

# 상악동 점막 거상 술식에서 자가 정맥 혈액의 사용이 상악동 저 증강에 미치는 영향

김하랑 · 모동엽 · 이천의 · 유재하 · 최병호

연세대학교 치과대학 구강악안면외과학교실 (원주기독병원)

**Abstract** (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2009;35:346-352)

## THE USE OF AUTOLOGOUS VENOUS BLOOD FOR MAXILLARY SINUS FLOOR AUGMENTATION IN CONJUNCTION WITH THE SINUS MEMBRANE ELEVATION : AN EXPERIMENTAL STUDY

Ha-Rang Kim, Dong-Yub Mo, Chun-ui Lee, Jae-Ha Yoo, Byung-Ho Choi

*Department of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Yonsei University (Wonju Christian Hospital)*

There have been reports of successful bone formation with sinus floor elevation by simply elevating the maxillary sinus membrane and filling the sinus cavity below the lifted sinus membrane with a blood clot. But, in a review of the current literature, we found no animal study that substantiated blood clot's ability in this respect. The aim of this study was to investigate the effect of the method of maxillary sinus floor augmentation using the patient's own venous blood in conjunction with a sinus membrane elevation procedure.

An implant was placed bilaterally in the maxillary sinus of six adult mongrel dogs so that it protruded 8 mm into the maxillary sinus after sinus membrane elevation. On one side of the maxillary sinus, the resultant space between the membrane and the sinus floor was filled with autologous venous blood retrieved from the dog. On the opposite side, the maxillary sinus was left untreated as a control. The implants were left in place for six months.

The mean height of the newly formed bone in the sinus was 3.7 mm on the side without venous blood and 3.5 mm on the side with venous blood ( $p>0.05$ ). There was no difference between the two sides regarding new bone height in the sinus.

Our results indicate that filling the space between the lifted sinus membrane and the sinus floor with venous blood has no effect on bone formation around implants placed in the maxillary sinus cavity.

**Key words:** Dental implant, maxillary sinus, sinus lift, venous blood

(원고접수일 2009. 9. 9 / 1차수정일 2009. 9. 17 / 2차수정일 2009. 9. 17 / 게재확정일 2009. 9. 29)

### I. 서 론

골 유착성 치과 임플란트 식립술은 상실된 치아를 대체해 구강 내의 기능적, 심미적 문제를 해결하는 치료법이다. 치과 임플란트 술식은 그 성공률이 여러 가지 요인들에 의해 영향을 받지만, 임플란트를 둘러싸고 있는 가용골의 높이와 넓이가 충분한 경우 높은 성공률을 보이고 있다. 왜냐하면 임플란트를 이용하여 제작한 보철물이 저작력의 하중을 견딜 수 있는 충분한 안정성을 얻기 위해서는 충분한 골량이 필요하기 때문이다<sup>1)</sup>. 가용골이 부족한 경우에는 저작력에 견딜 수 있는 충분한 길이의 임플란트를 식립하기

가 어렵고, 식립하여도 강한 저작력을 받을 경우 임플란트 주위 골의 소실이 일어나 실패하기 쉽다<sup>2)</sup>.

상악 구치 부위는 임플란트 식립을 위한 가용골의 높이가 부족한 경우가 흔히 있다. 왜냐하면 상악동의 함기화(pneumatization)로 인하여 상악동저가 하강할 뿐만 아니라 치아상실 후 치조골의 흡수가 나타나 상악동 저와 치조정 사이의 골 높이가 낮아지기 때문이다<sup>3)</sup>. 이러한 경우 상악 구치부에서 충분한 길이의 임플란트를 안정되게 식립할 수 있는 방법들을 여러 연구자들이 찾아왔으며, 이들 방법 중에서 Tatum<sup>4)</sup>과 Bonye 등<sup>5)</sup>은 상악동 점막을 거상하고 상악동 내에 골 이식을 시행하는 기법을 소개하였다. 상악동 골 이식술을 시행할 때 흔히 사용되는 골 이식재료로는 자가골<sup>5,6)</sup>, 동종골<sup>7-9)</sup>, 이종골<sup>10,11)</sup>, 합성골<sup>12,13)</sup> 등이 있다.

