>은 상악동을 관통하여 식립하여도 부작용이 없다는 보고를 한 바 있으며, 1987년 Sailer<sup>8)</sup>, 2001년 Kim<sup>9)</sup>는 상악골에 수평골절단술(horizontal osteotomy)과 개재골 이식술(interpositional bone graft)을 시행한 후 임플란트를 식립한 예를 보고한 바 있다.

하지만, 현재에는 부족한 골높이를 보이는 상악구치부에 임플란트 식립시 불충분한 악궁간의 거리, 술식의 용이성으로 osteotome을 이용한 방법과 측방접근 상악동저 증강술이 많이 사용되어지고 있다<sup>10)</sup>. 역사적으로 살펴보면, 상악동저 증강술은 1977년 처음으로 Tatum<sup>11)</sup>에 의해 치조정 접근을 통한 술식이 행해졌으며, 1980년 Boyne과 James<sup>12)</sup>에 의해 측방접근법이 소개되었다. 1994년 Summer<sup>13)</sup>는 특수고안된 osteotome을 이용한 상악동저 거상술(sinus floor elevation)을 소개했으며, 이후 이를 변형하여 골이식을 시행해주는 bone-added osteotome sinus floor elevation(BAOSFE)<sup>14)</sup> 소개하였다.

Osteotome 술식은 덜 침습적이고, 빠른 치유기간을 보이며, 드릴링의 감소로 인한 골손실의 감소, 열 발생 감소로 인한 임플란트 초기 고정도의 증가, 골조직 압박을 통한 임플란트 주위골의 골질향상등 많은 장점을 보인다. 하지만 광범위한 치조골 소실을 보일 경우 그 적용에 한계를 나타낸다.

측방접근 상악동저 증강술은 고도로 숙련된 술자에 있어서는 그 적용범위가 넓고, 충분한 골이식이 가능한 장점을 보이나, 상악동점막의 찢어짐과 이로 인한 이차 감염등 술식상의 많은 어려움을 보인다<sup>15)</sup>. 이처럼 Osteotome 술식과 측방접근 상악동저 증강술

사용에 있어서는 그 적용기준과 범위, 그리고 성공률에 있어서 저차마다 많은 이견을 보이고 있다.

이에 본 연구에서는 흡수되고 함기화가 많이된 상악구치부에 임플란트 식립시 측방 접근 상악동저증강술과 osteotome 술식의 응력분포차이를 잔존골량과 골이식 유무에 따라 3차원 유한요소 분석법을 이용해 비교하여 임상적용시 기초자료를 제공하고자 계획하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 기본모형

모형의 설계는 상악 제1대구치 부위를 수직 절단한 것으로 가정하였으며, 기본모형은 보철수복물, 나사형 임플란트, 치밀골, 해면골, 골점막으로 이루어진 3차원 유한요소모형으로 제작하였다. 보철수복물부분은 고정나사없이 단순화시켰고, 임플란트모델은 직경 3.75mm, 길이 11mm(Osseotite, 3I Implant Innovation, Inc. U.S.A)를 기준으로 나사형으로 하였다.

3차원 모형설계는 먼저 보철수복물과 나사형 임플란트를 수직축을 기준으로 180° 회전시켜 제작하였고, 상방의 상악골은 치밀골, 해면골, 점막으로 이루어진 2차원 단면을 후방전개하여 3차원 모형을 제작하였다(Figure 1).

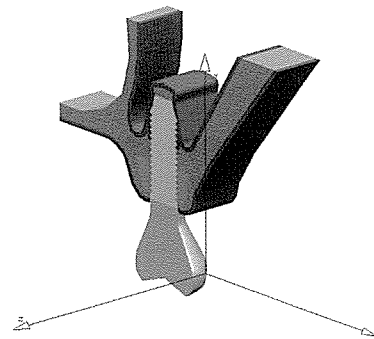


Figure 1. Basic model

2. 모형제작

제작된 3차원 유한요소모형을 기초로 잔존 치조골 양과 상악동저 증강술 방법, 골이식 유무에 따라 총 8가지 모형을 만든다음, 각기 다른 두 교합점에서 하중을 부여하여, 응력분포 실험을 시행하였다.

상악골의 전체적인 형상이나 크기는 보고된 자료<sup>16,17)</sup>를 참고로 하였는데, 본 연구에서는 비교적 충분한 폭경을 갖고 있으나 치조골 높이가 불충분한 상악 구치부 치조제를 가정하여, 치조골 피질골에서 상악 동저까지의 높이를 실제 임상에서 자주 관찰되는 4mm, 6mm, 8mm가 되게 설정하였다. 치조골 피질골은 임상적으로 다양한 두께를 보이니<sup>17,18)</sup>, 본 연구에서는 약 0.5mm의 두께를 부여하였으며, 상악동저의 피질골 두께는 보고된 자료를 참고로 약 1.0mm로 설계하였다<sup>19)</sup>. 점막은 최대 압착상태로 가정하여 0.5mm 두께가 되게 설정하였다. 일반적으로 점막은 단순한 탄성체가 아니고, 복잡한 점탄성체이나 그 특성을 재현시키기 복잡하여 선형으로 설정하였다<sup>20,21)</sup>.

치조골능에서 상악동저까지의 높이에 따라 4mm, 6mm, 8mm로 나누고, 여기에 직경 3.75mm, 길이 11mm 임플란트를 osteotome 술식과 측방접근 상악

동저 증강술 두가지 방법을 사용하여 식립한 모형을 제작하였다. 8mm의 치조골 높이에서는 해면골을 이식하지 않은 모형을 추가로 제작하여, 총 8개의 모형을 제작하였다(Figure 2, Table 1).

