



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



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

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

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

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

[Disclaimer](#)

2021년 2월  
석사학위논문

임플란트 주위 골외 결손부의  
골유도재생술에서 3차원적으로  
미리 제작된 티타늄 막의  
효과에 대한 분석

조선대학교 대학원

치의학과

최인오

임플란트 주위 골외 결손부의  
골유도재생술에서 3차원적으로  
미리 제작된 티타늄 막의  
효과에 대한 분석

Analysis of the effect of three-dimensional,  
preformed titanium membrane in guided bone  
regeneration on peri-implant extrabony defect

2021년 2월 25일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

최 인 오

임플란트 주위 골외 결손부의  
골유도재생술에서 3차원적으로  
미리 제작된 티타늄 막의  
효과에 대한 분석

지도교수 이 원 표

이 논문을 치의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2020년 10월

조 선 대 학 교 대 학 원

치 의 학 과

최 인 오

# 최인오의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 김 병 옥 (인)

위 원 조선대학교 교수 오 지 수 (인)

위 원 조선대학교 교수 이 원 표 (인)

2020년 11월

조선대학교 대학원

# 목 차

## ABSTRACT

I. 서 론 .....	1
II. 연구 대상 및 방법 .....	3
1. 환자 선택 .....	3
2. 수술 방법 .....	4
3. 결과 분석 .....	7
1) 임상적 평가 .....	7
2) 방사선학적 평가 .....	7
4. 통계학적 분석 .....	8
III. 연구 결과 .....	9
1. 임플란트 안정성 지수 .....	9
2. 막의 노출 .....	9
3. 골흡수량 및 골형성률 .....	11
IV. 총괄 및 고찰 .....	14
참고문헌 .....	18

## 도 목 차

Figure 1. Surgical procedure of guided bone regeneration using three dimensional titanium membrane .....	6
Figure 2. Measurement of the amount of augmented bone and newly formed bone .....	8
Figure 3. Comparison of bone formation rates in each group .....	13

## 표 목 차

Table 1. Characteristics of subjects .....	4
Table 2. Result of the clinical assessment of each groups .....	10
Table 3. Result of the radiographic assessment of each groups about BA, NFB, and BR .....	12



# ABSTRACT

Analysis of the effect of three-dimensional, preformed titanium membrane in guided bone regeneration on peri-implant extrabony defect

Choi In-Oh

Advisor: Prof. Lee Won-Pyo, D.D.S., M.S.D.

Department of Dentistry

Graduate School of Chosun University

## I. Introduction

Many studies have shown predictable results for guided bone regeneration(GBR) in intrabony defects. However, the GBR performed on extrabony defects still lacks predictability. The use of three-dimensional, preformed titanium membranes(3D preformed Ti membrane, 3D-PFTM) can achieve GBR by ensuring graft stability and space maintenance so as to ensure optimal neovascularization. This study aimed to clinically and radiographically evaluate the results of GBR using 3D-PFTM on extrabony defects. Also, we tried to find out the effect of the absorbable collagen membrane used with 3D-PFTM.

## II. Subjects and Methods

This study was conducted on 100 patients (129 implants) with extrabony defects which existed around dental implants after implantation. 100 patients were divided into 3 groups; group using only 3D-PFTM (Group 1), group using additional cross-linked collagen membranes (Group 2), and group using additional non-cross-linked collagen membranes (Group 3). Patients were evaluated clinically and radiographically by using cone beam computed tomography(CBCT) at baseline, Implant 1<sup>st</sup> surgery, after 6 months each. At first, the exposure of 3D-PFTM is

evaluated between first surgery and second surgery in each group. Secondly, Horizontal bone gain and bone formation rate were evaluated at implant's platform level on 129 implants by the radiographic analysis.

### III. Results

Membrane exposure occurred in 7 (5.4%) of the total of 129 implants. The mean number and rate of membrane exposure were 2 (11.8%) in group 1, 3 (4.2%) in group 2, 2 (5.0%) in group 3. The mean horizontal bone gain in each group was  $3.2 \pm 1.7$  mm(group 1),  $3.1 \pm 1.2$  mm(group 2) and  $3.0 \pm 1.2$  mm(group 3) at 6 months postoperatively. And the mean bone formation rate of each groups was  $71.0 \pm 23.0\%$ (group 1),  $84.2 \pm 21.5\%$ (group 2),  $84.0 \pm 22.9\%$ (group 3). There is a statistically significant difference between Group 1 and Group 2, as are Groups 1 and 3 ( $P < 0.05$ ). There was no statistically significant difference between groups 2 and 3 ( $P > 0.05$ ).

### IV. Conclusion

3D-PFTM should be considered as a valuable option for GBR on extrabony defects. And regardless of cross-linking, the use of an additional absorbable collagen membrane would provides additional advantages.

## I. 서 론

충분한 골량은 임플란트의 장기적 예후에 있어 중요한 요인이다(1). 하지만, 임상적으로 수평/수직적으로 골량이 충분하지 않은 경우가 많다. 이렇게 위축된 치조골 증대를 위한 방법으로 자가 온레이 블록골 이식, 치조제분할술, 상악동거상술, 골유도재생술 등의 여러 가지 술식이 소개되었다(2-5). 각 술식들의 술 후 임플란트 생존률에 대한 연구에서, 자가 온레이 블록골 이식술의 생존률은 85.2%, 상악동거상술 91.5%, 골유도재생술 96.1%-100%로 보고되었으며, 이러한 높은 성공률과 수술편의성으로 인해 골유도재생술은 가장 흔히 사용되는 술식이 되었다(6).

수많은 골유도재생술 방법들 중, 입자골과 흡수성 콜라겐 차폐막을 이용한 골유도재생술 술식이 현재 골재생을 위해 가장 많이 사용되는 방법이다(7). 흡수성 차폐막은 이차 수술이 불필요하며, 조직손상 위험성이 적고, 비용 편익, 사용편의성 등의 많은 장점들을 갖는다. 하지만, 예측 불가능한 차폐막 흡수속도, 그리고 공간유지능의 부재라는 치명적인 단점들이 존재한다(8, 9). 따라서, 폐쇄형 결손부(Closed defect)나 골내 결손부(Intrabony defect)에서는 예지성 있는 결과를 얻을 수 있으나, 골외 결손부(Extrabony defect)에서는 그렇지 못하다는 한계를 갖는다(10). 특히 인접골들의 envelope 안에 존재하지 않는 골외 결손부에서는 흡수성차폐막을 이용한 골유도재생술의 예지성이 더욱 감소하게 된다(11).

