

# 상악동 거상술을 동반한 상악구치부에 식립된 임플란트 생존율에 대한 후향적 연구

김범진 · 이재훈

단국대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

**Abstract** (J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2010;36:108-18)

## The retrospective study of survival rate of implants with maxillary sinus floor elevation

Beom Jin Kim, Jae Hoon Lee

*Department of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Dankook University, Cheonan, Korea*

**Introduction:** Maxillary posterior region, compared to the mandible or maxillary anterior region, has a thin cortical bone layer and is largely composed of cancellous bone, and therefore, it is often difficult to achieve primary stability. In such cases, sinus elevation with bone graft is necessary.

**Materials and Methods:** In this research, 121 patients who had implant placement after bone graft were subjected to a follow-up study of 5 years from the moment of the initial surgery. The total survival rate, 5-year cumulative survival rate and the influence of the following factors on implant survival were evaluated; the condition of the patient (sex, age, general body condition), the site of implant placement, diameter and length of the implant, sinus elevation technique, closure method for osseous window, type of prosthesis and opposing teeth.

**Results:** 1. The 5-year cumulative survival rate of total implants was 90.5%, there was no significant difference between sex, age, the site of implant placement, diameter and length of the implant, sinus elevation technique, and the type of opposing teeth.

2. Patients with diabetes mellitus & osteoporosis and smooth-surfaced machined group & hydroxyapatite (HA)-treated group and homogenous demineralized freeze dried allogenic bone (DFDB) bone graft only group had significantly lower survival rate.

3. With less than 4 mm of residual alveolar ridge height, lateral approach without closing the osseous window resulted in a significantly lower survival rate.

4. Restoration of a single implant showed a significantly lower survival rate, compared to cases where the superstructure was joined with several implants in the area.

**Conclusion:** Patients with diabetes or osteoporosis need longer period of time for osseointegration compared to the normal, and the dentists must be prudent when choosing a surface treatment type and the bone graft material. Also, as the vertical dimension of the residual alveolar ridge can influence the result, staged implant placement should be considered when it seems difficult for the implant to gain primary stability from the residual bone with less than 4 mm of vertical dimension. It is recommended to obdurate the bone window and that the superstructure be connected with several implants in the peripheral area.

**Key words:** Maxillary sinus, Dental implants, Survival rate

(원고접수일 2010. 3. 4 / 1차수정일 2010. 3. 15 / 2차수정일 2010. 3. 23 / 게재확정일 2010. 4. 6)

## I. 서 론

1970년대 초반에 골유착 개념의 임플란트가 도입되면서 최근에는 치과 치료의 새로운 패러다임으로 자리를 잡아 가고 있으며 여러 문헌에서 장기간의 높은 생존율이 보고 되고 있다<sup>1-4</sup>.

### 이재훈

330-716 충남 천안시 신부동 산7-1

단국대학교 치과대학 부속병원 구강외과

### Jae-Hoon Lee

Department of Oral and Maxillofacial surgery, Dental Hospital,

College of Dentistry, Dankook University

San 7-1 Sinbu-dong, Cheonan, Chungnam, 330-716, Korea

TEL: +82-41-550-1995 FAX: +82-41-551-8988

E-mail: lee201@dankook.ac.kr

그러나 상악구치부는 하악이나 상악전치부에 비하여 피질골이 얇고 대부분 망상골로 구성되어 임플란트 식립 시 초기 고정을 얻기 어려운 경우가 많고, 상악동 내의 공기압 상승으로 함기화(pneumatization) 현상이 나타난다<sup>5</sup>. 또한, 치아 상실 후 생리적으로 진행되는 치조골의 빠른 흡수로 임플란트를 식립할 충분한 수직골 고정을 갖지 못하는 경우가 많으며<sup>6</sup> type III, IV 골질이 많고 연령이 증가함에 따라 측관골의 밀도가 낮아져 골 임플란트 접촉면이 감소하므로 골유착이 지연되고 교합력에도 취약하다<sup>7</sup>.

이러한 어려움을 극복하기 위하여 Boyne 등<sup>8</sup>은 임플란트 식립을 위해 Caldwell-Luc 수술법을 이용한 상악동 거상술을 처음으로 시행하였고, Tatum<sup>9</sup>은 치조골정과 측벽으로 접근하는 두 가지 방법을 소개하였으며, Summers<sup>10</sup>는

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

이번 연구는 단국대학교 부속치과병원에서 1994년 1월부터 2004년 8월까지 상악동 거상술 후 임플란트를 식립한 환자를 대상으로 1차 수술 후 5년간 추적 조사하였다. 환자는 남성 68명(연령 52.3±9.4세), 여성 53명(연령 50.1±6.8세)로 구성되었고 식립한 임플란트는 총 285개였다. 연령별로 분류하였을 때 41-50세의 환자가 30%, 51-60세의 환자가 34%로 대부분을 차지하였고, 상악동 거상술 시행 전 전신질환이 있는 환자는 해당 주치의와 협진하였으며 협진 내용에 따라 특이사항이 없는 한 배제하지 않았다. 모든 환자들은 금합금 주조에 기초한 고정성 보철물로 수복하였고, 중도에 중단된 경우는 연구에서 제외하였다. (Tables 1, 2)

### 2. 연구방법

#### 가. 수술 방법

##### 1) 측방 접근법(lateral approach)

측방 접근법을 통한 상악동 거상술은 Kent 등<sup>20</sup>과 Block<sup>21</sup>이 제안한 변형된 Caldwell-Luc 술식에 따라 시행하였다. 국소마취 후 상악 결절로부터 잔존치조제 근심치아의 근협측근까지 치조정 수평절개와 열구절개 및 협측 수직절개를 시행하여 전측 판막을 거상하였다. 주수 하에 상악동 기저부로부터 최소한 3 mm 상방에 타원형의 골절제술을 시행한 후 상악동막을 거상하였다. 그 후 임플란트의 초기 고정을 얻을 수 있을 때는 이식재와 함께 임플란트를 동시에 식립하였고 초기 고정을 얻을 수 없을 때는 골이식만 시행하고 6-8개월 후에 임플란트를 단계적으로 식립하였다. 다양한 이식재를 충전한 후 경우에 따라 타원형의 골창

osteotome을 이용하여 골이식과 동시에 임플란트를 식립하는 변형된 치조정 접근법을 발표하였다. 그 후 임플란트 식립 시기에 대한 연구도 많이 진행되었는데 Kahnberg 등<sup>11</sup>은 window opening procedure 후 6-8개월의 치유 기간을 가진 후에 임플란트를 식립하는 지연식립 방법을 보고하였으며, del Fabbro 등<sup>12</sup>은 window opening procedure와 동시에 임플란트를 즉시 식립하는 방법을 소개하였다. 특히 이 방법은 임플란트 표면 처리 방법이 발달하면서 가능하게 되었는데 초기에는 기계연마로 형성된 평활면 표면을 가진 임플란트가 주로 사용되었으나 불량한 골질에서 여러 표면 처리에 의해 형성된 거친 표면을 가진 임플란트가 평활한 표면을 가진 임플란트에 비해 빠른 골 반응을 가지며 안정성 면에서도 유리하여 장기적으로 높은 생존율을 가진다는 것이 많은 연구에서 밝혀졌다<sup>13-15</sup>.