각각의 설계재료별로 물성치(Young's modulus of elasticity, Poisson's ratio)<sup>20,22)</sup>를 대입하였다.(Table 2).

Table 2. Young's modulus and Poisson's ratio of experimental models

Material	Young's modulus(MPa)	Poisson's ratio
Compact bone	1.37e+04	0.30
Cancellous bone	1.37e+03	0.30
Implant(Titanium)	1.10e+05	0.33
Crown(Gold type III)	8.03e+04	0.33
Mucoperiosteum	3.06e+01	0.45

증강된 상악동저의 이식골은 임상적으로 골밀도가 낮고, 조직학적으로 임플란트와 골과의 접촉면적도 감소되어 있기 때문에 기존 해면골보다 50%낮은 탄성계수를 임의로 부여하였다<sup>23)</sup>.

3. 격자의 형성

모형은 절점(node)당 3자유도를 갖는 3차원 입체 요소인 4절점(node) 사면체 요소(element)를 이용하여 분할하였다(Table 3).

Table 3. Node and element of models

Model	node	element
Model 1	15215	7571
Model 2	15865	7990
Model 3	20774	11302
Model 4	19829	10856
Model 5	18093	9395
Model 6	18084	9359
Model 7	15911	8119
Model 8	13608	6808

4. 교합력 부하

하중조건은 중심교합에서만 교합접촉을 전제로 평균 교합력에 평형하게 보철물 교합면 중심와에, 그리고 중심와로부터 3mm 떨어진 협측교두정에 각각

Table 1. Experimental conditions

	Surgical strategies	Remaining bone height(mm)
Model 1	Osteotome technique with bone graft	4
Model 2	Osteotome technique with bone graft	6
Model 3	Osteotome technique with bone graft	8
Model 4	Osteotome technique only	8
Model 5	Lateral sinus lifting technique with bone graft	4
Model 6	Lateral sinus lifting technique with bone graft	6
Model 7	Lateral sinus lifting technique with bone graft	8
Model 8	Lateral sinus lifting technique only	8

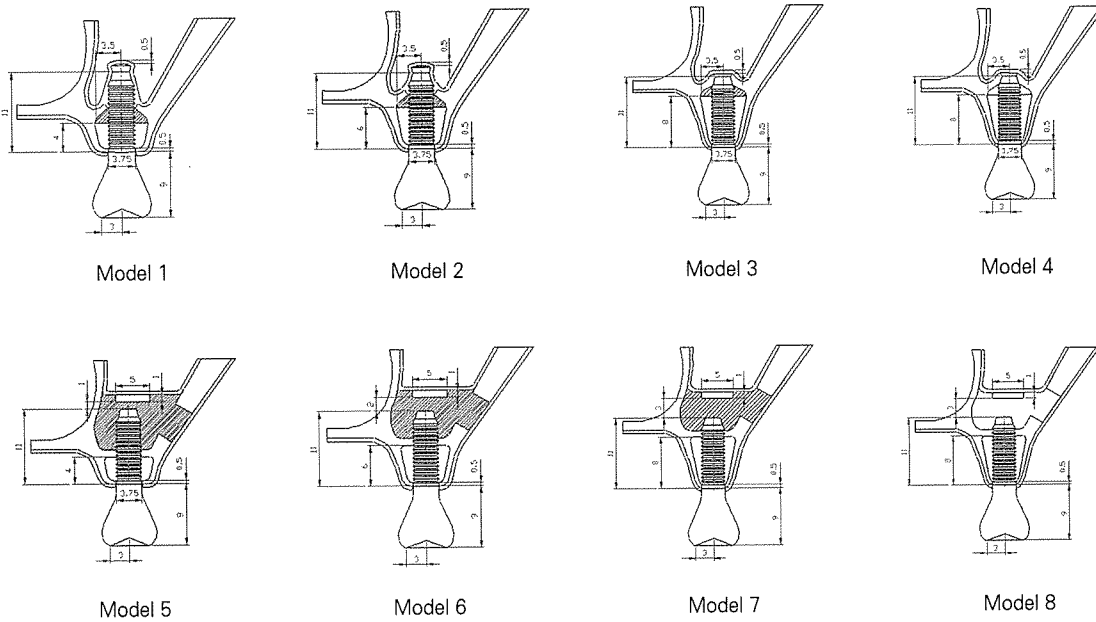


Figure 2. 1. OST(4mm) 2. OST(6mm) 3. OST(8mm) 4. OST(8mm, without bone graft)  
 5. LSLT(4mm) 6. LSLT(6mm) 7. LSLT(8mm) 8. LSLT(8mm, without bone graft)  
 note) OST : osteotome technique, LSLT : lateral sinus lifting technique

150Newton의 집중 교합 하중을 가하였다<sup>24,25)</sup>.

### 5. 경계조건 및 해석

유한요소모형제작을 위해서 다양한 컴퓨터 프로그램을 사용했으며, 모형생성은 CATIA V 4.2.1(Dassault systems, France), 격자형성 및 경계조건 부여는 I-DEAS V 7.0(Structural Dynamics Research corp., U.S.A.), 계산 및 해석 결과를 그림으로 나타내는 후처리과정은 ABAQUS V 5.8(Hibbit, Kalsson & Sorrens Inc. U.S.A)을 이용하였다.

### 6. 결과측정

본 실험에서는 삼차원모형의 이차원 단면상에서 임플란트 주위의 치조골 치밀골(A,B,C,D), 상악동저 치밀골(E,F,G,H), 그리고 임플란트 치근부(I,J,K,L)에서 12개의 점을 설정하여, 각 점에서 나타나는 등가응력치를 이용하여 각 모형상의 응력분산 정도를

비교하였다 (Figure 3).