최근 발표된 논문에 의하면 상악동 점막을 거상하고 거상된 점막 아래에 공간을 잘 유지하면 공간 내에 신생 골이 형성될 수 있어 상악동 내 골 이식 재료의 사용이 불필요하다는 보고가 있다<sup>14-19)</sup>. Lundgren 등<sup>15)</sup>은 상악동 부위 잔존 치조골 높이가 평균 7mm인 환자 10명에서 19개의 임플란트

#### 김 하 랑

220-701 강원도 원주시 일산동 162

연세대학교 원주의과대학 원주기독병원 치과학교실 구강악안면외과

Ha-Rang Kim

162 Il-San Dong, Wonju City, Kang Won Do, Korea, 220-701, Dept. of Dentistry,

Wonju Christian Hospital, Wonju College of Medicine, Yonsei University

Tel: 82-33-741-1430

E-mail: harang00@hanmail.net

를 식립하면서 상악동 점막만 거상하고 골 이식을 시행하지 않았다. 1년간 관찰한 결과 모든 임플란트가 안정적이었고, 골유착이 일어났으며, 상악동 점막을 거상한 부위에 골이 형성되었다고 보고하였다. Hatano 등<sup>17)</sup>은 6명의 환자에서 14개의 임플란트를 식립하면서 상악동 점막을 거상하고, 상악동 저와 상악동 점막 사이 공간에 정맥에서 채취한 혈액을 주입하고 6개월간 관찰한 결과 상악동 점막을 거상한 부위에 신생 골이 평균 10mm 정도 형성되었다고 보고하였다. 이에 대한 가설은 상악동 점막 아래에 투여한 혈액이 신생 골의 형성을 유도한다는 것이다. 하지만 지금까지 보고 된 문헌에 의하면 이 가설을 증명한 실험 논문이 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 상악동 점막 거상 술식에서 자가 정맥 혈액의 사용이 상악동 내 골 형성에 효과를 나타내는지 동물 실험을 시행하여 증명하고자 하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 실험동물의 준비

본 실험에서는 체중이 15-20kg인 성견 6마리를 암수 구별 없이 선택하여 동일한 조건하에서 사육하였고 건강 상태는 모두 양호하였다. 동물 실험에 대한 사항은 연세대학교 원주 의과 대학 동물 실험 윤리 위원회의 승인 하에 시행되었다. 모든 외과적 술식은 ketamine(Ketalar®, Yuhan, Seoul, Korea) 5mg/kg과 Xylazine hydrochloride(Rumpun®, Bayer, Seoul, Korea) 2mg/Kg을 각각 실험견의 대퇴부에 근육 주사하여 전신마취 하에 시행하였다. 모든 구강 내 술식은 술전에 생리식염수와 포타딘 용액으로 세척한 후 시행하였고, 또한 수술 부위의 출혈 방지와 동통 억제를 위해 1:100,000 Epinephrine을 함유한 2% Lidocaine(대한 염산리도카인®, 대한약품, 서울, 한국)으로 부분 마취 후 시행하였다. 실험 모델 형성을 위하여 성견의 상악 구치부 협측 점막에 5cm의 수평절개를 가한 후 점막 골막 피판을 거상하고 소구치와 대구치를 전부 발거하였고, 상악동 거상술을 용이하게 하기 위하여 상악동 외측벽을 지나는 안와하 신경을 절제한 후 점막 골막 피판을 재위치 시키고 4-0 vicryl를 이용하여 봉합하였다. 술 후 감염예방을 위해 3일간 항생제를 주사하고, 유동식 사료를 공급하면서 3개월간의 치유 기간을 가졌다.

### 2. 자가 정맥 혈액의 채취

실험견의 목 부위를 70% 알코올로 소독한 후 1:100,000 Epinephrine을 함유한 2% Lidocaine(대한 염산리도카인®, 대한약품, 서울, 한국)으로 국소마취를 시행하였다. 바깥목 정맥 위치를 촉진하여 확인한 후 No.15 blade를 이용하여



Fig. 1. Venous blood collected from the dog's jugular vein.