Jesen 등<sup>16</sup>은 1,007명의 환자를 대상으로 상악동 거상술 후 식립된 2,997개의 임플란트를 평가하여 잔존 치조골의 높이가 상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 생존율에 가장 큰 영향을 미친다고 하였으며 잔존 치조골의 높이가 7 mm 이하일 경우 임플란트 식립을 위해서 반드시 골이식을 동반해야 한다고 하였다.

상악동 거상술에 사용되는 골이식재는 자가골(autogenous bone), 동종골, 이종골 및 합성골 등이 있으며, 이들을 단독 또는 혼합 형태로 사용하고 있다. Boyne 등<sup>8</sup>이 1980년 상악동저에 자가골을 이식하고 임플란트를 식립하였을 때 높은 생존율을 보고하였고, Tidwell 등<sup>17</sup>은 자가골 대신 동종골 demineralized freeze dried allogenic bone (DFDB)와 합성골 hydroxyapatite (HA)만을 단독으로 사용하였을 때 좋은 결과를 얻었으며 Yildirim 등<sup>18</sup>은 이종골을 이식하였을 때 만족할 만한 결과를 얻었다고 하였다. 또한, del Fabbro 등<sup>19</sup>은 상악동 거상술 후 충전되는 골이식재의 종류는 식립된 임플란트 생존율에 많은 영향을 준다고 하였다.

이처럼 많은 문헌에서 임플란트의 표면 특성, 잔존골의 고경, 골이식재의 종류가 상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 생존율에 영향을 끼친다는 사실은 밝혀졌으나 환자의 상태(성별, 연령, 전신질환), 임플란트의 식립 위치, 직경, 길이, 상악동 거상술 방법, 골창 폐쇄 방법, 보철물 및 대합치 유형 등의 요인들이 임플란트의 생존율에 어떠한 영향을 주는지 여부는 명확하게 밝혀지지 않았다.

이에 본 연구에서는 상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 5년간 전체 생존율과 누적 생존율을 알아보고, 환자의 상태(성별, 연령, 전신질환), 임플란트의 식립 위치, 직경, 길이, 임플란트의 표면 처리, 골이식재의 종류, 잔존골 고경, 상악동 거상술 방법, 골창 폐쇄 방법, 보철물 및 대합치 유형에 따른 생존율을 평가하고 그 관계를 분석해 보고자 한다.

**Table 1.** Patient distribution according to gender

Gender	Number of patient	Number of implant	%
Male	68	172	60.4
Female	53	113	39.6
Total	121	285	100

**Table 2.** Patient distribution according to age

Age	Number of implant	%
21-30	5	2
31-40	31	11
41-50	85	30
51-60	96	34
61-70	68	23
Total	285	100

을 폐쇄하지 않거나, 처음 형성한 골을 재위치 시키거나, 흡수성 차폐막을 사용하였으며 판막을 재위치 시키고 봉합한 후 항생제 및 진통제를 처방하였다. 술후 7일에서 10 일 후에 봉합사를 제거하였다.

2) 치조정 접근법(crestal approach)

치조정 접근법을 통한 상악동 거상술은 Summers<sup>10</sup>가 제안한 방법에 따라 시행하였다. 국소마취하에 상악동 거상술이 필요한 부위에 치조정 수평절개와 열구절개 및 협측 수직절개를 시행하여 전층 판막을 거상하였다. 상악동 경계의 1-2 mm 하방까지 drill이나 osteotome을 이용하여 골 절제한 후 osteotome을 malleting하여 상악동저를 거상하였다. 다양한 이식재를 충전 후 임플란트를 식립하고 판막을 재위치 시키고 봉합하였다. 술후 투약 처방 및 봉합사 제거는 측방 접근법과 동일하게 하였다.

나. 생존율 평가

1) 임플란트 생존율과 실패 평가 기준

임플란트 생존율은 Steenberge 등<sup>22</sup>이 제시한 기준에 근거해 추적 검사 시 구강 내에 잔존하여 기능 중인 임플란트를 생존하였다고 판단하고 생존율을 구하였다. 그리고 임플란트 실패 기준은 1986년 Albrektsson 등<sup>23</sup>이 제시한 기준과, 1993년 Misch<sup>24</sup>가 5군으로 분류한 임플란트의 질적 평가 기준 중 임상적 실패의 일부 항목에 근거하여 평가하였다.

1. 식립 이후, 치유 과정 중 임플란트 주위 방사선 투과성이 있어 식립 시 열손상이 의심되는 경우
  2. 이차 수술 시 매식체의 동요가 있거나 치유 지대주의 연결 시 매식체까지 함께 돌아가 골유착이 실패했다고 판단되는 경우
  3. 지각 마비나 조절되지 않는 감염이 있는 경우
  4. 점진적으로 진행되어 50% 이상으로 임플란트 주위 골 소실이 있는 경우
  5. 최종 보철물의 완성 이후 기능 시나 타진 시 통증을 호소하는 경우
  6. 매식체가 파절된 경우
- 위와 같은 경우를 실패한 임플란트로 간주하고 구강 내에서 제거 하였다.

2) 임플란트 실패 시기

임플란트 실패 시기에 따른 분류는 2004년 Rosenberg 등<sup>25</sup>이 제안한 것을 바탕으로 하였다.

- Stage 1 : 임플란트 식립 이후 2차 수술을 하기까지의 기간
- Stage 2 : 이차 수술과 최종 보철물이 구강 내 완성되기까지의 기간
- Stage 3 : 최종 보철물 완성 후 1년 이내의 기간
- Stage 4 : 최종 보철물 완성 후 1년에서 5년 사이의 기간
- Stage 5 : 최종 보철물 완성 후 5년 이후의 기간

다. 평가 인자

1) 임플란트의 식립 위치, 직경과 길이

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 위치에 따른 분류는 제1소구치부, 제2소구치부, 제1대구치부, 제2대구치부의 4부위로 나누어 각 부위별 생존율을 비교하였다. 직경에 따른 분류는 3.0-3.5 mm, 3.75-4.5 mm, 4.75-5.0 mm, 5.75 mm 이상으로 크게 4가지 범주로 나누어 각각에 해당하는 임플란트의 생존율을 조사하였으며 길이는 8-10 mm, 11-13 mm, 14 mm 이상으로 크게 3가지 범주로 나누어 각각에 해당하는 임플란트의 생존율을 조사하였다.

2) 임플란트의 표면 처리

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 표면 형태는 평활 표면을 가지는 machined 군과 거친 표면을 가지는 군으로 크게 분류한 뒤 후자는 또한 hydroxyapatite-coated (HA) 군, acid-etched 군, titanium plasma sprayed (TPS) 군, resorbable blast media (RBM) 군, sandblasted large grit, acid etched (SLA) 군으로 분류하여 각각에 해당하는 임플란트의 생존율을 조사하였다.

3) 골이식재의 종류

상악동 거상술에 사용된 골이식재는 이종골 Bio-Oss (Geistlich, Wolhusen Sons Ltd, Wolhusen, Switzerland), 동종골 DFDB (Musculoskeletal Transplant Foundation, Edison, NewJersey, USA) 및 하악 유합부 또는 하악지에서 채득한 자가골로서 이들을 단독 또는 혼합하여 사용하였으며 각각에 해당하는 임플란트의 생존율을 조사하였다.