### III. 연구 성적

각 모형에서 설정한 기준점에서 나타나는 등가응력치는 Table 4, 5 에서처럼 나타나며, 각각 모형에서 3차원적 응력분포는 그림부도(1-1, 8-2)에서처럼 나타났다.

#### 1. 중심하중을 가한 경우

중심와 하중시 각 모형의 기준점 A에서 L까지의 값을 살펴보면, 최대응력은 치조골 피질골을 나타내는 A에서 D사이의 값에 집중되었다. 이는 중심와 하중시 협설측 치조골 피질골에 응력이 집중됨을 나타내는 것이다. 단, 골이식을 시행하지 않은 Model 4와 8에서는 예외적으로 치근부 피질골에서 다소 높은 응력 집중을 보였다.

Osteotome 술식을 이용한 상악동저 증강술에 있어

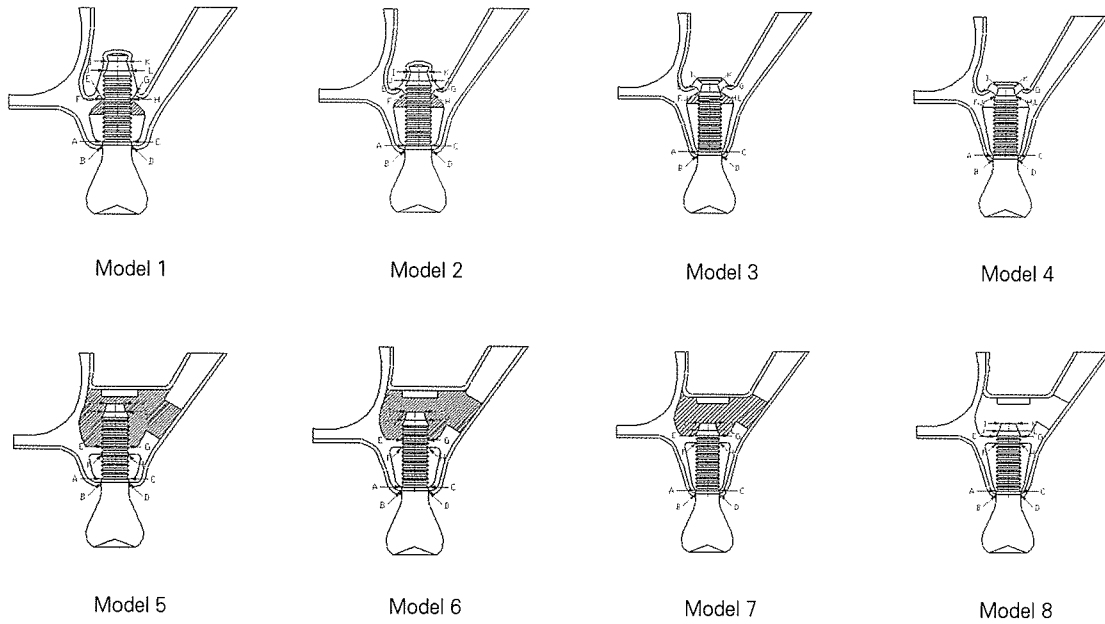


Figure 3. Reference points of finite element models  
 A,B,C,D : points on the compact bone of cervical area  
 E,F,G,H : points on the compact bone of sinus floor  
 I, J,K,L : points on the end of the implant

서의 최대응력값은 Model 1, 2, 3에서 각각 24.58, 15.43, 9.232로 나타났다. 즉, 잔존 치조골양이 4mm, 6mm, 8mm로 증가할수록 최대응력값은 감소하였고, 결국 응력분산효과가 좋아짐을 알 수 있었다.

측방접근 상악동저 증강술 사용시 Model 5, 6, 7의 최대응력값은 13.25, 12.41, 10.61로 나타났으며, osteotome 술식과 마찬가지로 잔존골양이 많아짐에 따라 최대응력값이 낮게 나타났다.

잔존골양이 같을 경우 osteotome 술식과 상악동저 증강술간의 최대응력값에 있어서는 Model 1과 5, Model 2와 6, Model 3과 7의 값이 각각 24.58과 13.25, 15.43과 12.41, 9.232와 10.61로 나타났다. 즉, 잔존골양이 4mm, 6mm인 경우에는 측방접근 상악동저 증강술이, 잔존골양이 8mm인 경우에는 osteotome 술식이 더 낮은 최대 응력값을 보였다.

골이식을 한 경우와 하지 않은 경우를 나타내는 Model 3과 4, Model 7과 8에서는 최대응력값이

9.232와 10.70, 10.61과 23.66로 나타나, 골이식을 한 경우가 osteotome술식과 측방접근 상악동저 증강술 모두에서 더 낮은 최대응력값을 보였다.

## 2. 협측하중을 가한 경우

각 모형에서 최대응력값은 Model 8을 제외하고는 기준점 D에 집중되었다. 즉 중심와 하중에 비해 두 술식 모두에서 협측 피질골에 응력이 집중되는 것을 알 수 있었다.

잔존골양이 증가할수록, 골이식을 시행할수록 최대 응력값이 감소하는 양상을 보였으며, 이는 중심와 하중과 유사한 결과를 보였다.