이러한 흡수성 차폐막의 한계를 대체하기 위해 다양한 재료들이 사용되고 있다. 대표적으로 티타늄으로 강화된 비흡수성 차폐막(Ti-reinforced d-PTFE) 또는 티타늄 막(Titanium membrane)을 사용하는 방법이 있다(12). 이 방법들 역시 골외 결손부에 대한 골유도재생술 시 양호한 결과를 얻어냈지만 막 제거를 위한 부가적인 수술의 필요성 및 막 노출률 등으로 인해 술자 민감도가 높다고 할 수 있다. 이러한 전통적인 Ti-membrane의 단점을 보완한 재료로, 3차원적으로 미리 제작된 티타늄막(3-dimensional preformed Ti-membrane, 3D-PFTM)이 소개되었다. Lee 등은 3D-PFTM이 예지성 있는 치조제 증대가 가능하며, 자르거나 구부릴 필요가 없어 사용편의성이 높고, 수술시간이 감소되며, 날카로운 변연부를 피할 수 있어 막의 노출률도 감소된다고 보고하였다. 또한 임플란트 식립과 동시에 임플란트 주위에 존재하는 골결손부에 대한 골유도재생술을 시행할 수 있어 이차 수술 시 골이식 부위에 최소한의 침습을 일으키는 것도 큰 장점이라고 보고하였다(13).

이번 연구에서는 100명의 환자에서 임플란트 식립과 동시에 3D-PFTM을 이용하여 플란트 주위 골외 결손부에 129 부위 증례의 골유도재생술을 시행하고, 임상적, 방사선학적 평가를 통해 그 효과에 대해 알아보고자 하였다. 또한 3D-PFTM과 2 종의 흡수성 콜라겐 차폐막을 함께 사용하였을 때의 각각의 결과 비교를 하고자 하였다.

## II. 연구 대상 및 방법

### 1. 환자 선택

조선대학교 치과병원 치주과에서 2016년 9월부터 2018년 4월까지의 기간 동안 내원한 환자들 중 임플란트의 식립과 동시에 임플란트 순/협측으로 발생한 골외 결손부에 대해 3D-PFTM(Oss-builder<sup>®</sup>; Osstem, Busan, Korea)과 입자 동결건조 동종골(Do bone, Renew medical Co., Bucheon, Korea)을 이용하여 골유도재생술을 시행한 환자들을 대상으로 평가하였다.

다음과 같은 기준으로 대상 환자를 선정하였다.

- i) 임플란트 수술과 관련된 금기되는 전신 질환이 없는 환자
- ii) 임플란트 식립 후 플랫폼 수준의 협측 부위에 수평적 골외 결손부가 존재하는 환자

반면, 다음과 같은 기준에 해당된 환자는 제외하였다.

- i) 골대사 관련 질환 및 조절되지 않는 당뇨, 심혈관 질환, 면역력 감퇴 등 의학적인 문제가 있는 환자
- ii) 수직적으로 골외 결손부가 존재하는 환자

100명의 환자(남자 39명, 여자 61명)가 선정되었으며, 이들의 나이는 최소 20세, 최대 82세(평균 57.1 ± 15.5 세)였다. 수술 부위별로 분류해보면, 상악 56 케이스(전치부 22개, 구치부 34개), 하악 73 케이스(전치부 5개, 구치부 68개)로 나타났다.

위의 기준에 따라 선정된 각각의 환자들을 3개의 군으로 나누어 평가하였다. 1군은 골유도재생술시 3D-PFTM만 사용한 군이며, 2군은 추가적으로 Ti membrane 상방에 가교화된 콜라겐 막(Ossix-plus<sup>®</sup>, OraPharma, USA)을 사용한 그룹, 3군은 비가교화된 콜라겐 막(Jason membrane<sup>®</sup>, botiss biomaterials GmbH, Zossen, Germany)을 추가로 사용한 그룹으로 나누었다.

이 연구는 조선대학교 치과병원 기관생명윤리위원회의 승인(CUDHIRB-1806-005)을 받아 진행하였다.

Table 1. Characteristics of subjects

	Only 3D-PFTM (Group 1)	3D-PFTM + CCM (Group 2)	3D-PFTM + NCCM (Group 3)	Total
N of subjects (N <sub>s</sub> )	15	56	29	100
N of sites (N <sub>i</sub> )	17	72	40	129
Mx (Ant./Post.)	7 (1/6)	29 (11/18)	20 (10/10)	56 (22/34)
Mn (Ant./Post.)	10 (1/9)	43 (2/41)	20 (2/18)	73 (5/68)
Mean age (range)	64.5 ± 16.9 (33-82)	56.5 ± 14.0 (21-81)	54.4 ± 17.2 (20-80)	57.1 ± 15.5 (20-82)
Gender				
Men, N <sub>s</sub> (N <sub>i</sub> )	7 (8)	19 (21)	13 (17)	39 (46)
Women, N <sub>s</sub> (N <sub>i</sub> )	8 (9)	37 (51)	16 (23)	61 (83)

N<sub>s</sub>, number of subjects; N<sub>i</sub>, number of sites(implants); 3D-PFTM, 3-dimensional preformed titanium membrane; CCM, cross-linked collagen membrane; NCCM, non-cross-linked collagen membrane; Mx, Maxilla; Mn, Mandible; Ant., Anterior; Post., Posterior.

## 2. 수술 방법

대략적인 수술과정에 대해 기술하고자 한다. 모든 수술과정은 한 명의 숙련된 치주과 전문의(WPL)에 의해 시행되었다. 수술 전 0.12% 클로로헥시딘 용액(Hexamidine solution, Bukwang Pharm. Co., Seoul, Korea)을 이용하여 1분 동안 가글을 시행하였다. 수술 부위를 epinephrine 이 포함된 (1 : 100,000) 2% lidocaine (Yuhan, Seoul, South Korea)을 이용하여 국소 마취 하에 #15 수술도로 치조정 절개 및 수직 절개 후, 전충관막을 거상하여 골노출시켰다(Fig. 1-A). 골상방의 연조직 소파 후 골이식을 위해 #330 carbide bur(BURSTAR-FG, Hudens, Gwangju, Korea)를 이용하여, 피질골 천공술을 시행하였다. 100명의 환자에서 129개의 2종의 임플란트(TS III SA<sup>®</sup>, Osstem, Seoul, Korea)(Superline<sup>®</sup>, Dentium, Seoul, Korea)가 표준 방법으로

식립되었다(Fig. 1-B). 모든 케이스들에서 협측으로 임플란트 나사선이 부분적으로 노출되었으며, 골외 결손부에 대해 골유도재생술을 시행하였다. 골외 결손부에 대해 동종골(Do bone, Renew medical Co., Bucheon, Korea)과 Platelet-Rich Fibrin(PRF)액을 혼합하여 이식하였다. 이후 임플란트 고정체에 1 mm 높이의 anchor screw를 체결한 다음 3D-PFTM을 적용하였고, 0.3 mm 높이의 cover screw를 이용하여 막을 고정하였다(Fig. 1-C). 15명의 환자에서는 3D-PFTM를 단독 사용 하였으며, 85명의 환자에서는 Ti membrane 상방에 흡수성 콜라겐 막을 추가로 적용하였다. 85명 중 가교화 흡수성 콜라겐 막(Ossix-plus<sup>®</sup>, OraPharma, USA)은 56명의 환자에서 사용되었으며, 29명은 비가교화 흡수성 콜라겐 막(Jason membrane<sup>®</sup>, botiss biomaterials GmbH, Zossen, Germany)이 적용됐다(Fig. 1-D). 이후 골막 이완절개를 가하여 장력을 감소시킨 뒤 비흡수성 단일사(Rexlon 5-0, Metavision Co., Seoul, Korea)를 이용하여 일차 봉합 시켰다(Fig. 1-E).