4) 잔존골의 고경

상악동 거상술 시행 전(술전 4주 이내), 상악동 거상술 시행 직후(수술 당일)에 촬영한 파노라마 방사선사진에서 잔존골의 고경을 각각 3번씩 측정하여 평균치를 값으로 하였다. 환자의 치조정과 상악동저를 각각 3번씩 투사 용지 (tracing paper)에 표시하고 치조정에서 본래 상악동저의 최저점까지의 거리를 디지털 캘리퍼로 측정하였으며, 125%의 확대율을 고려하여 보정한 후에 0.1 mm 단위까지 기록하였다.

5) 상악동 거상술의 방법

상악동 거상술 전에 병력 검사, 임상 검사, 방사선사진을 통해 상악동 내 질환이 없음을 확인하였다. 측방 접근법은 상악동 거상술과 함께 임플란트를 동시에 식립하는 동시 식립법과 초기 고정을 얻을 수 없을 때는 상악동 거상술 및 골이식을 먼저 시행하고 6-8개월 후 임플란트를 식립하는 단계적인 식립법으로 나누어 시행하였고, 치조정 접근법은 모두 상악동 거상술과 함께 임플란트를 동시에 식립하는 동시 식립법으로 시행하였다.

6) 골창의 폐쇄 방법

측방 접근법을 통한 상악동 거상술 시 상악동막 거상 및 이식재 충전 후 타원형의 골창을 폐쇄하지 않은 경우, 처음 형성한 골을 재위치 시킨 경우 및 흡수성 차폐막을 사용한 경우의 3가지 범주로 나누어 각각에 해당하는 임플란트의 생존율을 조사하였으며, 치조정 접근법을 통한 상악동 거상술은 제외하였다.

7) 보철물의 유형

보철물의 종류에 따라 주변 임플란트와 같이 상부 보철물을 연결한 경우 또는 단일로 임플란트를 수복한 경우 2가지 범주로 나누어 각각에 해당하는 임플란트의 생존율을 조사하였다. 기능 부하 전에 실패한 개체는 제외하고 분류하였으며, 임시 보철물이 장착된 시점부터 기능 부하된 것으로 간주하였다.

8) 대합치의 유형

대합치는 종류에 따라 자연치, 임플란트 지지 고정성 보철물 및 가철성 보철물 3가지 범주로 나누어 각각에 해당하는 임플란트의 생존율을 조사하였다. 기능 부하 전에 실패한 개체는 제외하고 분류하였으며, 임시 보철물이 장착된 시점부터 기능 부하된 것으로 간주하였다.

3. 통계학적 분석

진료 기록부로부터 얻어진 환자의 상태(성별, 연령, 전신 질환), 임플란트의 식립 위치, 직경, 길이, 임플란트의 표면 처리, 골이식재의 종류, 잔존골의 고경, 상악동 내 접근 방식, 골창의 폐쇄 방법, 상부 보철물의 유형, 대합치의 유형을 컴퓨터에 엑셀 자료로 저장하였다. 상악동 거상술 후 임플란트의 생존율은 life table method와 Kaplan-Meier 생존 분석으로 평가하였고 이들 자료를 토대로 요인에 따른 임플란트의 생존율을 산출하였고 SPSS 16.0 프로그램 (SPSS Inc. Chicago, USA)의 카이제곱검정 (개체수가 10 이하인 경우 Fisher의 검정)으로 요인에 따른 차이를 검정하여  $P < 0.05$  수준에서 통계학적으로 유의한 것으로 간주하였다.

III. 결 과

1. 상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 전체 생존율

121명의 환자를 대상으로 상악동 거상술 후에 식립된 총 285개의 임플란트를 60개월까지 추적조사를 시행한 결과, 27개가 실패하여 전체 생존율은 90.5%였고 29개월까지 실패한 개체가 관찰되었으며, 그 이후에는 실패가 없었다. 임플란트 식립 후 평균 5.7개월에 상부 보철물을 연결하였으며, 그 때까지 19개가 실패하여 누적 생존율은 93.3%였고, 보철물 장착부터 식립 1년까지는 5개가 실패하여 91.6%의 누적 생존율을 보였다. 식립 1년에서 2년 사이에는 2개가 실패하여 90.9%, 2년에서 3년 사이는 1개가 실패하여 90.5%의 누적 생존율은 보였고, 3년 이후에는 실패가 없어 누적 생존율이 그대로 유지 되었다.(Table 3, Fig. 1)

2. 환자 성별, 연령, 전신질환에 따른 생존율

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 성별에 따른 생존율은 남성에서 89.5%, 여성에서 92.0% 보였으며, 성별에 따른 유의한 차이는 없었다.(Table 4)

환자의 연령에 따른 생존율은 51-60세에서 생존율이 88.9%로 가장 낮게 나타났고, 21-30세에서는 100%로 가장

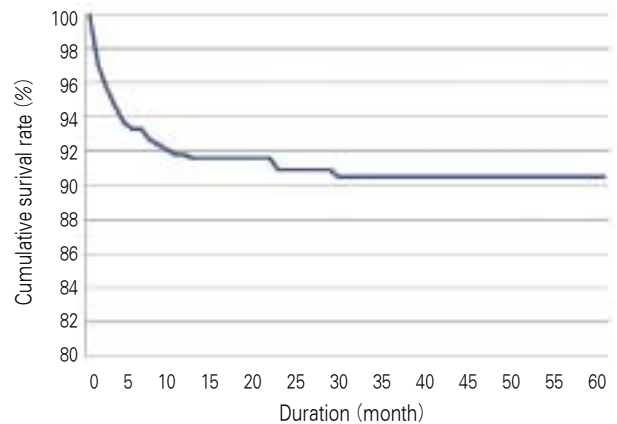


Fig. 1. Kaplan-Meier survival analysis.

Table 3. Cumulative survival rate of implants placed in sinus elevated maxilla

Time	Implant at interval start	Failed implant during interval	Survived implant	Survival rate (%) in interval	C.S.R.(%)
Placement to loading	285	19	266	93.3	93.3
Loading to 1 yr	266	5	261	98.1	91.6
1 to 2 yr	261	2	259	99.2	90.9
2 to 3 yr	259	1	258	99.6	90.5
3 to 5 yr	258	0	258	100.0	90.5

높게 나타났으나, 각 연령대에서의 생존율은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.(Table 5)

환자의 전신질환에 따른 생존율은 당뇨와 골다공증에서 85.5%와 83.3%로 낮게 나타났으며, 당뇨와 골다공증이 다른 전신질환에 비해 통계학적으로 유의하게 낮은 생존율을 보였다.(Table 6,  $P<0.05$ )

### 3. 임플란트 식립 위치, 직경과 길이에 따른 생존율

상악동 거상술 후 식립 위치에 따른 생존율은 제2대구치 부에서 88.7%로 가장 낮게 나타났고, 제1소구치부에서 94.7%로 가장 높게 나타났으나, 식립 위치에 있어서 임플란트의 생존율은 통계학적으로 유의하지 않았다.(Table 7)