각 모형에서의 하중조건에 따른 최대등가응력과, 가장 낮은 최대응력을 보이는 모형 3을 기준으로 했을 때 최대응력값의 상대적인 각 Model의 수치를 비교하였다(Table 6). 단, 수치 계산에서 소수점 이하의 값은 반올림 처리하였다

Table 4. von Mises stresses by central force in models

Model	Stress (MPa) by central force											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Model 1	17.14	24.58	15.18	20.51	8.394	16.50	5.689	16.50	0.000	0.000	0.000	0.000
Model 2	9.398	15.43	8.541	12.97	6.037	11.52	6.762	14.97	0.009	0.023	0.010	0.026
Model 3	8.011	8.545	7.605	9.232	2.321	5.793	0.915	5.277	5.950	5.793	5.313	5.277
Model 4	8.147	8.702	7.855	9.364	7.992	10.70	2.691	4.360	5.32	10.69	3.974	4.360
Model 5	10.28	13.25	9.58	10.98	4.978	3.721	4.43	3.721	4.997	5.555	2.206	1.652
Model 6	7.339	11.71	7.229	12.41	3.529	2.881	1.450	3.689	5.493	5.390	2.060	1.265
Model 7	10.61	9.606	6.435	8.77	6.886	3.676	2.91	3.741	4.511	3.605	1.818	1.969
Model 8	9.615	11.28	6.811	11.08	8.339	23.66	3.745	5.695	0.000	0.000	0.000	0.000

note) shadow value : the highest stress values in individual model

Table 4. von Mises stresses by central force in models

Model	Stress (MPa) by buccal force											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Model 1	31.56	38.56	56.67	69.11	7.766	19.44	8.32	28.15	0.000	0.003	0.000	0.000
Model 2	25.84	43.92	42.09	63.12	6.499	8.757	9.587	26.50	0.008	0.019	0.014	0.039
Model 3	33.80	40.17	49.00	60.97	3.898	5.599	1.32	6.931	5.651	5.599	1.911	6.931
Model 4	33.78	40.16	49.54	61.0	11.65	12.58	8.99	7.674	12.60	12.58	7.602	7.674
Model 5	36.57	43.75	50.33	59.71	3.119	8.531	6.002	5.374	5.25	5.420	4.08	2.465
Model 6	28.73	50.27	43.19	76.87	5.909	6.362	1.627	3.909	6.247	5.211	4.612	1.156
Model 7	46.16	46.97	42.29	61.95	6.993	5.099	2.255	3.680	5.792	3.913	3.357	1.802
Model 8	72.79	46.37	43.17	66.41	25.18	40.82	0.298	7.787	0.000	0.000	0.000	0.000

note) shadow value : the highest stress values in individual model

Table 6. Maximum stress in models and relative value compared to the value for model 3

Model	Maximum stress(MPa)		relative value(%)	
	Central	Buccal	Central	Buccal
Model 1	24.58	69.11	177	13
Model 2	15.43	63.12	67	3
Model 3	9.232	60.97	0	0
Model 4	10.70	61.01	16	2
Model 5	13.25	59.71	44	-1
Model 6	12.41	76.87	34	28
Model 7	10.61	61.95	15	3
Model 8	23.66	72.79	157	21

#### IV. 총괄 및 고찰

유한 요소분석법은 1956년 이후로 항공우주산업 및 의공학분야에서 다양하게 이용되어 왔다<sup>25,26)</sup>. 이 분석방법은 해석하고자 하는 물체를 유한 크기의 요소로 분할한 다음 적절한 경계조건을 만족하는 합수를 이용하여 전체 영역의 미지변수에 대한 근사적인

시스템 방정식을 이용하여 그 해석을 수학적 방법으로 산출하는 방법이다. 각 유한 요소는 서로 다른 재료적 특성을 표현 할 수 있고, 복잡한 기하학적 모양을 비교적 정확하게 분석할 수 있다<sup>27)</sup>. 2차원과 3차원 유한요소 분석법이 사용되어 왔으며, 3차원의 정확도는 수학적 모형에서 절점과 요소의 수에 비례한다.

1995년 이<sup>28)</sup> 등은 cylinder 형 임플란트 overdenture 에서 양측 피질골 고정으로 임플란트를 식립할 경우 에서 하중응력분산효과를 연구한 결과 응력 집중은 임플란트 길이보다 하악 악골 높이에 좌우 된다고 했 으며, 1999년 최<sup>29)</sup> 등은 3차원 유한 요소분석법을 이 용하여 임플란트 매식조건에 따른 상, 하악골의 응력 분포양상에 대해 연구하였다. 연구결과로는 피질골과 해면골의 두께와 형태에 따라 응력분포양상이 다르 며, 최대 응력은 골고정 유형 및 길이에 관계없이 피 질골 상부에서 나타나고, 양측 피질골 고정이 편측 피질골 고정보다 응력분산에 유리하며, 임플란트 매 식길이가 길수록 피질골에 가해지는 응력은 줄어드 나, 하악골에서 양측 피질골 고정시 길이에 따른 응 력 변화는 없으며, 상악에서 양측 피질골 고정은 하 악만큼 효과가 없으며, 10mm 이상이 매식되면 고정 방법에 따른 응력분산은 차이가 없다라고 보고하였 다. 2001년 김<sup>30)</sup> 등은 임플란트 나사형태에 따른 3차 원 유한 요소 분석을 시행하였다. 그 결과 수직하중 시 발생하는 응력과 변형률을 살펴보면 정방나사형 의 경우가 다른 나사형보다 양호한 결과를 보였으며, 특히, 임플란트와 골 사이에 가장 유해한 요소로 알 려진 비틀림응력도 동일한 결과를 보여, 동일한 하중 조건하에서라면 정방나사형이 생체역학적으로 가장 양호하다 하였다.