상피를 2cm 정도 박리하고, 바깥목 정맥을 노출시킨 후 10mL 주사기로 약 7mL의 정맥 혈액을 채취하고(Fig. 1), 4-0 black silk로 창상을 봉합하였다.

### 3. 상악동 점막 거상 술식

상악동 측벽에 치조정과 나란하게 수평절개를 가하여 제 1소구치 부위에서 제2대구치 부위까지 피판을 거상하여 상악동 측벽을 노출시킨 후 round bur를 사용하여 상악동 측벽에서 1×1cm 크기의 골을 삭제하여 상악동 점막을 노출시켰다. 노출된 상악동 점막을 천공시키지 않으면서 상악동 점막을 조심스럽게 거상하였다. 상악동 점막 거상 후 치조정 점막에 5mm 크기의 절개를 가하고, 이 입구를 통하여 상악골에 드릴링을 시행하여 상악동 내로 8mm 올라오도록 임플란트(4.0mm×13mm, GS II type, Osstem®, Busan, Korea)를 식립하였다. 임플란트의 협측과 구개측 모두 동일하게 상악동 저에서 8mm 올라오도록 식립하기 위해, 식립 전에 두께 게이지로 상악동 저의 두께를 측정하여 동일한 두께를 가진 상악동 저 부위에서 임플란트를 식립하였으며, 또한 드릴링 시에 구멍의 깊이를 측정하여 이를 확인하였다. 식립된 임플란트들은 모두 초기고정이 이루어졌다.

대조군에서는 상악동 점막을 거상하고 거상된 상악동 점막 아래에 정맥 혈액을 주입하지 않고(Fig. 2), 점막골막 피판을 재 위치시키고 봉합하였다. 마지막으로 임플란트를 식립한 입구의 점막을 봉합하여 임플란트가 점막 하방에 위치되도록 하였다.

실험군에서는 거상된 상악동 점막 하방에 정맥 혈액을 주입하였다. 정맥 혈액 주입 시 트롬빈(이연 트롬빈 동결건조 분말 5000IU®, 이연제약, 서울, 한국)을 동시에 주입하여 정맥 혈액이 바로 혈병 형태로 굳게 하여, 상악동 점막의 높이를 유지하게 하였다(Fig. 3). 혈병이 형성된 것을 확인한 후 동일하게 점막골막 피판을 재 위치시키고 봉합하



Fig. 2. View of the implant immediately after placement in the maxillary sinus.

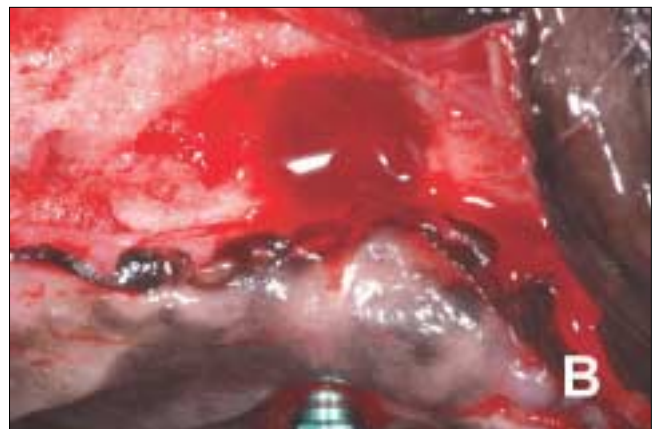


Fig. 3. View of the maxillary sinus showing that the space between the elevated sinus membrane and the sinus floor is filled with venous blood.

고, 임플란트를 식립한 입구도 봉합하여 임플란트를 짐막으로 완전히 덮었다.

대조군과 실험군 쪽의 선택은 무작위로 이루어졌으며, 두 군 모두에서 술 후 감염예방을 위하여 3일간 항생제를 근육 주사하였고, 유동식 사료를 6개월 간 공급하였다.

#### 4. 결과분석

##### (1) 육안적 소견

술 후 6개월째에 조직 시편 채취를 위하여 실험견을 희생하기 전 시술 부위의 치유상태를 관찰하였다.