수술 후 Cone-beam CT (CBCT; CB MercuRayTM; Hitachi, Tokyo, Japan) 촬영을 시행하였다. 항생제(Augmentin<sup>®</sup> 625 mg; Il-Sung Drug Company, Seoul, South Korea)를 1일 3회 복용하도록 하였으며, 진통제(Aceclofenac 100 mg, White Life Science, Seoul, Korea)를 1일 2회씩 7일간 처방하였다. 또한 하루에 2번씩 0.12% 클로로헥시딘으로 2주 동안 구강 세척을 지도하였다. 술 후 1주 시점에 수술부위 드레싱 및 술 후 2주 시점에 완전 발사를 진행하였다.

약 6개월의 치유 기간 후, 3D-PFTM의 제거 및 치유 지대주 체결 위해 2차 수술이 시행되었다. 막 제거를 위한 최소한의 절개 후 전층판막 거상하고, 3D-PFTM을 고정하는 덮개 나사와 anchor screw를 막과 함께 제거하였다. 적절한 직경과 높이의 치유 지대주를 체결하고 봉합 시행하였다(Fig. 1-F).

2차 수술 직전 이식한 골의 변화를 평가하기 위하여 CBCT 촬영 시행하였으며, 항생제 (Augmentin<sup>®</sup> 625mg; Il-Sung Drug Company, Seoul, South Korea)와 진통제 (Aceclofenac 100mg, White Life Science, Seoul, Korea)를 같은 용법으로 5 일간 경구 복용시켰다.

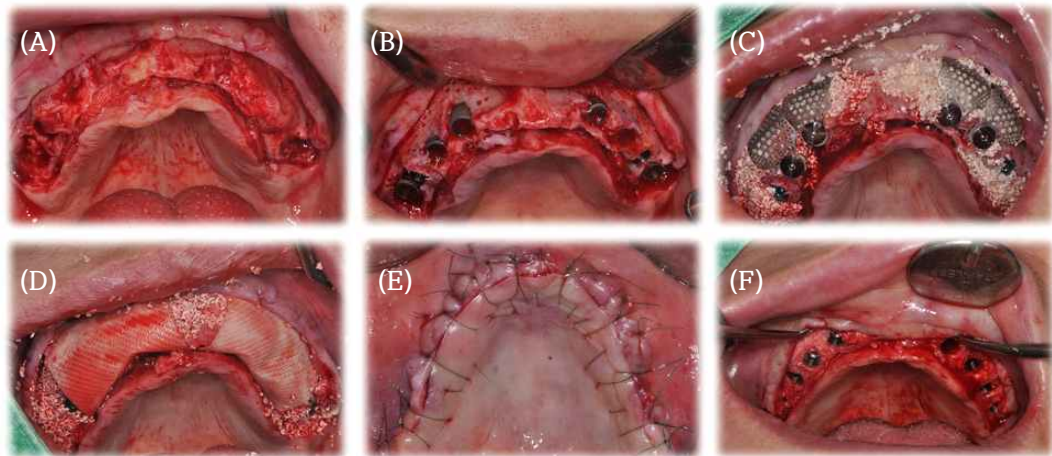


Figure 1. Surgical procedure

A) Full thickness flap elevation and inflammation tissue curettage B) Implantation on residual bone. After implantation, the extrabony defects were observed on labial/buccal side. C) Bone grafting(Freeze Dried Bone Allograft) on extrabony defects & 3D-PFTM application D) Absorbable collagen membrane application (Cross-linked collagen membrane was used in Group 2, Non-cross-linked collagen membrane was used in Group 3) E) Suturing using non-absorbable monofilament suture F) Secondary surgery; Augmented bone beneath the 3D-PFTM after 6 months.



### 3. 결과 분석

#### 1) 임상적 평가

골유도재생술 1주, 2주, 1개월, 3개월, 6개월 후에 감염 및 부종 등의 합병증 유무 및 3D-PFTM의 노출여부를 평가하였다. 대략 6개월 후 시점에 모든 임플란트에 대하여 측정된 implant stability quotient (ISQ)(Osstell AB, Sampgatan, Goteborg, Sweden) 값을 통해 임플란트의 안정성 여부를 판단하였다. 모든 임플란트들은 6개월 후 막 제거 및 치유지대주 체결 진행 하였으며, 보철 수복 진행하였다. 최종 보철 수복 후 최소 6 개월 이상의 후속 관찰 시행되었다.

#### 2) 방사선학적 평가

방사선학적 평가를 위해 모든 임플란트에 대하여 술전과 임플란트 식립 직후, 식립 후 6개월 시점에 같은 촬영 조건(FOV diameter, 10 cm; FOV height, 5.6 cm; acceleration voltage, 90 KV; beam current, 8.0 mA; and voxel size, 0.2 mm)으로 CBCT를 촬영하였다. 한명의 측정자(IOC)에 의해 3D-PFTM의 골외 결손부에서의 골획득량을 비교하기 위하여 각각의 CT 영상들은 계측 프로그램 (Ondemand 3-D™; Cybermed, Seoul, South Korea) 상에서 임플란트 중심을 지나도록 cross-sectional imaging 하였다. 해당 영상에서 임플란트 장축과 수직인 선을 플랫폼 수준에서 협측으로 연장하여 연장선상에서의 최외측골 부분까지의 거리를 측정하였다(Fig. 2). 한명의 측정자에 의한 오차를 줄이기 위해 모든 측정은 3번 시행하여 그것들의 평균값을 기록하였다. 또한 임플란트의 길이를 함께 측정하여 실제 임플란트 길이와의 비례식을 이용하여 영상의 배율에 따른 측정 수치들의 오차를 다시 한 번 조정하였다. 이식골의 흡수량(BR, bone resorption)은 임플란트 식립 직후 측정한 골증대량(BA, bone augmentation immediately post-surgery)에서 6개월 후 신생골량(NFB, newly formed bone)을 뺀 값으로 정의하였으며, 골형성률은 이식한 골량(BA) 대비 신생골량(NFB)의 백분율로 정의하였다.