본 실험에 사용된 3차원 유한요소모형은 2001년 강<sup>22)</sup> 등의 연구에서 사용된 상악구치부 임플란트 식립 모형을 참고로 보완 수정하여 제작하였다. 강<sup>23)</sup>은 상 악구치부에 단순화된 임플란트와 보철물을 양측 피 질골 고정, 편측 피질골 고정, Wide fixture, 상악동 을 관통한 양측피질골 고정, osteotome술식을 이용한 상악동 거상술, 측방접근을 통한 상악동 거상술시의 임플란트 주위골에 나타나는 응력분포를 비교하여 임플란트 주위골 응력은 wide fixture를 사용했을 경 우가 가장 많이 감소되었고, 양측 피질골 고정을 위 하여 임플란트근단부를 상악동저 피질골에 고정시키 는 것보다는 관통시키는 것이 응력분산에 유리하다 는 결과를 보고하였다.

또한 측방접근 상악동저 증강술이 osteotome 술식

보다 응력분산효과가 좋았으나 증강된 해면골은 전 체적인 응력분산에 큰 효과를 보이지 않는다고 하였 다. 본 연구에서는 osteotome술식을 보다 임상적 관 점에서 적용하기위해 상악동저 잔존 치조골량을 달 리하여 실험을 적용하였다.

심한 상악골 치조골의 위축상을 보이는 환자에서 상악동저를 증가시키는 방법들은, 흡수되고 함기화가 많이된 상악구치부에서 임플란트의 부가적인 지지를 가능하게 함으로써 보철의 분야를 넓혔다. 이러한 방 식으로는 Onlay<sup>7)31)</sup>, interpositional(Le Fort I osteotomy) graft<sup>8)</sup>와 같은 기존의 방식들이 이런 목 적으로 사용되어져 왔다.

그러나 적용함에 있어서나 술후의 문제로 인해 많 은 제한이 있었다. 상악재건을 위해 가장 흔히 사용 되는 증강술은 1977년 Tatum<sup>11)</sup>에 의해, 1980년 Boyne과 James<sup>12)</sup>에 의해 문헌으로 보고되었다. Tatum의 초기 방식에서는 상악동저의 접근을 치조 정을 통해서 시도했다. Tatum의 치조정 접근법은 bur, 수술용 드릴, 골창형성기, 상악동 큐렛등 같은 다양한 수술기구가 사용되었으며, 먼저 상악동저를 노출시키기 위해 골을 제거하고, 작은 osteotome과 socket former를 이용해 잔존하는 얇은 골을 골절시 킨뒤 상악동 막을 거상시키고, 골이식이 변화된 위치 에 적용된다. 즉각적인 임플란트 식립(one-step procedure)이 여의치 않다면, 골이식후 차후에 임플 란트 식립이 이루어졌다. 이는 최초의 osteotome 술 식의 일종으로 보고되었다.

이 방식은 점차적으로 상악동 측방벽을 통해 골창 을 형성하는 방법(Caldwell-Luc operation)으로 대 체되었다. 1980년 Boyne과 James에 의해 보다 넓은 면적의 상악동저 골증강을 위해 측방상악동접근법에 의한 Schneiderian 막의 거상이 이루어졌다. 그들은 round bur를 이용해서 직경 10mm의 antrostomy를 상악동측벽에 형성했다. 그런다음 막을 상악동저로 부터 거상시켰다. 형성된 골창은 상악동내로 함입되 고, 거상된 공간은 좌골능 측방부에서 채득된 자가 골로 채워졌다. 그런다음 3개월후에 블레이드형 임 플란트를 식립하는 2단계의 임플란트 매식술을 소개

하였다.

골이식과 임플란트 식립을 동시에 시행할 때, 보다 상악동 접근이 효율적이고 간편하게 상악동을 거상시키는 방법이 1994년 Summer<sup>13)</sup>에 의해 소개되었다. 이는 1977년 Tatum의 치근정 접근법을 변형시킨 방법으로, Summer는 둥글고 끝이 좁아지는 특수 고안된 3I osteotomes(Implant Innovations, West Palm Beach, Fla)을 이용하였다. 이것은 직경이 1-4mm까지 다양하며, 이 기구를 이용해 처음 형성시킨 골창의 폭보다 다소 굵은 osteotome을 사용하여 밑에서 위로 상악동 점막 및 상악동 피질골을 쳐서 올리기 때문에 부드럽게 인접골을 압박하여 매식부골의 밀도를 증가시키면서 상악동점막을 거상시켰다. Summer는 다시 이 osteotome기술을 변형하여<sup>14)</sup>, 자가골과 이종골, 타종골을 채워넣은뒤 osteotome 술식을 병행하여 적용하였다.

이것은 bone-added osteotome sinus floor elevation(BAOSFE)이라고 명명하였으며, 이것은 최소 6mm의 골높이에서 4-5mm의 거상을 시킴으로써 상악동 거상술과 동시에 임플란트를 식립할 수 있었다는 방식으로 소개하였다. 2000년 Kim<sup>32)</sup>등은 상악동저 골증강술 시 block골이식과 함께 임플란트 fixture를 동시에 식립하는 방법은 매우 안전하고 시술시간을 단축하며 좋은 예후를 보이는 방법으로 적극 추천하였다.