##### (2) 조직 슬라이드 제작

채취한 시편은 10% 중성 포르말린에 3일간 고정을 하였으며 알코올을 세척을 통해 탈수 시킨 후 glycometacrylateresin(spur Low-viscosity Embedding media, Polyscience, Earrington, PPA, USA)에 포매하였다. 중합시킨 시편을 high-precision diamond disc(Low speed diamond wheel saw 650, SBT, Sanclement, CA, USA)를 사용하여 임플란트 장축방향, 협-구개측으로 200 $\mu$ m 두께로 연마하였고 시편 당

한 개의 슬라이드를 제작하여 toluidine blue 염색을 시행하였다.

##### (3) 조직계측학적 분석

조직 슬라이드의 조직형태학적인 평가를 위하여 Image Analysis System (IBAS<sup>®</sup>, Kontron, Germany)을 사용하여 상악동 내의 임플란트 주변의 골 높이를 측정하였다. 임플란트 시술 시 임플란트를 상악동 내로 8mm 돌출되게 식립한 것을 기준으로 하여 상악골 내에 생성된 신생 골의 높이를 측정하였다. 신생 골의 높이를 협측과 구개측에서 측정하여 골 높이의 평균을 내서 임플란트 주변의 신생 골 높이로 하였다.

#### 5. 통계 분석

실험군과 대조군에서 신생 골의 높이에 대한 평균과 표준편차를 산출하였고, Wilcoxon's-signed rank test를 이용하여 통계적인 유의성을 평가하였다. 유의 수준은 95%로 하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 임상적 소견

모든 실험 동물은 술 후 체중감소 등의 이상 소견 없이 건강하였으며, 수술 부위는 특별한 염증소견이나 창상이개 없이 잘 치유된 모습을 보였다. 실험견 희생 후 관찰한 상악동 내는 실험군과 대조군 모두에서 특별한 염증 소견이 없었고, 임플란트를 상악동 점막이 감싸고 있었다. 상악동 점막은 임플란트 침단 부위에서 창백하고 얇은 형태를 띠고 있었지만, 천공된 부위는 관찰되지 않았다. 전반적으로 상악동 내 점막은 정맥 혈액을 주입한 실험군과 주입하지 않은 대조군이 비슷한 양상을 나타냈다(Fig. 4).

#### 2. 조직학적 소견

현미경 검사에서 상악동 점막 거상 후 정맥 혈액을 사용하지 않은 대조군과 상악동 점막을 거상하고 정맥 혈액을 사용한 실험군에서 임플란트를 덮고 있는 상악동 점막은 비슷한 모습을 보였다. 상악동 점막은 임플란트 침단을 축으로 하여 임플란트 면을 따라 처져 내려온 모습을 보였고,

처져 내려온 상악동 점막 아래에 골 조직의 형성이 관찰되었으며, 형성된 골은 임플란트 면과 접촉을 이루고 있었다. 또한 상악동 점막은 협측보다 구개측에서 더 많이 처져 내려와 있었으며, 이로 인하여 구개측보다 협측에서 생성된 골 높이가 높았다(Fig. 5).

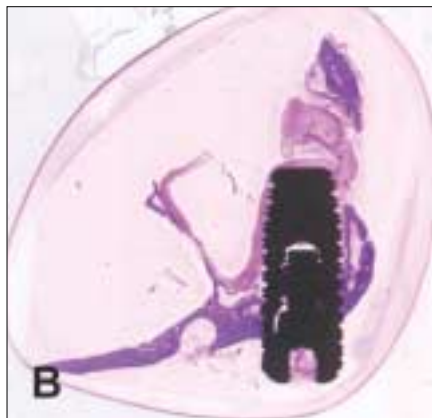
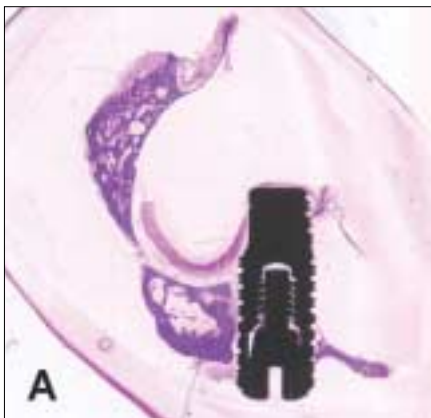
조직 슬라이드 상에서 상악동 내의 임플란트 주변에서 생성된 골의 높이는 상악동 점막을 거상하고 혈액을 사용하지 않은 대조군에서는  $3.7 \pm 0.9$  mm 이었고, 상악동 점막을 거상하고 정맥 혈액을 사용한 실험군에서는  $3.5 \pm 0.7$  mm 이었다(Table 1). 두 집단의 신생 골 높이는 통계학적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ).