임플란트의 직경과 길이에 따른 생존율을 살펴보면, 직경에 따른 생존율은 5.75 mm 이상에서 72.7%로 가장 낮은 생존율을 보였고, 길이에 따른 생존율은 11-13 mm에서 90.1%로 가장 낮은 생존율을 보였으나, 직경과 길이에 따른 유의한 차이는 없었다. 하지만 임플란트의 직경이 5.75 mm 이상에서는 생존율이 두드러지게 감소하였다.(Tables 8, 9)

**Table 4.** Survival rate of implant according to gender

Gender	State		Survival rate (%)	P value
	Placed	Failed		
Male	154	18	89.5	0.663
Female	104	9	92.0	

**Table 5.** Survival rate of implant according to age

Age	State		Survival rate (%)	P value
	Placed	Failed		
21-30	5	0	100	0.706
31-40	26	2	92.9	
41-50	78	7	91.8	
51-60	88	11	88.9	
61-70	61	7	89.7	

**Table 6.** Survival rate of implant according to general disease

General disease	State		Survival rate (%)	P value
	Placed	Failed		
Normal	123	9	93.2	0.002
Diabetes mellitus	47	8	85.5	
Osteoporosis	30	6	83.3	
Others	58	4	93.5	

### 4. 임플란트 표면 처리에 따른 생존율

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 표면 처리 유형에 따라 machined, HA, acid etching, TPS, RBM, SLA로 분류했을 때 각각의 생존율은 80.3%, 83.9%, 95.8%, 97.4%, 97.1%, 97.6%로 나타났다. 평활 표면을 가지는 machined 임플란트와 거친 표면을 가지는 임플란트 중 HA 처리된 임플란트의 생존율이 80.3%, 83.9%로 다른 표면 처리를 한 임플란트의 생존율과 비교하여 통계학적으로 유의하게 낮은 수준을 보였다.(Table 10,  $P<0.05$ )

### 5. 이식재의 종류에 따른 생존율

상악동 거상술 후 충전한 이식재의 종류에 따라 이중골 Bio-oss만 이식한 경우, 동종골 DFDB만 이식한 경우, 자가골만 이식한 경우, 이중골 Bio-oss와 동종골 DFDB를 혼합하여 이식한 경우, 이중골 Bio-oss와 자가골을 혼합하여 이식한 경우 및 동종골 DFDB와 자가골을 혼합하여 이식한 경우의 생존율은 각각 88.4%, 84.1%, 97.3%, 85.7%,

**Table 7.** Survival rate of implant according to implant location

Site	State		Survival rate (%)	P value
	Placed	Failed		
1 premolar	18	1	94.7	0.687
2 premolar	52	4	92.9	
1 molar	102	11	90.3	
2 molar	86	11	88.7	

**Table 8.** Survival rate of implant according to fixture diameter

Fixture diameter (mm)	State		Survival rate (%)	P value
	Placed	Failed		
3.0-3.5	49	5	90.7	0.139
3.75-4.5	159	14	91.9	
4.75-5.0	42	5	89.4	
5.75-	8	3	72.7	

**Table 9.** Survival rate of implant according to fixture length

Fixture length (mm)	State		Survival rate (%)	P value
	Placed	Failed		
8-10	78	8	90.7	0.562
11-13	128	14	90.1	
>14	52	5	91.2	

100.0%, 94.1%로 나타났다. 동종골 DFDB만 이식한 경우, 동종골 DFDB와 이종골 Bio-oss를 혼합하여 이식한 경우의 생존율은 자가골만 이식한 경우와 자가골과 이종골 Bio-oss를 혼합하여 이식한 경우의 생존율에 비해 통계학적으로 유의하게 낮은 수준을 보였다.(Table 11,  $P < 0.05$ )

6. 잔존골의 고경에 따른 생존율

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 잔존골 고경을 <4 mm, 4-5 mm, 5-6 mm, 6-7 mm, >7 mm로 분류하고, 이에 따른 각각의 생존율은 각각 69.8%, 89.7%, 91.0%, 98.0%, 98.5%로 나타났다. 4 mm 이하의 잔존골 고경을 가지는 경우는 4mm 이상의 잔존골 고경을 가진 군과 비교하여 통계학적으로 유의하게 낮은 생존율을 보였다.(Table 12,  $P < 0.05$ )

7. 수술 방법에 따른 생존율

측방 접근법과 치조정 접근법에 의해 상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 생존율은 각각 90.8%, 90.0%로 나타나 접근법 간에 생존율의 차이는 통계학적으로 유의하지 않았다. 또한 측방 접근법 시행 후 임플란트를 동시 식립한 경우의 생존율은 89.4%이었으며, 단계적으로 식립한 경우

**Table 10.** Survival rate of implant according to implant surface texture

Surface texture	State		Survival rate %	P value	
	Placed	Failed			
Smooth	Machined	49	12	80.3	0.002
	HA	52	10	83.9	
	Acid etching	46	2	95.8	
Rough	TPS	37	1	97.4	
	RBM	33	1	97.1	
	SLA	41	1	97.6	

(HA: hydroxyapatite coated, TPS: titanium plasma sprayed, RBM: resorbable blast media, SLA: sandblasted, large grit, acid etched)

**Table 11.** Survival rate of implant according to graft material

Graft material	State		Survival rate %	P value
	Placed	Failed		
Bio-Oss	61	8	88.4	0.043
DFDB	58	11	84.1	
Autogenous bone	36	1	97.3	
Bio-Oss+DFDB	30	5	85.7	
Bio-Oss+Autogenous bone	41	0	100.0	
DFDB+Autogenous bone	32	2	94.1	

의 생존율은 92.1%로, 동시 식립한 경우에서 낮은 성공률을 보였으나, 두 군 사이에 통계학적 유의성은 없었다.(Table 13)

8. 골창의 폐쇄 방법

측방 접근법을 통한 상악동 거상술 시 상악동막 거상 및 이식재 충전 후 타원형의 골창 폐쇄 방법에 따라 골창을 폐쇄하지 않은 경우, 처음 형성한 골을 재위치 시킨 경우 및 흡수성 차폐막을 사용한 경우의 생존율은 각각 85.3%, 96.9%, 96.7%로 나타났다. 골창을 폐쇄하지 않은 경우의 생존율이 처음 형성한 골이나 흡수성 차폐막을 사용하여 골창을 폐쇄한 경우의 생존율에 비해 통계학적으로 유의하게 낮은 생존율을 보였다.(Table 14)

9. 보철물의 유형에 따른 생존율

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 보철물 유형에 따라 단일로 임플란트를 수복한 경우의 생존율이 89.5%로, 주변 임플란트와 같이 상부 보철물을 연결한 경우의 생존율 99.0%와 비교하여 통계학적으로 유의하게 낮은 생존율을 보였다.(Table 15)

**Table 12.** Survival rate of implant according to residual bone height

Residual bone height	State		Survival rate (%)	P value
	Placed	Failed		
<4 mm	30	13	69.8	0.000
4-5 mm	61	7	89.7	
5-6 mm	51	5	91.0	
6-7 mm	50	1	98.0	
>7 mm	66	1	98.5	