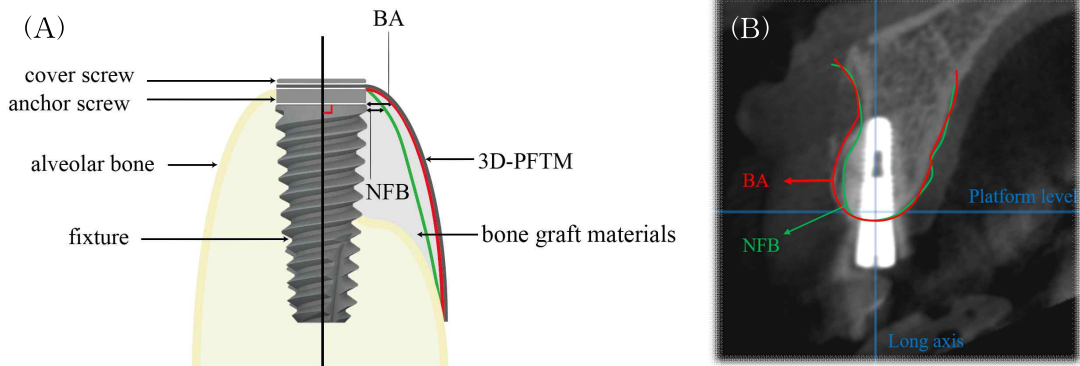


Figure 2. Measurement of the amount of augmented bone and newly formed bone.

(A) A line parallel to the long major axis of the implant is drawn, and thereto a perpendicular line extends buccally at the level of the implant platform. The distance from the implant surface to the outermost side of the bone was measured. (B) CT taking and analysis were performed immediately after implant placement and after 6 months of healing. 3D-PFTM, 3 dimensional preformed titanium membrane; BA, bone augmentation immediately post-surgery; NFB, newly formed bone after 6 months of healing.

#### 4. 통계학적 분석

각각의 정량적 변수들은 평균값과 표준편차로 표현했다. 표본이 40 미만인 Group 1 은 Kolmogorov-Smirnova 값을 이용하여 정규성 검정 시행하였으며, Group 2, 3 은 Shapiro-Wilk 검정을 이용해 정규성 검정 시행하였다. 각 그룹 간의 골형성률에 있어 유의적 차이가 있는지 확인하기 위하여 비모수적 검정방법인 Kruskal Wallis 검정 시행하였으며, Mann Whitney 검정으로 각 군 간의 유의성 여부를 사후 검정하였다. 유의수준은  $P < 0.05$ 로 설정하였다. 통계학적 분석은 SPSS Version 22.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, USA)를 이용하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 임플란트 안정성 지수

임상적 평가 결과는 Table 2 에 정리하였다.

1군(Only 3D-PFTM)은 총 15명(남자 7명, 여자 8명)으로 평균연령 64.5(33-82)세였다. 17개 부위에 임플란트 식립이 진행되었으며, 상악에 7개, 하악에 10개의 임플란트 식립되었다. 식립 6개월 후 측정된 평균 ISQ value는  $78.9 \pm 3.8$  (72-86)이었다.

2군(3D-PFTM + cross-linked collagen membrane)은 총 56명(남자 19명, 여자 37명)으로 평균연령 56.5(21-81)세였다. 72개 부위에 임플란트 식립이 진행되었으며, 상악에 29개, 하악에 43개 임플란트 식립되었다. 식립 6개월 후 측정된 평균 ISQ value는  $79.9 \pm 6.8$  (63-90)이었다.

3군(3D-PFTM + non-cross-linked collagen membrane)은 총 29명(남자 13명, 여자 16명)으로 평균연령 54.4(20-80)세였다. 40 개 부위에 임플란트 식립이 진행되었으며, 상악에 20개, 하악에 20개 임플란트 식립되었다. 식립 6개월 후 측정된 평균 ISQ value는  $77.0 \pm 7.4$  (63-87)이었다.

세 군의 모든 임플란트에서 ISQ는 양호한 임플란트 골유착으로 판단할 수 있는 60 이상의 수치를 보였다. 상악과 하악의 임플란트 간의 ISQ 평균값은 각각 74.5와 80.8로 하악에서의 수치가 근소하게 높게 나타났다.

세 군의 총 100명의 환자 모두 보철 수복 후 최소 6개월 이상의 추적 검사 실시하였으며, 총 129개의 임플란트는 100%의 생존률을 보였다.

#### 2. 막의 노출

1군에서의 막 노출은 2명의 환자에서 각 1개 부위씩 발생한 것으로 나타났으며, 치조정 절개부위에서의 조기노출과 3D-PFTM의 변연부에서의 후기노출로 각각 발생했다. 전체 케이스 대비, 막의 노출률은 11.8%였다.

2군에서의 막 노출은 3명의 환자에서 각각 1개씩 발생하였으며, 치조정 절개 부위에서의 조기노출 2 케이스와 3D-PFTM의 변연부에서의 후기노출 1 케이스 발생했다. 전체 케이스 대비 막의 노출률은 4.2% 였다.

3군에서의 막 노출은 2명의 환자에서 각각 1개씩 발생하였으며, 2 케이스 모두 치조정절개선에서 발생한 조기노출이었다. 전체 케이스 대비 막 노출률은 5.0% 였다.

노출률에 있어서는 3D-PFTM만 사용한 군보다는 흡수성 콜라겐 차폐막을 추가로 사용한 군에서 2배 감소한 노출률이 관찰되었으며, 흡수성 콜라겐 차폐막의 가교화 여부는 막의 노출률에서 큰 차이를 야기하지 않았다.

노출된 환자들 중 2명의 환자에서 감염 동반 되었으나, 1 주일 간의 항생제 처방 및 클로르헥시딘 가글을 통해 감염 조절하였으며, 임플란트 생존에는 큰 영향 없이 치유가 이루어 졌다. 그 밖의 합병증은 관찰되지 않았다.

Table 2. Result of the clinical assessment of each groups

	Group 1	Group 2	Group 3	Total
<i>N</i> of sites	17	72	40	129
ISQ, Mean ± SD	78.9 ± 3.8	79.9 ± 6.8	77.0 ± 7.4	79.0 ± 6.7
Membrane exposure, <i>N</i>	2	3	2	7
Membrane exposure, (%)	11.8	4.2	5.0	5.4
Survival rate of implant (%)	100	100	100	100

*N*, number; SD, standard deviation; ISQ, implant stability quotient; Group 1, Only 3D-PFTM used; Group 2, 3D-PFTM + cross-linked collagen membrane used; Group 3, 3D-PFTM + non-cross-linked collagen membrane used.