**Table 1.** Parameters (mean values and standard deviation) of the height of newly formed bone in the sinuses of the blood-filled groups and the control.

	The blood-filled groups	The control	P-value
Newly formed bone(mm)	$3.5 \pm 0.7$ mm	$3.7 \pm 0.9$ mm	>.05



**Fig. 4.** View of the maxillary sinus showing that the part of the implant that was introduced into the sinus cavity is covered with a very thin and pale sinus membrane. (A) In the blood-filled sinus sides (B) On the control



**Fig. 5.** View of the specimen showing the implant and the maxillary sinus in the blood-filled sinus (A) and on the control (B) sides.

#### IV. 총괄 및 고찰

상악동 저와 치조정 사이의 골의 높이가 낮은 경우에 상악동 저 증강을 위하여 환자 자신의 정맥 혈액을 사용하는 것은 이론적으로 여러 장점을 가진다. 그것은 정맥 혈액을 채취하고 주입하는 방법이 간단하며, 부가적인 이식재가 필요 없고, 혈액 상에 골 생성에 필요한 성장 인자가 존재한다는 것이다<sup>20-23</sup>. 이러한 이론적인 장점들 때문에 Hatano 등<sup>17</sup>은 상악동에서 골 증대가 필요한 6명의 환자들에서 상악동 점막 거상술 후 상악동 내로 돌출된 14개의 임플란트 주위에 환자 자신의 정맥 혈액을 주입한 결과 6개월 후 모든 임플란트 주변에 성공적으로 골이 형성되었다고 발표했다.

그러나 본 연구 결과는 상악동 점막 거상 후 정맥 혈액을 사용한 군과 사용하지 않은 군 사이에 상악동 내에 형성된 신생 골의 높이에 차이가 없다는 것을 보여주었다. 이것은 거상된 상악동 점막과 상악동 저 사이의 공간에 주입된 정맥 혈액이 상악동 내 신생 골 형성에 역할을 하지 못한다는 것을 의미한다. 이러한 결과가 나타나게 된 이유 중 하나는 상악동 내에서 신생 골이 형성되는 속도보다 혈병이 더 빨리 분해 되기 때문으로 생각된다. 정맥 혈액이 신생 골 형성에 역할을 하지 못한 또 다른 이유로는 상악동 내의 공기압을 들 수 있다<sup>24,25</sup>. 호흡 시 발생하는 상악동 내의 공기압은 상악 구치부가 상실된 경우 상악동의 합기화(pneumatization)와 치조골의 심한 흡수를 종종 유발하기도 하며<sup>26</sup>, 상악동에 이식한 이식재도 흡수되게 할 수 있다<sup>27-29</sup>. 본 연구에서도 상악동 점막 거상 후 정맥 혈액을 넣어서 트롬빈으로 굳혔던 혈병이 흡수되어 내려온 것을 관찰할 수 있었다. 이는 혈병이 상악동 내의 공기압을 견디지 못한다고 생각할 수 있다. 그러므로 상악동 점막 거상 후에 정맥 혈액을 주입할 때, 상악동 내의 공기압을 견디내기 위해서는 거상된 상악동 점막의 위치를 유지시켜 줄 수 있는 기술 방법이나 부가적인 이식재가 필요하다고 사료된다.