**Table 13.** Survival rate of implant according to surgery method

Surgery method	State		Survival rate (%)	P value	
	Placed	Failed			
Lateral approach	Simultaneous	84	10	89.4	0.957
	Staged	93	8	92.1	
Crestal approach		81	9	90.0	

**Table 14.** Survival rate of implant according to window management

Window management	State		Survival rate (%)	P value
	Placed	Failed		
No closure	87	15	85.3	0.022
Cortex repositioning	31	1	96.9	
Resorbable membrane	59	2	96.7	

(The group implanted through crestal approach was excluded)

**Table 15.** Survival rate of implant according to prosthetic type

Prosthetic type	State		Survival Rate (%)	P value
	Placed	Failed		
Single	51	6	89.5	0.002
Multiple	207	2	99.0	

(The group failed at the point of preloading was excluded)

10. 대합치의 유형에 따른 생존율

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 대합치 유형에 따라 자연치가 대합치인 경우, 임플란트가 대합치인 경우 및 가철성 보철물이 대합치인 경우의 생존율은 각각 97.3%, 97.1%, 91.7%로 가철성 보철물이 대합치인 경우 가장 낮은 생존율을 보였으나, 통계학적으로 유의성은 없었다.(Table 16)

Ⅳ. 총괄 및 고찰

임플란트는 많은 연구와 임상 기술의 발전으로 인해 자연치아 상실 시 이를 수복해 줄 수 있는 술식 중의 한 분야로 자리매김 해 왔고, 그 역할이 점점 증대되고 있다. 임플란트는 치아의 고유한 기능인 저작, 발음, 심미 등의 기능을 자연치아와 가장 유사하게 만족할 만큼 재현하고 있다<sup>26,27</sup>.

임플란트의 사용이 보편화되면서 장기간에 걸친 성공률(success rate)과 생존율(survival rate)에 관한 연구가 많이 진행되어 왔다. 성공률이란 임플란트 시스템의 임상적 평가를 내리기에 적합한 것으로 특정 시간이 경과한 후 성공 기준에 부합하는 임플란트의 비율을 말하는 것이며<sup>22</sup>, 이에 반해 생존율이란 어떤 시기에 임플란트를 제거하였거나 제거하기로 결정하기 전까지 구강 내 남아있는 임플란트의 비율로 정의할 수 있으며, 생존율을 구하기 위해서는 성공 기준 대신에 실패 기준이 필요하다<sup>28</sup>. 성공률과 생존율 중 어느 것이 뛰어난 임플란트의 후향적 연구 수단인가를 판단하기는 매우 어려우나 성공률은 성공 기준을 모두 조사하기 어려운 현실적인 문제로 생존율이 임플란트의 후향적 연구에서 많이 사용되고 있다.

상악구치부는 다른 부위에 비해 골질이 약하고 치아 상실 후 골소실이 심하며 상악동 내 함기화로 인해 치조골 고경이 부족한 경우 임플란트 식립에 어려움을 겪게 된다. 이런 경우 골이식을 동반한 상악동 거상술이 필요하며 이전 여러 연구를 통해 임플란트 표면, 잔존골 고경, 골이식재 종류가 상악동 거상술 후 식립된 임플란트 생존에 영향을 끼친다는 사실이 보고되었다. 본 연구에서는 상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 전체 생존율 및 5년간의 누적 생존율, 환자의 상태(성별, 연령, 전신질환), 임플란트의 식립

**Table 16.** Survival rate of implant according to opposing dentition type

Opposing dentition type	State		Survival rate (%)	P value
	Placed	Failed		
Natural tooth	181	5	97.3	0.540
Implant	66	2	97.1	
Removable prosthesis	11	1	91.7	

(The group failed at the point of preloading was excluded)

위치, 직경, 길이, 상악동 거상술 방법, 골창 폐쇄 방법, 보철물 및 대합치 유형 등의 요인들이 임플란트의 생존에 미치는 영향을 평가하였다.

상악동 거상술 후 상악 구치부에 식립된 임플란트 생존율에 관한 연구에서 del Fabbro 등<sup>19</sup>은 252개의 논문을 분석하여 임플란트의 평균 생존율을 91.49%라 하였고, Wallace 등<sup>29</sup>은 상악동 거상술에 관한 43개의 논문을 분석하여 임플란트의 전체 생존율이 61.8%에서 100%까지 다양했고 평균 생존율은 94%라 하였다. Adell 등<sup>2</sup>은 임플란트 식립 이후 초기 2년 동안에 생존율이 급격히 감소하다가 그 이후에는 생존율이 점진적인 안정화를 보인다고 하였고, Goodacre 등<sup>30</sup>은 1981년부터 1997년까지 임플란트 생존에 관한 임상 연구에서 보철 전 시기의 실패가 더 많이 일어나고 보철 후 실패를 시간에 따라 분류하였을 때, 1년보다는 2년에서, 2년보다는 3년에서 그 실패율이 급격히 감소한다고 하였다.

이번 연구에서는 총 285개의 임플란트를 60개월까지 추적조사를 시행한 결과, 27개가 실패하여 전체 생존율은 90.5% 나타내었고 실패한 임플란트 27개 중 19개가 1차 수술 이후 기능 부하 이전에 실패했다. 주된 실패 이유는 골유착의 실패였고 누적 생존율은 93.3%였으며, 보철물 장착부터 식립 1년까지는 5개가 실패하여 91.6%의 누적 생존율을 보였다. 식립 1년에서 2년 사이에는 2개가 실패하여 90.9%, 2년에서 3년 사이는 1개가 실패하여 90.5%의 누적 생존율을 보였고, 3년 이후에는 실패가 없어 누적 생존율이 그대로 유지되었다. 이와 같이 임플란트의 보철 후에는 실패율이 급격히 감소하는 것으로 보아 이것은 임플란트가 일단 골결합을 이룬 후에는 보철 설계에 문제가 없는 한 장기간 안정적으로 유지될 수 있으며 이러한 측면에서 무엇보다 임플란트의 초기 골치유와 골결합이 중요하다고 생각된다.

남자가 여자보다 더 강한 저작력을 가지고<sup>31</sup> 나이가 증가함에 따라 미분화 세포의 능력이 저하되어 창상치유 능력도 떨어지므로 성별, 연령별 차이가 있을 것으로 추정되어 이번 연구에서 성별, 연령별로 임플란트의 생존율을 조사하였으나 유의할만한 차이는 없었다.

당뇨병 환자들은 많은 치주 질환을 동반하여 치아 상실과 함께 심한 치조골 흡수를 나타내고 감염 비율이 높으며

창상부의 치유 과정이 지연되는 특징이 있으며<sup>32</sup>, 골다공증 환자에서는 정상인보다 골형성 및 골유착 능력이 20-30% 정도 장애가 있다고 여겨지고 있으나<sup>33</sup>, 정상인보다 장기적인 치유 기간 주어져 골유착이 일어나면 임플란트 금기증은 없어질 것이라고 하였다<sup>32,33</sup>. 이번 연구에서도 다른 연구와 마찬가지로 비환자 당뇨와 골다공증에서 85.5%와 83.3%로 유의하게 낮은 생존율을 보였다. 이는 수술 당시에는 당뇨와 골다공증이 잘 조절되었으나 이후 치유 과정에서 당뇨와 골다공증이 조절되지 않았거나, 골유착을 위해 정상인에 비해 좀 더 긴 치유 기간이 주어지지 않아 생존율이 낮았던 것으로 사료된다.