Summer<sup>13)</sup>는 osteotome술식을 이용하여 제 4형 골질에 매식된 임플란트의 성공률을 96%로 보고하였으며, Zitzmann과 Sharer<sup>2)</sup>는 ostetome술식의 성공률(95%)이 lateral antrostomy(100%)에 비하여 약간 낮았으나 잔존골의 높이가 6mm이상 존재한다면 osteotome술식 역시 매우 유용한 술식임을 강조하였다. 또한 Rosen등<sup>33)</sup>은 osteotome술식에 관한 연구를 통하여 임플란트나 이식재료의 종류는 임플란트 생존율에 영향이 없었으며, 생존율은 기존골이 5mm이상일 경우 96%, 기존골이 4mm이하인 경우에는 85.7%로써 기존골의 높이가 생존율에 미치는 가장 중요한 요소라고 주장하였다.

Zitzmann<sup>34)</sup>등은 여러 가지 상악동저 증강술식에

따라 매식된 임플란트 길이에 의한 임플란트 골유착율은 차이가 없었음을 보고하면서, 어떠한 술식을 선택하느냐는 잔존치조골의 높이에 의해 결정된다고 하였다. 또한 Zitzmann과 Sharer<sup>2)</sup>는 잔존골이 4mm이하인 경우 2회 수술법을, 4-6mm인 경우에는 1회 수술법을, 그리고 6mm이상인 경우에는 osteotome술식을 이용한 상악동저 거상술을 각각의 적응증으로 제시하였다.

Osteotome 술식은 덜 침습적이고, 빠른 치유기간을 보이며, 드릴링의 감소로 인한 골손실의 감소, 열 발생 감소로 인한 임플란트 초기 고정의 증가, 골조직 압박을 통한 임플란트 주위골의 골질향상등 많은 장점을 보인 반면 광범위한 치조골 소실을 보일 경우 그 적용에 한계를 나타내며, 측방접근 상악동저 증강술은 고도로 숙련된 술자에 있어서는 그 적용범위가 넓고, 충분한 골이식이 가능한 장점을 보이나, 상악동점막의 찢어짐과 이로 인한 이차 감염등 술식상의 많은 어려움을 보인다<sup>15)</sup>. 이처럼 Osteotome 술식과 측방접근 상악동저 증강술 사용에 있어서는 그 적용 기준과 범위, 그리고 성공률에 있어서 저차마다 많은 이견을 보이고 있다.

이번 연구에서는 임플란트의 장기적 성공률에 중요할 것으로 사료되는 중심위 교합력과 측방 교합력에 따른 임플란트 주변골의 응력분포를 비교관찰함으로써 임상에서의 장기적 예후를 알아보려고 하였으며, 그 결과 osteotome 술식과 측방접근 상악동저 증강술의 응력분포는 골능피질골과 상악동저 피질골에 집중되었으며, 최대응력은 골능피질골에서 나타났다. 잔존치조골양이 증가할수록 응력분산효과가 좋게 나타났으며, 최대 응력값도 감소하였다. 특히 주목할 만한 점은 잔존치조골양이 4mm, 6mm인 경우에는 정중하중시 최대 응력이 측방접근을 통한 상악동저 증강술에서 우수하게 나타났으며, 잔존치조골 양이 8mm인 경우에는 osteotome술식과 측방접근 상악동저 증강술 모두에서 최대 응력이 낮게 나타났으며, 오히려 osteotome술식의 사용시 다소 더 낮은 값을 보였다.

이는 잔존치조골양이 충분할 경우 osteotome술식



과 측방접근 상악동저 증강술 모두 응력분산에서 양호한 결과를 얻을 수 있으나, 잔존치조골양이 부족할 경우에는 측방 접근 상악동저 증강술이 유리하다 할 수 있겠다. 잔존골 길이에 따른 최대응력값의 변화폭은 측방접근 상악동저 증강술을 사용했을 경우가 적었다. 이는 측방접근 상악동저 증강술은 완전한 양측 피질골 고정을 이루나, osteotome술식은 임플란트 근단부에서 드릴의 사용을 최소로 하면서 근단부 피질골을 골절시켜, 완전한 양측 피질골 고정을 이루지 못하기 때문으로 생각된다.

잔존치조골이 8mm인 경우에서만, 골이식 유무에 따라 응력분포를 비교하였지만, 골이식이 두 술식 모두에서 응력분포에 더 좋은 것으로 나타났다.

본 연구의 결과를 살펴보면 4mm, 6mm 잔존치조골이 남을 경우 측방접근 상악동저증강술이 유리하며, 8mm 잔존골이 남을 경우 두술식에서는 큰 차가 없었다. 따라서 8mm의 잔존골이 남았을 때는 보다 간편하게 적용되는 osteotome술식이 임상에 유리하게 적용시킬수 있는 것으로 사료되었다. 또한 기존의 잔존치조골에 따른 임플란트 성공률과 비교할 때 응력분포면에서도 잔존 치조골양이 증가할수록 유리하다는 것을 알수 있었다.

## V. 결 론

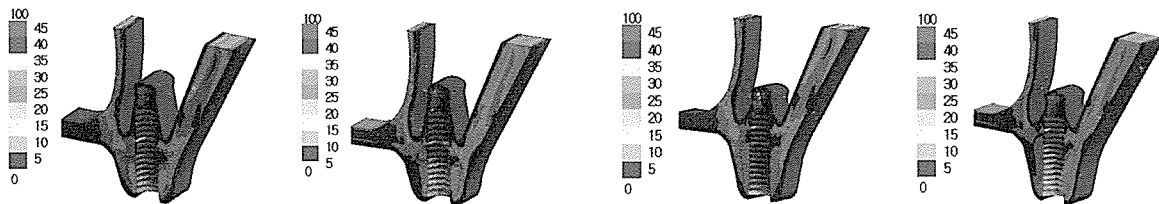
치조골 높이가 부족한 경우, 상악구치부에서 임플란트 식립을 위해 사용되는 상악동저 증강술중 측방 접근 상악동저 증강술식과 osteotome술식의 응력 분산효과를 연구하기 위해 골 높이를 달리하여, 그리고 골이식 유무에 따라 총 8개의 모형을 설계한 후 3차원 유한요소법으로 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 잔존골이 많이 남아있을수록, Osteotome 술식과 측방접근 상악동저 증강술 모두에 있어서 응력분산 효과가 좋았다.