상악동 점막 거상 술식에서 정맥 혈액을 사용하고 약 10mm의 신생 골이 얻어졌다는 Hatano 등<sup>17</sup>의 연구 결과와 본 연구 결과가 다른 이유는 새로 생성된 골의 높이를 평가하는 방법의 차이에서 기인한 것으로 생각된다. Hatano 교수의 논문에서는 생성된 신생 골의 높이를 평가하는 방법으로 치과용 구내 치근단 방사선 사진을 이용하였다. 구내 치근단 방사선 사진은 촬영 각도와 골의 굴곡, 신생 골의 위치에 따라 상의 변형이 나타나고, 상악동에 새로 생성된 골의 높이를 정확하게 평가하는 것이 어렵다. 이것이 본 실험 결과와 Hatano 교수의 실험 결과가 차이가 나는 이유일 것으로 사료된다.

상악동 점막 거상 술식에서 정맥 혈액을 사용하지 않은 집단에서도 상악동 저 임플란트 주변에 평균 3.7mm의 신생 골 생성이 관찰 되었는데, 이는 상악동 내로 식립된 임플란트가 거상된 상악동 점막 아래에 어느 정도의 공간 유

지 역할을 하며, 그 공간 내에 외과적 시술로 인하여 발생하는 출혈에 의해 상악동 저와 상악동 점막 사이에 혈액이 차게 되는 것으로 추측된다. 이 혈액 내로 골모세포의 이동과 분화, 혈관 생성과 골 생성이 유도되어 신생 골이 형성되는 것으로 추측된다<sup>30</sup>. 지금까지의 문헌을 살펴보면 상악동 점막 거상과 동시에 임플란트 식립 후 추가적인 골 이식 없이 상악동 내에 얻어질 수 있는 신생 골의 높이는 3-4mm이며<sup>31</sup>, 이는 이번 연구의 결과와도 비슷하다. 따라서 3-4mm의 상악동 저 증강이 필요한 경우에는 상악동 점막 거상술과 동시에 임플란트 식립 술식 만으로도 원하는 높이의 신생 골 형성을 얻을 수 있을 것이고<sup>40-44</sup>, 그 이상의 상악동 저 증강이 필요한 경우에는 추가적인 골 이식술이 필요할 것으로 사료된다.

이전의 상악동 연구에서 성견이 많이 사용되어 왔는데, 이는 성견의 호흡기 상피조직이 사람의 것과 유사하기 때문으로 생각된다<sup>32-34</sup>. 동물 실험 연구는 동일 성견에서 대조군과 실험군의 실험을 동시에 시행할 수 있고, 조직 표본을 채취해서 골 높이를 정확히 측정할 수 있어 임상 실험 연구보다 더 객관적인 연구 결과를 제공할 수 있다. 이번 연구 결과에서도 볼 수 있듯이, Hatano 등<sup>17</sup>의 임상 연구에서는 표본을 채득하여 신생 골의 길이를 정확히 측정할 수 없었기 때문에 측정 상의 오류로 인하여 잘못된 결론이 도출될 수 있었으리라 생각되며, 본 연구에서는 조직 표본 상에서 신생 골의 높이를 직접 측정할 수 있었기 때문에 결과에 있어서 신뢰성이 더 높다고 사료된다.

#### V. 결 론

6마리 성견의 양측 상악동 부위에 상악동 점막 거상 후 한 쪽 상악동에는 상악동 저와 거상된 상악동 점막 사이에 정맥 혈액을 주입하고, 반대 쪽 상악동에는 정맥 혈액을 주입하지 않고 6개월 후 조직 검사한 결과 양 쪽의 상악동 내에 형성된 신생 골의 높이에 차이가 없었고, 정맥 혈액을 사용하지 않은 상악동에서도 상악동 저 임플란트 주변에 평균 3.7mm의 신생 골 생성이 관찰 되었다. 이러한 연구 결과에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 상악동 거상술 후 주입하는 정맥 혈액은 골 형성에 필요한 상악동 내 공간 유지 능력이 부족하다.
2. 상악동 거상술 후 임플란트만 식립하여도 상악동 내 공간 유지가 되어 3-4mm의 신생 골이 형성된다.