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 위치, 길이 및 직경에 관한 연구에서 Hürzeler 등<sup>34</sup>은 임플란트의 위치, 길이 및 직경 등은 임플란트의 생존에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 이번 연구에서도 임플란트의 식립 위치, 직경 및 길이에 따른 생존율의 차이는 유의하지 않았다. 하지만 임플란트의 직경이 5.75 mm 이상에서는 생존율이 72.7%로 두드러지게 감소하였는데 이는 직경이 너무 큰 임플란트는 골질이 아주 불량하거나, 발치 후 즉시 임플란트 식립과 같은 특수한 상황에서 주로 사용되어 생존율이 낮았던 것으로 생각된다.

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 표면 처리에 관한 연구에서 Rosenberg 등<sup>25</sup>은 임플란트 표면 처리에 따라 초기 골유착 단계에서의 실패는 평활면 표면 임플란트에서 높게 나타나고, 상부 보철물이 완성되고 기능을 하게 되는 후반부에서의 실패는 HA 피복 표면에서 높게 나타난다고 하였다. 이번 연구에서도 평활 표면을 가지는 machined 임플란트와 거친 표면을 가지는 임플란트 중 HA 처리된 임플란트의 생존율이 80.3%, 83.9%로 다른 표면 처리를 한 임플란트의 생존율과 비교하여 유의하게 낮은 수준을 보였다. 이는 HA 피복 표면은 표면이 거칠어 골과 접촉하는 면적이 증가되므로 초기 고정에 유리하나 HA가 임플란트 표면에서 탈락되어 흡수되면 임플란트 주위의 염증으로 인한 골흡수 때문에 연조직이 퇴축되고 노출된 임플란트의 거친 표면에 침착된 치태 제거가 어려워 생존율이 낮았던 것으로 생각된다.

상악동 거상술 후 충전하는 이식재에서 현재까지 자가골이 'gold standard' 임에는 부인할 수 없는 사실이지만, 비교적 많은 양의 이식재가 요구되는 상악동 거상술에 자가골을 단독으로 사용하기에는 구강 외 공여부는 별도의 수술 부위가 요구되고<sup>35</sup>, 구강 내 공여부는 양적인 한계가 있어<sup>36</sup>, 동종골이나 이종골, 심지어 합성골과도 혼합하여 사용하는 방법에 대하여 연구가 되어 왔다<sup>37</sup>. 동종골은 제한적으로 골유도능을 비롯한 뛰어난 골재생 능력을 보여주었으나, 특히 탈회 동결 건조 동종골(demineralized freeze dried allogenic bone, DFDB)은 흡수가 빨라 임플란트 식립을 위한 골격 제공에는 적절치 않아 보이며, 질병 전이와 면역학적 거부 반응, 이식 부위의 염증으로 임플란트 실패를 초래

한 경우도 있었다<sup>38,39</sup>. 이에 동종골의 단점을 보완하기 위해 이종골을 사용하였는데 이종골은 인체에 뛰어난 조직 적합성을 가지고 흡수 속도가 매우 느리다는 특성 때문에, 신생골 재생을 위한 골격 제공에는 뛰어난 효과를 내는 반면에 빠른 골대체에는 부적합하다는 단점을 지니고 있다<sup>40,41</sup>. Loukota 등<sup>42</sup>은 DFDB가 낮은 산소 장력(hypoxic tissue)의 지역에 놓이면 뼈가 되기보다는 섬유나 연골이 된다고 하였고 1996년 Sinus consensus conference<sup>16</sup>에서는 상악동 거상술 후 DFDB가 단독으로 쓰일 때를 제외하면 모든 재료에서 높은 성공률을 보인다고 하였다. 이번 연구에서도 동종골 DFDB만 이식한 경우와 동종골 DFDB와 이종골 Bio-oss를 혼합하여 이식한 경우의 생존율이 84.1%, 85.7%로 유의하게 낮았고 자가골만 이식한 경우와 자가골과 이종골 Bio-oss를 혼합하여 이식한 경우의 생존율은 97.3%, 100%로 유의하게 높은 수준을 보였다.

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 잔존골 양에 관한 연구에서 Ioannidou 등<sup>43</sup>은 임플란트 초기 고정을 위해서는 잔존골이 적어도 4 mm가 필요하며 4 mm 미만인 경우 임플란트의 기계적 고정을 얻기 어려워 단계적 식립을 필요하다고 했다. 비록 아직까지 즉시 임플란트 식립을 위해 필요한 절대적인 최소 골량의 기준은 합의가 되지 않았지만, 치유 기간 동안 임플란트가 움직일 위험이 있는 경우에는 단계적 식립을 시행해야 한다. Toffler<sup>44</sup>는 잔존골 고경이 5 mm 이상인 경우의 임플란트 생존율은 94.7%였고 잔존골 고경이 4 mm 이하인 경우의 생존율은 73.3%로 감소한다고 발표하였다. 이번 연구에서도 잔존골의 고경에 따라 생존율이 유의하게 차이가 났으며 4 mm 미만의 잔존골 고경을 가지는 경우 생존율이 69.8%로 낮게 조사되었는데 이는 초기 고정이 어려워 단계적 식립이 필요함에도 불구하고 식립 시 술자가 초기 고정을 얻었다고 생각하고 동시에 식립을 한 경우라고 생각한다.

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 상악동 거상술 방법에 관한 연구에서 Zitzmann 등<sup>45</sup>은 상악동 거상술의 일반적인 3가지 방법인 simultaneous lateral antrostomy (window opening) 술식, staged lateral antrostomy 술식, 치조정 접근법에 의한 osteotome 술식에 대한 임플란트 생존율을 비교한 결과, simultaneous lateral antrostomy와 staged lateral antrostomy 술식 모두 생존율은 100%였고 osteotome 술식의 경우는 95%였다. 또한, 상악동 거상술 후 증가된 골의 두께를 측정된 결과, 측방 접근법과 동시에 임플란트를 식립한 경우 약 10 mm, 상악동 거상술 후 6개월 경과하여 식립한 경우 약 12 mm, osteotome 사용하여 식립한 경우는 약 3.5 mm의 골이 형성되었다고 보고하였다. 이번 연구에서도 상악동 거상술과 임플란트 식립을 동시에 시행한 경우와 지연 식립한 경우, osteotome을 사용하여 식립한 경우의 임플란트 생존율은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 수술 부위의 식립 조건이 불량하다고 해도 상악동 거상술 후 충분한 치유 기간을 갖는다면 임플란트의 생존율에는 차



이가 없을 것으로 생각된다.