### 3. 골흡수량 및 골형성률

임플란트 식립 및 골유도재생술 시행 당일 임플란트 플랫폼 수준의 골외결손부에서 순/협측으로 술 후 증대된 골량(BA)은 전체적으로 평균  $3.7 \pm 1.1$  mm 로 나타났으며, 각 군으로 보면 1군에서  $4.3 \pm 1.4$  mm, 2군에서  $3.7 \pm 1.0$  mm, 3군에서  $3.6 \pm 1.0$  mm 만큼 증대되었다. 각 군 간의 초기 골 증대량에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $P > 0.05$ )

임플란트 식립 후 6개월 시점의 새롭게 형성된 골량(NFB)은 전체적으로 평균  $3.1 \pm 1.3$  mm 형성되었으며, 각 군으로 보면 1군에서  $3.2 \pm 1.7$  mm, 2군에서  $3.1 \pm 1.2$  mm, 3군에서  $3.0 \pm 1.2$  mm 만큼 신생골이 형성되었다. 각 군간의 신생골량에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $P > 0.05$ ).

술 후 6개월 간 이식골의 전체적인 골흡수량은 평균  $0.7 \pm 0.9$  mm 로 나타났다. 각 군으로 보면 1군에서의 흡수량은  $1.1 \pm 0.7$  mm, 2군에서는  $0.6 \pm 1.0$  mm, 3군에서는  $0.6 \pm 0.8$  mm로 나타났다. 3D-PFTM만 사용했던 1군의 골흡수량이 2, 3군과 비교했을 때 통계적으로 유의하게 높게 측정되었다( $P < 0.05$ ). 2군과 3군 간에는 통계적으로 유의한 차이 없었다( $P > 0.05$ ).

전체적인 골형성률은  $82.4 \pm 22.4\%$ 로 나타났으며 각 군을 보면 1군에서  $71.0 \pm 23.1\%$ , 2군에서  $84.2 \pm 21.5\%$ , 3군에서  $84.0 \pm 22.9\%$ 로 나타났다. 이들 군간의 통계적 유의성을 검사하였을 때, 1군과 2군 간에는 통계적으로 유의하게 2군에서의 골형성률이 높게 나타났으며( $P < 0.05$ ), 1군과 3군 사이에서도 통계적으로 유의하게 1군에 비해 3군에서 골형성률이 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 하지만 2군과 3군의 골형성률에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $P > 0.05$ ).

Table 3. Result of the radiographic assessment of each groups about BA, NFB, and BR

	Group 1	Group 2	Group 3	Total
BA (mean ± SD)	4.3 ± 1.4	3.7 ± 1.0	3.6 ± 1.0	3.7 ± 1.1
P value		0.187		
NFB (mean ± SD)	3.2 ± 1.7	3.1 ± 1.2	3.0 ± 1.2	3.1 ± 1.3
P value		0.960		
BR (mean ± SD)	1.1 ± 0.7	0.6 ± 1.0	0.6 ± 0.8	0.7 ± 0.9
P value	0.006* (vs. Group 2) 0.007* (vs. Group 3)	0.006* (vs. Group 1) 0.52 (vs. Group 3)	0.007* (vs. Group 1) 0.52 (vs. Group 2)	
BFR (mean ± SD)(%)	71.0 ± 23.1	84.2 ± 21.5	84.0 ± 22.9	82.4 ± 22.4
P value	0.007* (vs. Group 2) 0.013* (vs. Group 3)	0.007* (vs. Group 1) 0.528 (vs. Group 3)	0.013* (vs. Group 1) 0.528 (vs. Group 2)	

SD, standard deviation; BA, bone augmentation immediately post-surgery; NFB, newly formed bone after 6 months of healing; BR, bone resorption; BFR, bone formation rate; Group 1, Only 3D-PFTM used; Group 2, 3D-PFTM + cross-linked collagen membrane used; Group 3, 3D-PFTM + non-cross-linked collagen membrane used.

\* Statistically significant difference (P < 0.05; Kruskal Wallis test)

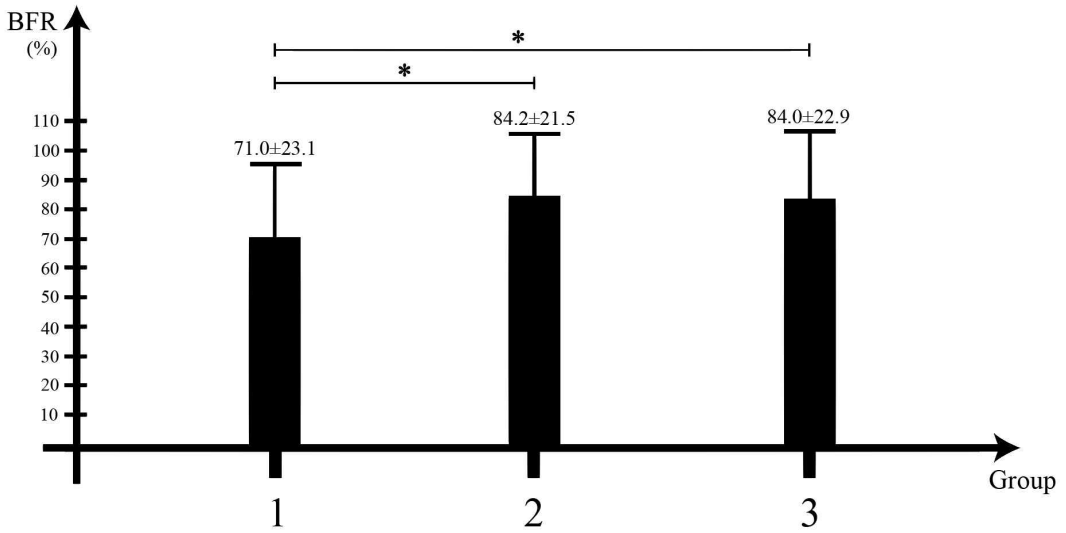


Figure 3. Comparison of bone formation rates in each group. There was statistically significant difference between group 1 and 2, group 1 and 3. There was no statistically significant difference between groups 2 and 3 ( $P > 0.05$ ). BFR, bone formation rate. Group 1, Only 3D-PFTM used; Group 2, 3D-PFTM + cross-linked collagen membrane used; Group 3, 3D-PFTM + non-cross-linked collagen membrane used.

\* Statistically significant difference ( $P < 0.05$ ; Kruskal Wallis test)

## IV. 총괄 및 고찰

임플란트 식립과 동시에 임플란트 주위 골외결손부에 3D-PFTM을 이용해 골유도재 생술을 시행한 100개의 연속적인 케이스에 대한 최초 보고로 사료되는 본 연구에서, 그 결과를 임상적, 방사선학적으로 평가하고 효과를 비교하고자 하였다. 또한 3D-PFTM과 함께 가교화된 콜라겐 차폐막 또는 비가교화된 콜라겐 차폐막을 함께 사용한 케이스들을 나누어 차폐막의 노출률과 6개월 후의 골형성률을 비교함으로써 추가적인 흡수성 콜라겐 차폐막 사용의 효과에 대해 밝히고자 하였다.