2. 잔존치조골양이 4mm, 6mm인 경우에는 측방 접근 상악동저 증강술의 최대응력값이 더 낮게 나타났으며, 잔존치조골양이 8mm인 경우에는 osteotome 술식과 측방 접근 상악동저 증강술 모두에서 응력분산효과가 좋게 나타났고, 최대응력값에 있어서는 osteotome 술식을 이용한 상악동저 증강술 시에 오히려 더 낮게 나타나 응력 분산효과가 유리하였다.

3. 골이식 병용시, Osteotome 술식과 측방접근 상악동저 증강술 모두에 있어서 응력 분산효과가 좋았다.

## Photographic illustrations



Model 1. Central force

Model 1. Buccal force

Model 2. Central force

Model 2. Buccal force

Model 1. Distribution of von Mises stresses under 150N vertical load.

Lt. : Loading on central fossa

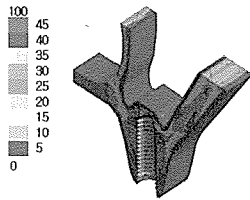
Rt. : Loading on buccal cusp

Model 2. Distribution of von Mises stresses under 150N vertical load.

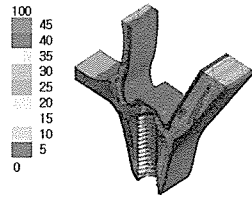
Lt. : Loading on central fossa

Rt. : Loading on buccal cusp

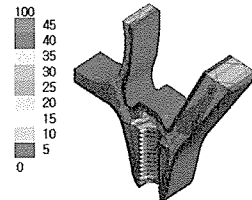
Photographic illustrations



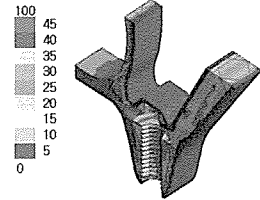
Model 3. Central force



Model 3. Buccal force



Model 4. Central force



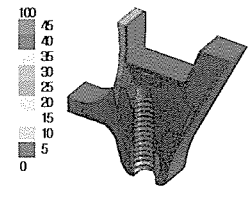
Model 4. Buccal force

Model 3. Distribution of vonne Mises stresses under 150N vertical load.

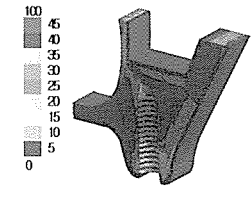
Lt. : Loading on central fossa  
Rt. : Loading on buccal cusp

Model 4. Distribution of vonne Mises stresses under 150N vertical load.

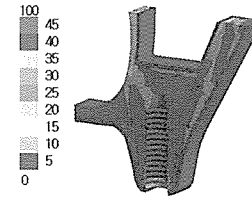
Lt. : Loading on central fossa  
Rt. : Loading on buccal cusp



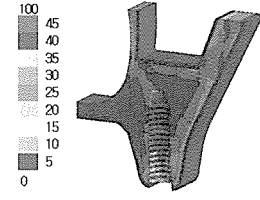
Model 5. Central force



Model 5. Buccal force



Model 6. Central force



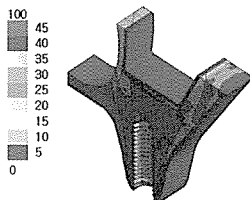
Model 6. Buccal force

Model 5. Distribution of vonne Mises stresses under 150N vertical load.

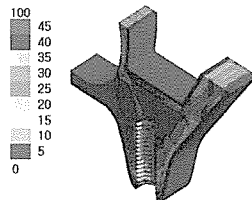
Lt. : Loading on central fossa  
Rt. : Loading on buccal cusp

Model 6. Distribution of vonne Mises stresses under 150N vertical load.

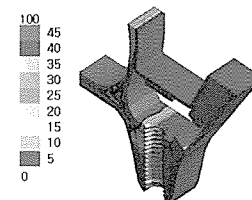
Lt. : Loading on central fossa  
Rt. : Loading on buccal cusp



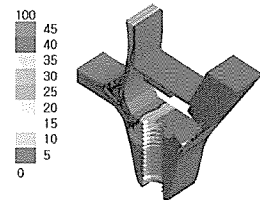
Model 7. Central force



Model 7. Buccal force



Model 8. Central force



Model 8. Buccal force

Model 7. Distribution of vonne Mises stresses under 150N vertical load.

Lt. : Loading on central fossa  
Rt. : Loading on buccal cusp

Model 8. Distribution of vonne Mises stresses under 150N vertical load.