측방 접근법을 통한 상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 골창 폐쇄 방법에 관한 연구에서 Tarnow 등<sup>46</sup>은 상악동 거상술 시 형성된 측벽창에 차단막을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우에서의 임플란트 생존율을 비교하였는데 차단막을 사용한 경우 식립된 임플란트는 모두 생존하였지만, 사용하지 않은 경우는 92.6% 생존율을 나타내었고 Froum 등<sup>47</sup>은 같은 연구에서 차단막을 적용한 경우 임플란트의 생존율은 99.2%, 적용하지 않은 경우의 임플란트 생존율은 96.3%를 나타내었다. 이번 연구에서도 골창을 폐쇄하지 않은 경우의 임플란트 생존율이 85.3%로 처음 형성한 골이나 흡수성 차단막을 사용하여 골창을 폐쇄한 경우의 생존율에 비해 유의하게 낮았다. 이는 처음 형성한 골이나 흡수성 차단막을 적용했을 경우 이식재 표면이 피골질화가 되어, 이식재가 상악동 내에서 흡여지는 것을 방지하고, 이식재가 성숙되는 과정에서 혈관형성을 증가시켜 생존율이 높았을 것이라고 생각된다.

상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 보철물 유형에 관한 연구에서 Bidez 등<sup>48</sup>은 인접한 임플란트끼리 보철물을 연결하면 보철물에 기능 부하가 전해질 때마다 지지해주는 기능적인 표면적이 증가하므로 골과 임플란트 계면에 응력 전달이 감소하게 되지만, 반대로 단일 치아로 수복이 된 경우에는 훨씬 더 많은 스트레스가 전달된다고 하였다. 이번 연구에서 실패한 임플란트 27개 중 8개가 보철물이 완성된 이후 임플란트 파절이 일어났는데 6개가 단일 치아로 수복이 된 경우였고 2개가 주변 임플란트와 같이 상부 보철물을 연결한 경우였다. 단일로 임플란트를 수복한 경우의 생존율이 89.5%로 주변 임플란트와 같이 상부 보철물을 연결한 경우의 생존율에 비해 유의하게 낮았다. 그러므로 임플란트의 기능 부하 시 스트레스의 감소를 위해서 가능하다면 인접 임플란트끼리 연결하는 것이 바람직할 것이라 생각된다.

치주인대 조직의 부재로 인해 자연치아에 비해 부하 적용 시 임플란트의 변위량이 적다는 사실과 고유 감각 수용체가 존재하지 않아 올 수 있는 과부하 가능성을 고려해서 이번 연구에서는 대합치 유형별로 임플란트의 생존율을 조사하였으나 유의할만한 차이는 없었다. 실제 임플란트와 자연치아 사이에 고유 감각 기능의 차이가 크지 않다는 연구 결과가 대부분이며<sup>49</sup>, 대합치의 유형이 임플란트의 생존율 및 변연골 흡수량에 유의할 만한 차이를 주지 않는다는 연구결과가 보고되고 있다<sup>50</sup>.

임플란트 식립에 불리한 여러 요인을 갖는 상악구치부에서 상악동 거상술은 임플란트의 생존율에 좋은 예후를 갖도록 환경을 조성하는 안전하고 잘 정립된 술식이다. 이번 연구에서 요인별, 조건별 차이는 있었으나 상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 5년간 생존율로 보아 상악동 거상술 후 임플란트 식립은 상악구치부의 불량한 상황들을 개선시켜 임플란트 생존율을 높이는 방법으로 적합하였다. 그

리고 당뇨와 골다공증과 같은 전신질환, 임플란트 표면, 이식재의 종류, 잔존골 고경, 골창의 폐쇄 방법, 보철물의 유형이 임플란트 생존율에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이번 연구에서는 포함되지 않았으나 이외에도 흡연, 잔존골의 골질, 이식 후 골형성 기간, 혈소판 농축 혈장(platelet-rich plasma, PRP) 사용 여부 등 다양한 변수들이 상악동 거상술 후 식립된 임플란트의 생존율에 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각한다.

## V. 결 론

이번 연구는 단국대학교 부속치과병원에서 1994년 1월부터 2004년 8월까지 121명의 환자를 대상으로 상악동 거상술 후 식립된 258개 임플란트의 5년 생존율을 성별, 연령, 전신질환, 식립 부위, 임플란트 직경, 길이, 표면 상태, 이식재, 잔존골 고경, 상악동 거상술 방법, 골창 폐쇄 방법, 보철물 및 대합치 유형에 따라 조사하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 전체 임플란트의 5년간 누적 생존율은 90.5%였고, 총 27개의 실패한 임플란트 중 19개가 기능 부하 이전에 제거되었으며, 식립 29개월 이후에는 실패가 없어 누적 생존율이 안정된 수치를 보였다.
2. 성별, 연령, 임플란트 직경, 길이, 식립 위치, 상악동 거상술 방법 및 대합치 유형에 따른 생존율의 차이는 유의하지 않았다.
3. 당뇨와 골다공증이 다른 전신질환에 비해 생존율이 유의하게 낮았다.( $P<0.05$ )
4. 평활 표면 machined 군과 HA로 처리된 군은 다른 표면 처리된 군에 비해 생존율이 유의하게 낮았다.( $P<0.05$ )
5. 동종골 DFDB만 이식한 경우, 동종골 DFDB와 이종골 Bio-oss를 혼합하여 이식한 경우의 생존율은 유의하게 낮았다.( $P<0.05$ )
6. 4 mm 미만의 잔존골 고경을 가지는 경우, 측방 접근법 시 골창을 폐쇄하지 않은 경우의 생존율은 유의하게 낮았다.( $P<0.05$ )
7. 단일로 임플란트를 수복한 경우가 주변 임플란트와 같이 상부 보철물을 연결한 경우에 비해 생존율이 유의하게 낮았다.( $P<0.05$ )

이상의 결론을 통해 성별, 연령, 식립 위치, 직경과 길이, 상악동 거상술 방법 및 대합치 유형은 임플란트 생존율에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 그러나 당뇨나 골다공증 환자는 임플란트 생존율이 낮은 것으로 나타나, 이런 환자들의 골유착을 위해서는 정상인에 비해 좀 더 긴 치유기간이 필요하며, machined 및 hydroxyapatite (HA)로 표면 처리된 임플란트와 동종골 demineralized freeze dried allogenic bone (DFDB)는 낮은 생존율을 보이기 때문에 상악동 거상술 시 임플란트의 표면 상태 및 골이식재의 선택에 신중을 기하

여야 한다. 또한, 잔존골의 고경도 영향을 주므로 4 mm 이하의 잔존골에서는 초기 고정을 얻기 어렵다고 판단되면 단계적 식립을 고려해야 하고, 골창 폐쇄 방법 및 보철물 유형도 생존율에 영향을 주므로, 상악동 거상술 후 임플란트 식립 시 가능하면 골창을 폐쇄하고, 상부 보철물은 주위 임플란트와 연결하는 것이 좋을 것으로 생각한다.