먼저 막의 노출에 대한 고찰이다. 전통적인 티타늄 막은 훌륭한 self space-making capacity가 있어 많은 양의 골이식을 시행할 때 예지성 있는 결과를 얻을 수 있게 하며, 세균 감염에도 덜 민감하다는 장점이 있다. 또한 macro-pore size를 가짐으로써 충분한 혈류와 영양분, 산소 등의 공급을 가능하게 하여 골과 연조직의 재생을 증가시킨다(14). 하지만 전통적인 티타늄 막은 적용하기 전 적절한 크기와 모양으로 자르고 구부려야 하며, 막이 잔존골에 밀착되도록 완전한 고정을 필요로 하기 때문에 매우 술자 민감도가 높으며, 막의 노출 빈도도 높게 나타나고 있다고 설명하고 있다(15). 전통적인 티타늄 막을 사용한 골유도재생술에 대한 임상 연구들을 정리한 Rakhmatia 등의 연구에서 보고된 차폐막 노출률은 최소 14.28%에서 최대 52.7%로 나타났다(16).

3D-PFTM을 사용한 이전의 연구들에서 막의 노출률은 기존의 전통적인 티타늄막과 유사하게 20-25% 까지 높게 보고되었다(17, 18). 하지만 Jung 등의 연구에서 3D-PFTM의 경우 기존의 Ti membrane 과 다르게 자르거나 구부릴 필요가 없어 날카로운 변연이 만들어질 가능성이 없고, 수술 시간을 감소시킬 수 있기 때문에 판막에의 외상을 줄일 수 있다고 하였다(18). 이번 연구에서는 총 100명 중 7명, 129 부위 중 7개 부위에서만 노출이 발생하였으며, 노출률은 전체 5.4% 정도로 낮게 나타났다. 특히 3D-PFTM만 사용한 1군에서도 11.8%의 노출률이 발생했으며, 기존의 전통적인 티타늄막을 사용한 경우와 비교했을 때에도 더 적은 노출률을 보였다.

여전히 논란의 여지가 있지만 몇몇 연구들에서 전통적인 티타늄막을 사용하였을 때의 단점을 보상하기 위해 티타늄막 상방에 흡수성 콜라겐 막을 추가로 사용하는 것이 추천되어져 왔다(19-21). Strietzel 등은 흡수성 콜라겐 막을 사용하였을 경우, 막이 흡수됨에 따라 섬유조직의 성장이 콜라겐막 내부로 이루어지며, 이로 인해 창상 열개가 방지된다고 하였다(22). 이를 동물실험을 통해 연구한 Lim 등은 흡수성 콜라겐 막을



추가로 사용하는 것이 반대로 노출률 감소에 큰 영향을 주지 못한다고 하였다(21). 이번 연구에서 각 군들의 노출률을 비교해 보았을 때, 1군에서는 11.8%의 노출률이 나타난 반면, 흡수성콜라겐 차폐막을 함께 사용한 2군과 3군에서는 각각 5.0%와 4.2%로 1/2 이상 적은 비율로 노출이 발생하였으며, 흡수성 콜라겐 막의 부가적인 사용이 막의 가교화 여부에 관계없이 노출률을 감소시킨 것으로 나타났다.

두 번째로 골외 결손부에서의 신생골 형성량에 대한 고찰이다. Grunder 등을 비롯한 여러 다른 저자들은 장기간의 임플란트 주위 경조직, 연조직 안정성을 위해서는 임플란트의 플랫폼 수준에서 협축 2 mm 이상의 골폭이 필요하다고 하였으며, 2 mm 이하로 골이 남을 경우, 조직 퇴축 및 심미성 상실을 야기할 수 있고, 심할 경우 임플란트의 실패도 야기할 수 있다고 하였다(23-26). 하지만 Jiang 등은 특히 인접골들의 envelope 안에 존재하지 않는 임플란트 협축 골외 결손부에서는 흡수성차폐막을 이용한 골유도재생술의 예지성이 더욱 감소한다고 보고하였다(11). 이번 연구에서 임플란트 플랫폼 수준에서의 수평적 경조직 획득량과 골형성률을 측정함으로써 3D-PFTM의 골외결손부에서의 골조직 형성능력을 평가하고자 하였다. 전체 케이스에서 임플란트 식립 직후 평균 초기 골증대량(BA)은  $3.7 \pm 1.1$  mm 로 측정되었으며, 6개월 후 획득한 신생골폭(NFB)은 평균  $3.1 \pm 1.3$  mm 로 측정되었다. 1, 2, 3군 각각의 NFB는 순서대로  $3.2 \pm 1.7$  mm,  $3.1 \pm 1.2$  mm,  $3.0 \pm 1.2$  mm 로 측정되어 모든 군에서 협축 2 mm 이상의 골폭을 재생할 수 있었음을 알 수 있었다. 이는 3D-PFTM을 이용해 임플란트 식립 당시 골유도재생술을 시행했던 이전의 연구들에서도 협축골 2 mm 이상을 얻었던 것과 일치하는 결과였다(18, 27). Mir-Mari 등은 흡수성 콜라겐 막과 골이식재만을 사용한 경우 봉합 직후 약 40%의 Horizontal graft volume loss가 일어난다고 하였으며(28), Schwarz 등의 연구에서도 협축 열개부위에 흡수성 콜라겐 차폐막과 이식재만 이용해 골유도재생술 한 경우 9주 후 이식재와 차폐막의 변위가 일어나 골재생의 예지성이 크게 감소됨을 밝혔다(29). 이전의 연구들에서 구강 연조직에 의한 협축 부위의 압력은 최대 21N의 힘을 나타낸다고 하였다(30). Lee 등의 연구에서 3D-PFTM은 약 25N의 힘에 의해 소성변형이 일어난다고 하였으며, 이로부터 3D-PFTM은 연조직 압박을 충분히 견뎌 줄 수 있을 것으로 보인다(13). 3D-PFTM을 이용한 골유도재생술 시 임플란트 협축 골외 결손부에서도 이러한 우수한 경조직획득 결과를 얻은 것은, 흡수성 차폐막에 비해 anti-pressure effect(31)가 확실하며, 임플란트 고정체에 의해 막의 고정을 확보할 수 있었기 때문이라고 사료된다.