#### 참고문헌

1. Lundgren S, Andersson S, Gualini F, Sennerby L. Bone reformation with sinus membrane elevation: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation. Clin Implant Dent Relat Res 2004;6:165-73.
2. 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.
3. Jemt T, Lekholm U. Implant treatment in edentulous maxillae: a 5-year follow-up report on patients with different degrees of jaw resorption. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:303-11.
  4. Tatum H Jr. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am* 1986;30:207-29.
  5. Boyne PJ, James RA. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg* 1980;38:613-6.
  6. Huh JY, Choi BH, Zhu SJ, Jung JH, Kim BY, Lee SH. The effect of platelet-enriched fibrin glue on bone regeneration in autogenous bone grafts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:426-31.
  7. Fonseca RJ, Nelson JF, Clark PJ, Frost DE, Olson RA. Revascularization and healing of onlay particulate allogeneic bone grafts in primates. *J Oral Maxillofac Surg* 1983;41:153-62.
  8. Simion M, Jovanovic SA, Trisi P, Scarano A, Piattelli A. Vertical ridge augmentation around dental implants using a membrane technique and autogenous bone or allografts in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:8-23.
  9. Cammack GV 2nd, Nevins M, Clem DS 3rd, Hatch JP, Mellonig JT. Histologic evaluation of mineralized and demineralized freeze-dried bone allograft for ridge and sinus augmentations. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:231-7.
  10. Froum SJ, Wallace SS, Tarnow DP, Cho SC. Effect of platelet-rich plasma on bone growth and osseointegration in human maxillary sinus grafts: three bilateral case reports. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:45-53.
  11. Piattelli M, Favero GA, Scarano A, Orsini G, Piattelli A. Bone reactions to anorganic bovine bone (Bio-Oss) used in sinus augmentation procedures: a histologic long-term report of 20 cases in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:835-40.
  12. Wiltfang J, Schlegel KA, Schultze-Mosgau S, Nkenke E, Zimmermann R, Kessler P. Sinus floor augmentation with beta-tricalciumphosphate (beta-TCP): does platelet-rich plasma promote its osseous integration and degradation? *Clin Oral Implants Res* 2003;14:213-8.
  13. Sartoris DJ, Holmes RE, Buchholz RW, Mooney V, Resnick D. Coralline hydroxyapatite bone-graft substitutes in a canine diaphyseal defect model. Radiographic-histometric correlation. *Invest Radiol* 1987;22:590-6.
  14. Winter AA, Pollack AS, Odlich RB. Sinus/alveolar crest tenting (SACT): a new technique for implant placement in atrophic maxillary ridges without bone grafts or membranes. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:557-65.
  15. Lundgren S, Andersson S, Gualini F, Sennerby L. Bone reformation with sinus membrane elevation: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:165-73.
  16. Leblebicioglu B, Ersanli S, Karabuda C, Tosun T, Gokdeniz H. Radiographic evaluation of dental implants placed using an osteotome technique. *J Periodontol* 2005;76:385-90.
  17. Hatano N, Sennerby L, Lundgren S. Maxillary sinus augmentation using sinus membrane elevation and peripheral venous blood for implant-supported rehabilitation of the atrophic posterior maxilla: case series. *Clin Implant Dent Relat Res* 2007;9:150-5.
  18. Lundgren S, Andersson S, Gualini F, Sennerby L. Bone reformation with sinus membrane elevation: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:165-173.
  19. Palma VC, Magro-Filho O, Oliveira JA, Lundgren S, Salata LA, Sennerby L. Bone reformation and implant integration following maxillary sinus membrane elevation: an experimental study in primates. *Clin Implant Dent Relat Res* 2006;8:11-24.
  20. Sanchez AR, Sheridan PJ, Kupp LI. Is platelet-rich plasma the perfect enhancement factor? A current review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:93-103.
  21. Ganio C, Tenewitz FE, Wilson RC, Maules BG. The treatment of chronic nonhealing wounds using autologous platelet-derived growth factors. *J Foot Ankle Surg* 1993;32:263-8.
  22. Okuda K, Kawase T, Momose M, Murata M, Saito Y, Suzuki H, et al. Platelet-rich plasma contains high levels of platelet-derived growth factor and transforming growth factor- $\beta$  and modulates the proliferation of periodontally related cells in vitro. *J Periodontol* 2003;74:849-57.