Lt. : Loading on central fossa  
Rt. : Loading on buccal cusp

## 참 고 문 헌

1. Adell R, Ericsson B, Lekholm U, et al. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of the totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1990;5:347-359
2. Zitzmann NU, Sharer P. Sinus elevation procedures in the resorbed posterior maxilla : Comparison of the crestal and lateral approaches. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endol.* 1998;85:8-17
3. Komarnychyj OG, London RM. Osteotome single-stage dental implant placement with and without sinus elevation : a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1998;13:799-804
4. Bruschi GB, Scipioni AS, Calesini G, Bruschi E. Localized management : a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1998;13:219-226
5. Langer B, Langer L, Herrmann I, Jorneus L. The wide fixture. part 1. A solution of a special bone situations and a rescue for the compromised implant. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1993;8:400-408
6. Linkow LI, Chercheve R : The tissues involved in implant procedure. in Linkow LI(ed) : *Theories and techniques of oral implantology.* St Louis. Mo. Mosby. 1970. p39
7. Branemark PI, Adell R, Albrelesson T, et al. An experimental and clinical study of osseointegrated implants penetrating the nasal cavity and maxillary sinus. *J Oral Maxillofac Surg.* 1984;42:497-505
8. Sailer HF. A new method of inserting endosseous implants in totally atrophic maxillae. *J Craniomaxillofac Surg.* 1989;17:299-305
9. 김명진, 김태영, 황경균, 유상진, 명훈, 김수경, 김종원, 김규식. 상악동저 점막거상술을 이용한 인공 치아 임플란트 동시 식립술 후 예후에 관한 임상적 연구. 2000;26(6);644-651
10. Hurzeler MB, Kirsh A, Ackermann KL, Quinones CR. Reconstruction of the severely resorbed maxilla with dental implants in the augmented maxillary sinus : a 5-year clinical investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1996;11:466-475
11. Tatum OH Jr. Cited in smiler DG, Johnson Pro, et al. Sinus lift grafts and endosseous implants : treatment of the atrophic posterior maxilla. *Dent Clin North Am.* 1992;36:151-186
12. Boyne PJ, James RA. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surgery.* 1980;38:613-616
13. Summer RB. A new concept in maxillary implant surgery : the osteotome technique. *Compend Contin Educ Dent.* 1994;15:152-162
14. Summer RB. The osteotome technique. part 3. Less invasive methods of elevating the sinus floor. *Compend Contin Educ Dent.* 1994;15:698-708
15. Jack Hahn. Clinical uses of osteotomes : J of oral implantology. 1999;25(1):23-29
16. Razavi R, Zena RB, Khan Z, Gould AR. Anatomic site evaluation of edentulous maxillae for dental implant placement. *J Prosthodont.* 1995;4:90-94
17. Watzel G, Ulm CW, Haas R. Physiologic fundamentals of sinus floor augmentation. The sinus bone graft. *Jensen Ot ed. Quintessence, Chicago.* 1998 ;31-47
18. Von Oosterwyck H, Duyck J, Vander Sloten J, et al. The influence of bone mechanical properties and imlant fixation upon bone loading around oral implants. *Clin Oral Impl Res.* 1998;9:407-418
19. Wehrbein H, Diedrich P. Zur morphologischen Ausgangssituation bei basal pneumatisiertem sinus maxillaris : Eine radiologisch histologische studie am Menschen, *Fortschr-Kieferorthop.* 1992;53:254-62
20. 이철규, 김창희 : 총의치 교합면 형태가 하악골 응력 분포에 미치는 영향에 관한 삼차원 유한요소 분석적 연구. 서울치대 논문집. 1993.
21. 김정희, 정재현, 조규종 : Overdenture 하에서 하악응력 및 의치의 변위에 관한 유한 요소법적분석. 대한치과보철학회지. 1990;28(1):63
22. 문병화, 양재호 : 유한요소법을 이용한 치근형 임플란트의응력분포에 관한 연구. 대한치과이식학회지. 1993;12(1):116

## 참 고 문 헌

23. 강동주, 정창모. 흡수된 상악 구치부에서 임플란트 매식 방법에 따른 응력 분포 비교. 부산치대 논문집. 2001
24. Haraldson T, Carlsson GE. Bite force and oral function in patients with osseointegrated oral implant. *Scand J Dent Res*. 1997;85:200-208
25. Lindquist LW, Carlsson GE. Long term effects on chewing with mandibular fixed prostheses on osseointegrated implant. *Acta Odontol Scand*. 1985;43:39-45
26. Frost HM. A determinant of bone architecture :the minimum effective strain. *Clinical Orthopaedics*. 1983;175:286-292
27. Isidor F. Histological evaluation of perimplant bone at implants subjected to occlusal overload or plaque accumulation. *Clin Oral Impl Res*. 1997;9:1-9
28. 이양진, 양재호, 이선형, 정현영 : 하악 임플란트 Bicortication의 응력분산효과에 관한 유한요소분석적 연구. *대한치과보철학회지*. 1995;33(3):517-529
29. 최정화, 서기열, 최주호, 한중석. 임플란트 매식조건에 따른 상, 하악고의 응력 분포 양상에 대한 3차원 유한 요소분석 연구. *대한 치과 보철 학회 지*. 1999;37(5):687-696
30. 김우택, 차용두, 오세종, 박상수, 김현우, 박양호, 박준우, 이건주 : 수직력하에서 임플란트 나타형태에 따른 응력의 3차원 유한요소법적 분석. *대구 의지*. 2001;27(2):3-9
31. Breine U, Branemark PI. Reconstruction of alveolar jaw bone. An experimental and clinical study of immediate and performed autologous bone grafts in combination with osseointegrated implants. *Scand J Plastic Reconstr Surg*. 1980 ;14:23-48
32. 김명진, 황경균. 퇴축된 상악골에서 Le Fort I 골절단술과 개재골이식술을 이용한 동시적 인공치아 식립술. *대한악안면성형재건외과학회지*. 2001;23(6):533-539
33. Rosen PS, Summer R, Mellado JR, et al. The bone-added osteotome sinus floor elevation technique : multicenter retrospective report of consecutively treated patients. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1999;14:853-858
34. Zitzmann NU, Naef R, Schaer. Resorbable versus non-resorbable membranes in combination with Bio-oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1997;12:100-109