세 번째, 이식골 흡수량에 대한 고찰이다. 전통적인 티타늄 막뿐만 아니라 3D-PFTM은 막의 macropore 구조로 인해 연조직의 침투가 이루어진다는 단점이 있다(32-34). 이 연조직 층은 위골막(pseudoperiosteum)으로도 불리며, 조직학적 성분은 조밀 결합조직(dense connective tissue)으로, 낮은 세포성과 비광화 상태가 관찰된다(33, 35). 따라서 방사선 상에서 티타늄 막 하방에 방사선 투과상으로 관찰되며, 이를 골흡수량으로 볼 수 있다. 이번 연구에서 전체 129개 임플란트에서의 평균 흡수량은  $0.67(\pm 0.92)$  mm 로 나타났으며, 1군에서는 평균  $1.10(\pm 0.71)$  mm, 2군에서는  $0.62(\pm 0.98)$  mm, 3군에서는  $0.55(\pm 0.79)$  mm 로 나타났다. 3D-PFTM만 사용한 1군의 결과는 전통적인 티타늄 막을 사용했을 시 1-2 mm 의 pseudoperiosteum이 형성된다는 기존의 연구결과와 유사하게 측정되었다(36). 흡수성 콜라겐 막을 추가로 사용한 경우, 통계적으로 유의하게 골흡수량을 줄일 수 있었으며, 흡수성 콜라겐 차폐막의 가교결합의 유무는 골흡수량 감소에 큰 차이를 주지 않았다. 이는 티타늄막과 함께 흡수성 콜라겐 막을 사용하였을 때, pseudoperiosteum의 생성을 억제할 수 있다고 한 Proussaefs 등의 연구와 일치하는 결과였다(37).

마지막으로 골형성률에 대한 고찰이다. 이전에 전통적인 티타늄 막만을 사용해 골형성률을 측정했던 Artzi 등은 81.2%의 골형성률을 보였다고 하였으며, Corinaldesi 등의 연구에서 85%, Rocuzzo 등의 연구에서 83.3%의 골형성률을 보였다(38-40). 티타늄막과 함께 흡수성 콜라겐 막을 사용하였던 Shin 등의 동물실험 연구에서도 Ti membrane 을 단독 사용한 군에 비해 흡수성 콜라겐 막을 함께 사용한 군에서 증진된 골획득량이 관찰되었으며(41), Funato 등의 연구에서도 흡수성 콜라겐 막을 함께 사용한 경우에 있어 골형성률이 87.3%로 나타나 전통적인 티타늄막 만을 사용한 연구에서 보다 더 증가된 골형성률을 보였다(42). 이번 실험에서 129개 골이식 부위의 전체 평균 골형성률은 앞선 연구들과 유사하게 약  $82.4 \pm 22.4\%$ 로 나타났다. 각 군의 골형성률은 71.0%, 84.2%, 84%로 나타났으며, 골형성률에 있어 1군과 2군 간에는 통계적으로 유의하게 2군에서 더 높은 골형성률을 보였고, 1군과 3군 사이에서도 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $P < 0.05$ ). 하지만, 2군과 3군 사이에는 유의한 차이가 없었다( $P > 0.05$ ). 다시 말해 흡수성 콜라겐 차폐막을 추가로 사용한 2군과 3군에서 더 적은 pseudoperiosteum을 형성함으로써 더 높은 골형성률을 보였으며, 흡수성 콜라겐 차폐막의 가교화 여부에 의한 차이는 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 전통적인 티타늄 막을 사용할 시에는 이식골의 대부분을 티타늄 막이 완벽하게 덮으며, 변연부위에 티

타늄 스크류 등을 이용해 밀착을 시키는 반면, 이식골 위에 얹히는 형태로 적용되어 임플란트에서만 고정을 얻는 3D-PFTM의 구조상 변연부위로의 연조직 침입이 더 크기 때문에 예상된다. 이번 연구결과에서도 1군의 골형성률이 전통적인 티타늄 막의 골형성률에 비해 낮게 측정되었으며, 이러한 구조적인 면을 보완하기 위해 흡수성 차폐막을 사용함으로써 3D-PFTM의 변연 부위에 추가적인 연조직 차단을 시행함으로써 골형성률의 증가를 일으킨 것으로 판단된다.

이번 연구는 수술 방법과 재료에 있어서의 통일성은 유지하였으나, 모든 조건을 통제하여 비교하지 않은 한계점이 존재한다. 본 연구에서는 환자의 연령, 식립 위치, 골결손부의 크기 등 골유도재생술 결과에 영향을 줄 수 있는 다른 조건들에 대한 통제가 이루어지지 않았으며, 차폐막의 추가 사용에 있어서도 무작위적인 케이스 선택이 아닌 각 골결손부에 따른 술자의 판단이 들어갔을 수 있다. 추후 추가적인 연구를 통한 3D-PFTM의 효용성과 추가적인 흡수성 차폐막의 효과에 대해 평가가 필요할 것으로 사료된다. 또한 평가 방법 역시 사람을 대상으로 한 연구의 한계로 인해 방사선학적 평가를 사용하였기 때문에, 금속에 의한 Artifact가 존재했을 가능성이 있으며, 계측 프로그램 상에서 직접 측정하였기 때문에 골량에 대한 측정값이 부정확했을 수 있다는 한계점이 존재한다. 또한 전체 케이스들의 follow up 기간이 아직은 short term에 해당하므로 추후 mid-term과 long term 결과 분석도 필요할 것으로 보인다.

이와 같은 한계 내에서, 이번 연구를 통해 임플란트 식립과 동시에 임플란트 협착으로 발생한 골외결손부 골유도재생술시 3D-PFTM의 사용이 예지성 있는 골재생을 얻게 할 수 있으며, 이와 함께 흡수성 콜라겐 차폐막을 사용할 때, 차폐막의 가교화 여부에 관계없이 티타늄 막의 노출 감소 및 연조직 침투 억제를 통한 골형성률 증대에 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 결론을 얻었다.

## 참고문헌

1. Beirne U, Branemark P. Reconstruction of alveolar jaw bone: An experimental and clinical study of immediate and preformed autologous bone grafts in combination with osseointegrated implants. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1980;14:23-48.
2. Bassetti MA, Bassetti RG, Bosshardt DD. The alveolar ridge splitting/expansion technique: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(3):310-24.
3. Hong JY, Baek WS, Cha JK, Lim HC, Lee JS, Jung UW. Long term evaluation of sinus floor elevation using a modified lateral approach in the posterior maxilla. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(8):946-53.
4. Lorenzoni M, Pertl C, Polansky R, Wegscheider W. Guided bone regeneration with barrier membranes a clinical and radiographic follow up study after 24 months. *Clin Oral Implants Res.* 1999;10(1):16-23.
5. Shet UK, Cho MS, Hur JW, Oh CJ, Chung K, Park HJ et al. Evaluation of augmented alveolar bone and dental implant after autogenous onlay block bone graft. *J Kor Dent Assoc.* 2012;50(6):329-38.
6. Aghaloo TL, Misch C, Iacono VJ, Wang HL. Bone augmentation of the edentulous maxilla for implant placement: A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;31:s19-30.
7. Wessing B, Lettner S, Zechner W. Guided bone regeneration with collagen membranes and particulate graft materials: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018;33(1):87-100.
8. Benic GI, Hämmerle CH. Horizontal bone augmentation by means of guided bone regeneration. *Periodontology 2000.* 2014;66(1):13-40.
9. Mir Mari J, Wui H, Jung RE, Hämmerle CH, Benic GI. Influence of blinded wound closure on the volume stability of different GBR materials: an in vitro cone beam computed tomographic examination. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(2):258-65.
10. Bogaerde LV. A proposal for the classification of bony defects adjacent to