  23. Thorn JJ, Sorensen H, Weis-Fogh U, Andersen M. Autologous fibrin glue with growth factors in reconstructive maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2004;33:95-100.
  24. Wetzel AC, Stich H, Caffesse RG. Bone apposition onto oral implants in the sinus area filled with different grafting materials. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:155-63.
  25. Scharf KE, Lawson W, Shapiro JM, Gannon PH. Pressure measurements in the normal and occluded rabbit maxillary sinus. *Laryngoscope* 1995;105:570-4.
  26. Chanavaz M. Maxillary sinus: anatomy, physiology, surgery, and bone grafting related to implantology--eleven years of surgical experience(1979-1990). *J Oral Implantol*. 1990;16:199-209.
  27. Hürzeler MB, Kirsch A, Ackermann KL, Quiñones 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.
  28. Coombs CJ, Mutimer KL, Holmes AD, Levant BA, Courtemanche DJ, Clement JG. Osseointegration in sinus-forming bone. *Plast Reconstr Surg*. 1995;95:866-75.
  29. Johansson B, Grepe A, Wannfors K, Hirsch JM. A clinical study of changes in the volume of bone grafts in the atrophic maxilla. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:157-61.
  30. Palma V, Magro-Filho O, Americo de Olivera J, Lundgren S, Salata L, Sennerby L. Bone reformation and implant integration following maxillary sinus membrane elevation: an experimental study in primates. *Clin Implant Dent Relat Res* 2006;8:11.
  31. Sul SH, Choi BH, Li J, Jeong SM, Xuan F. Effects of sinus membrane elevation on bone formation around implants placed in the maxillary sinus cavity: an experimental study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:684-7.
  32. Knowlton CD, McGregor GW. How and when the mucous membrane of the maxillary sinus regenerates: an experimental study in the dog. *Arch Otolaryngol* 1928;8:647-56.
  33. Hilding A. Experimental surgery of the nose and sinuses. II. Gross results following the removal of the intersinus septum and of strips of mucosa membrane from the frontal sinus of the dog. *Arch Otolaryngol* 1933;17:321-7.
  34. Hilding A. Experimental surgery of the nose and sinuses. III. Results following partial and complete removal of the lining mucosa membrane from the frontal sinus of the dog. *Arch Otolaryngol* 1933;17:760-8.
  35. Kahnberg KE, Ekestubbe A, Grondahl K, Nilsson P, Hirsch JM. Sinus lifting procedure. I. One-stage surgery with bone transplant and implants. *Clin Oral Impl Res* 2001;12:479-87.
  36. Summers RB. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compend Contin Educ Dent* 1994;15:152-62.
  37. Zitzmann NU, Schärer P. Sinus elevation procedures in the resorbed posterior maxilla. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85:8-17.
  38. Wetzel AC, Stich H, Caffesse RG. Bone apposition onto oral implants in the sinus area filled with different grafting materials. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:155-63.
  39. Hatano N, Shimizu Y, Ooya K. A clinical long-term radiographic evaluation of graft height changes after maxillary sinus floor augmentation with a 2:1 autogenous bone/xenograft mixture and simultaneous placement of dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:339-45.
  40. Hallman M, Sennerby L, Zetterqvist L, Lundgren S. A 3-year prospective follow-up study of implant-supported fixed prostheses in patients subjected to maxillary sinus floor augmentation with a 80:20 mixture of deproteinized bovine bone and autoge-

- nous bone: clinical, radiographic and resonance frequency analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34:273-80.
41. Gruber R, Kandler B, Fürst G, Fischer MB, Watzek G. Porcine sinus mucosa holds cells that respond to bone morphogenetic protein BMP-6 and BMP-7 with increased osteogenic differentiation in vitro. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:575-80.
  42. Ferrigno N, Laureti M, Fanali S. Dental implants placement in conjunction with osteotome sinus floor elevation: a 12-year life-table analysis from a prospective study on 588 ITI implants. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:194-205.
  43. Nedir R, Bischof M, Vazquez L, Szmukler-Moncler S, Bernard JP. Osteotome sinus floor elevation without grafting material: a 1-year prospective pilot study with ITI implants. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:679-86.
  44. Misch CM. Comparison of intraoral donor sites for onlay grafting prior to implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:767-76.