## References

- Noack N, Willer J, Hoffmann J. Long-term results after placement of dental implants: longitudinal study of 1,964 implants over 16 years. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:748-55.
- Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
- Albrektsson T, Dahl E, Enbom L, Engevall S, Engquist B, Eriksson AR, *et al.* Osseointegrated oral implants. A Swedish multicenter study of 8,139 consecutively inserted Nobelpharma implants. *J Periodontol* 1988;59:287-96.
- Adell R, Eriksson B, Lekholm U, Brånemark PI, Jemt T. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of the totally edentulous jaw. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:347-59.
- Chanavaz M. Maxillary sinus: anatomy, physiology, surgery and bone grafting related to implantology—eleven years surgical experience (1979-1990). *J Oral Implantol* 1990;16:199-209.
- Misch CE. Bone character: second vital implant criterion. *Dent Today* 1998;7:39-40.
- Friberg B, Sennerby L, Roos J, Lekholm U. Identification of bone quality in conjunction with insertion of titanium implants. A pilot study in jaw autopsy specimens. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:213-9.
- Boyne PJ, James RA. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg* 1980;38:613-6.
- Tatum H Jr. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clinics of North America* 1986;30:207-29.
- Summers RB. The osteotome technique: part 3—less invasive methods of elevating the sinus floor. *Compendium* 1994;15:698, 700, 702-4 *passim*: quiz 710.
- Kahnberg KE, Ekstubbe A, Gröndahl K, Nilsson P, Hirsch JM. Sinus lifting procedure. I. One-stage surgery with bone transplant and implants. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:479-87.
- 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;24:565-77.
- Wennerberg A, Albrektsson T, Andersson B, Krol J. A histomorphometric and removal torque study of screw-shaped titanium implants with three different surface topographies. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:24-30.
- Buser D, Nydegger T, Oxland T, Cochran DL, Schenk RK, Hirt HP, Snetivy D, Nolte LP. Interface shear strength of titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a biomechanical study in the maxilla of miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1999;45:75-83.
- Cochran DL. A comparison of endosseous dental implant surfaces. *J Periodontol* 1999;70:1523-39.
- Jensen OT, Shulman LB, Block MS, Iacono VJ. Report of the sinus consensus conference of 1996. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13(S):11-45.
- Tidwell JK, Blijdorp PA, Stoelinga PJ, Brouns JB, Hinderks F. Composite grafting of the maxillary sinus for placement of endosteal implants. A preliminary report of 48 patients. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1992;21:204-9.
- 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;11:217-9.
- 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;24:565-77.
- Kent JN, Block MS. Maxillary sinus floor bone grafting and placement of hydroxylapatite-coated implants. *J Oral Maxillofac Surg* 1989;47:238-42.
- Block MS, Kent JN. Sinus augmentation for dental implants: the use of autogenous bone. *J Oral Maxillofac Surg* 1997;55:1281-6.
- van Steenberghe D, Quirynen M, Naert I. Survival and success rates with oral endosseous implants. In: Lang NP, Karring T, Lindhe J, eds. *Proceedings of the 3rd European Workshop on Periodontology: implant dentistry*; 1999 Jan 30-Feb 3; Charter House at Ittingen Thurgau, Switzerland: Berlin Quintessence Publishing Co; 1999:246-54.
- Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11-25.
- Misch CE. *Contemporary Implant Dentistry*. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 1998:91-123.
- Rosenberg ES, Cho SC, Elian N, Jalbout ZN, Froum S, Evian CI. A comparison of characteristics of implant failure and survival in periodontally compromised and periodontally healthy patients: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:873-9.
- Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, *et al.* Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977;16:1-132.
- Zarb GA, Schmitt. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: the Toronto study. Part I: surgical results. *J Prosthet Dent* 1990;63:451-7.
- Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981;52:155-70.
- Wallace SS, Froum SJ. Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. *Ann Periodontol* 2003;8:328-43.
- Goodacre CJ, Kan JY, Rungcharassaeng K. Clinical complications of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 1999;81:537-52.
- Higuchi KW, Folmer T, Kultje C. Implant survival rates in partially edentulous patients: a 3-year prospective multicenter study. *J Oral Maxillofac Implants* 1995;53:264-8.
- Shin SH, Kim JR, Park BS. Bone formation around titanium implants in the tibiae of streptozotocin induced diabetic rats. *J Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2000;22:522-41.
- Moy PK, Medina D, Shetty V, Aghaloo TL. Dental implant failure rates and associated risk factors. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:569-77.
- Hürzeler MB, Kirsch 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;11:466-75.
- Block MS, Kent JN. Maxillary sinus bone grafting. In: Block MS, Kent JN, eds. *Endosseous implants for maxillofacial reconstruction*. Philadelphia, PA: WB Saunders Co.; 1995:478-503.
- Wood RM, Moore DL. Grafting of the maxillary sinus with introrally harvested autogenous bone prior to implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:209-14.
- Misch CE, Dietsch F. Bone-grafting materials in implant dentistry. *Implant Dent* 1993;2:158-67.
- Valentini P, Abensur D. Maxillary sinus floor elevation for implant placement with demineralized freeze-dried bone and bovine

- bone (Bio-Oss): a clinical study of 20 patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997;17:232-41.
39. van den Bergh JP, ten Bruggenkate CM, Krekeler G, Tuinzing DB. Maxillary sinus floor elevation and grafting with human demineralized freeze dried bone. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:487-93.
  40. Hallman M, Cederlund A, Lindskog S, Lundgren S, Sennerby L. A clinical histologic study of bovine hydroxyapatite in combination with autogenous bone and fibrin glue for maxillary sinus floor augmentation. Results after 6 to 8 months of healing. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:135-43.
  41. Hallman M, Sennerby L, Lundgren S. A clinical and histologic evaluation of implant integration in the posterior maxilla after sinus floor augmentation with autogenous bone, bovine hydroxyapatite, or a 20:80 mixture. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:635-43.
  42. Loukota RA, Isaksson SG, Linnér EL, Blomqvist JE. A technique for inserting endosseous implants in the atrophic maxilla in a single stage procedure. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1992;30:46-9.
  43. Ioannidou E, Dean JW. Osteotome sinus floor elevation and simultaneous, non-submerged implant placement: Case report and literature review. *J Periodontol* 2000;71:1613-9.
  44. Toffler M. Minimally invasive sinus floor elevation procedures for simultaneous and staged implant placement. *N Y State Dent J* 2004;70:38-44.
  45. Zitzmann NU, Schäfer P. Sinus elevation procedures in the resorbed posterior maxilla. Comparison of the crestal and lateral approaches. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85:8-17.
  46. Tarnow DP, Wallace SS, Froum SJ, Rohrer MD, Cho SC. Histologic and clinical comparison of bilateral sinus floor elevations with and without barrier membrane placement in 12 patients: part 3 of an ongoing prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:117-25.
  47. Froum SJ, Tarnow DP, Wallace SS, Rohrer MD, Cho SC. Sinus floor elevation using anorganic bovine bone matrix (OsteoGraf/N) with and without autogenous bone: a clinical, histologic, radiographic, and histomorphometric analysis--Part 2 of an ongoing prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:528-43.
  48. Bidez MW, Misch CE. Force transfer in implant dentistry: basic concepts and principles. *J Oral Implantol* 1992;18:264-74.
  49. Enkling N, Nicolay C, Utz KH, Jöhren P, Wahl G, Mericske-Stern R. Tactile sensibility of single-tooth implants and natural teeth. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:231-6.
  50. Chung DM, Oh TJ, Lee J, Misch CE, Wang HL. Factors affecting late implant bone loss: a retrospective analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:117-26.