- dental implants. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2004;24(3):264-71.
11. Jiang X, Zhang Y, Di P, Lin Y. Hard tissue volume stability of guided bone regeneration during the healing stage in the anterior maxilla: a clinical and radiographic study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018;20(1):68-75.
  12. Herzberg R. Vertical guided bone regeneration for a single missing tooth span with titanium-reinforced d-PTFE membranes: Clinical considerations and observations of 10 consecutive cases with up to 36 months follow-up. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2017;37(6):893-9.
  13. Lee SH, Moon JH, Jeong CM, Bae EB, Park CE, Jeon GR et al. The mechanical properties and biometrical effect of 3D preformed titanium membrane for guided bone regeneration on alveolar bone defect. *BioMed Res Int.* 2017;7102123.
  14. Her S, Kang T, Fien MJ. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70(4):803-10.
  15. Elgali I, Omar O, Dahlin C, Thomsen P. Guided bone regeneration: materials and biological mechanisms revisited. *Eur J Oral Sci.* 2017;125(5):315-37.
  16. Rakhmatia YD, Ayukawa Y, Furuhashi A, Koyano K. Current barrier membranes: titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *J Prosthodont Res.* 2013;57(1):3-14.
  17. Zita Gomes R, Paraud Freixas A, Han C-H, Bechara S, Tawil I. Alveolar ridge reconstruction with titanium meshes and simultaneous implant placement: a retrospective, multicenter clinical study. *BioMed Res Int.* 2016;2016:1-12.
  18. Jung GU, Jeon JY, Hwang KG, Park CJ. Preliminary evaluation of a three-dimensional, customized, and preformed titanium mesh in peri-implant alveolar bone regeneration. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2014;40(4):181-7.
  19. Degidi M, Scarano A, Piattelli A. Regeneration of the alveolar crest using titanium micromesh with autologous bone and a resorbable membrane. *J Oral Implantol.* 2003;29(2):86-90.
  20. Salama H, Garber D. Three-dimensional bone and soft tissue requirements for

- optimizing esthetic results in compromised cases with multiple implants. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2010;30:503-11.
21. Lim HC, Lee JS, Choi SH, Jung UW. The effect of overlaying titanium mesh with collagen membrane for ridge preservation. *J Periodontal Implant Sci.* 2015;45(4):128-35.
  22. Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA. Healing pattern of bone defects covered by different membrane types—a histologic study in the porcine mandible. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006;78(1):35-46.
  23. Grunder U, Gracis S, Capelli M. Influence of the 3-D bone-to-implant relationship on esthetics. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2005;25(2):113-9.
  24. Spray JR, Black CG, Morris HF, Ochi S. The influence of bone thickness on facial marginal bone response: stage 1 placement through stage 2 uncovering. *Ann Periodontol.* 2000;5(1):119-28.
  25. Qahash M, Susin C, Polimeni G, Hall J, Wikesjö UM. Bone healing dynamics at buccal peri implant sites. *Clin Oral Implants Res.* 2008;19(2):166-72.
  26. Merheb J, Quirynen M, Teughels W. Critical buccal bone dimensions along implants. *Periodontol 2000.* 2014;66(1):97-105.
  27. Sakr AA, Shaaban AM, Elsheikh SA. Evaluation of the effect of i-gen titanium membrane around immediate dental implants replacing posterior mandibular tooth with buccal bone defect. *Alex Dent J.* 2017;42(1):85-91.
  28. Mir Mari J, Benic GI, Valmaseda Castellón E, Hämmerle CH, Jung RE. Influence of wound closure on the volume stability of particulate and non particulate GBR materials: an in vitro cone beam computed tomographic examination. Part II. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(6):631-9.
  29. Schwarz F, Herten M, Ferrari D, Wieland M, Schmitz L, Engelhardt E, et al. Guided bone regeneration at dehiscence-type defects using biphasic hydroxyapatite+ beta tricalcium phosphate (Bone Ceramic®) or a collagen-coated natural bone mineral (BioOss Collagen®): an immunohistochemical study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007;36 (12):1198-206.

30. Schimmel M, Memedi K, Parga T, Katsoulis J, Miller F. Masticatory Performance and Maximum Bite and Lip Force Depend on the Type of Prosthesis. *Int J Prosthodont.* 2017;30(6):565 - 72
31. Jiang X, Zhang Y, Chen B, Lin Y. Pressure bearing device affects extraction socket remodeling of maxillary anterior tooth. A prospective clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017;19(2):296-305.
32. Corinaldesi G, Pieri F, Marchetti C, Fini M, Aldini NN, Giardino R. Histologic and histomorphometric evaluation of alveolar ridge augmentation using bone grafts and titanium micromesh in humans. *J Periodontol.* 2007;78(8):1477-84.
33. Proussaefs P, Lozada J. Use of titanium mesh for staged localized alveolar ridge augmentation: clinical and histologic-histomorphometric evaluation. *J Oral Implantol.* 2006;32(5):237-47.
34. Pieri F, Corinaldesi G, Fini M, Aldini NN, Giardino R, Marchetti C. Alveolar ridge augmentation with titanium mesh and a combination of autogenous bone and anorganic bovine bone: a 2 year prospective study. *J Periodontol.* 2008;79(11):2093-103.
35. 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(1):9-23.
36. Her S, Kang T, Fien MJ. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70(4): 803-10.
37. Proussaefs P, Lozada J. Use of titanium mesh for staged localized alveolar ridge augmentation: Clinical and histologic-histomorphometric evaluation. *J Oral Implantol.* 2006;32(5):237-47.
38. Artzi Z, Dayan D, Alpern Y, Nemcovsky CE. Vertical ridge augmentation using xenogenic material supported by a configured titanium mesh: clinicohistopathologic and histochemical study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003;18(3):440-6.
39. Corinaldesi G, Pieri F, Sapigni L, Marchetti C. Evaluation of survival and

- success rates of dental implants placed at the time of or after alveolar ridge augmentation with an autogenous mandibular bone graft and titanium mesh: a 3-to 8-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(6):1119-28.
40. Rocuzzo M, Ramieri G, Bunino M, Berrone S. Autogenous bone graft alone or associated with titanium mesh for vertical alveolar ridge augmentation: a controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18(3):286-94.
  41. Shin SI, Herr Y, Kwon YH, Chung JH. Effect of a collagen membrane combined with a porous titanium membrane on exophytic new bone formation in a rabbit calvarial model. *J Periodontol.* 2013;84(1):110-6.
  42. Funato A, Ishikawa T, Kitajima H, Yamada M, Moroi H. A novel combined surgical approach to vertical alveolar ridge augmentation with titanium mesh, resorbable membrane, and rhPDGF-BB: a retrospective consecutive case series. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2013;33(4):437-45.