

## 천공형 티타늄 막의 조기 노출이 수직 골 형성에 미치는 영향

김은정, 허 익\*, 권영혁, 박준봉, 정종혁

경희대학교 치의학전문대학원 치주과학교실, 구강생물학연구소

### I. 서론

심한 치주 질환으로 인하여 치아를 발거하거나 치아를 발거한 후 오랜 기간 동안 무치악인 상태로 남아있는 치조골 상방에 임플란트를 식립하여야 되는 경우 충분한 두께와 길이를 확보하지 못하는 경우가 많이 있으며 설령 임플란트를 식립한다고 하더라도 부분적인 치조골의 결손으로 임플란트 나사선의 완전한 골 파개가 어려운 경우 심미적, 기능적인 문제가 발생하게 되고 장기간의 성공이 어렵게 된다. 따라서 임플란트를 식립하기 전에는 충분한 양의 치조골이 필요하게 되고 최소한 수평적으로는 4mm, 수직적으로는 7mm의 폭과 길이를 확보하여야 되며 수직적, 수평적 골 결손이 심한 부위는 치조골의 재생을 위한 여러 가지 술식으로 치조골을 증가할 수 있으며 그 중에서 차폐막을 이용한 골유도 재생 술식은 임플란트 식립 전이나 임플란트 식립과 동시에 사용할 수 있다<sup>1)</sup>.

Dahlin 등<sup>2)</sup>은 차폐막 하방에 신생골이 형성될 수 있는 골증강술(osteopromotion)이라는 개념을 확립하였으며 Buser 등<sup>3)</sup>은 차폐막을 적용하여 골을 형성

하는 골유도 재생술이라는 용어를 제안하였다. 이들은 외과적 골 결손부를 만든 동물실험에서 차폐막의 사용 여부에 따라 골 결손부의 치유양상이 다른 것을 발견하였는데 차폐막을 사용하지 않는 골 결손부는 상부의 치은결합조직에서 유래하는 세포의 증식에 의하여 결합조직으로 채워졌고 차폐막을 사용한 골 결손부는 치은 결합조직세포의 차단으로 골 조직으로 치유된 결과를 얻을 수 있었다. 차폐막을 이용한 골유도 재생술의 성공을 위한 여러 가지 요인이 있으며, Scantlebury<sup>4)</sup>는 생체 적합성, 세포 차단성, 공간 확보성, 창상 고정성과 함께 임상적으로 다루기 쉬워야 한다고 하였다.

골유도 재생술을 위하여 위에 언급한 조건을 만족시킬 수 있는 차폐막으로서 비흡수성 막인 expanded-polytetrafluoroethylene(e-PTFE) 막이 현재 가장 널리 이용되고 있지만 치유 기간 중의 구강 내에 초기에 노출 시 차폐막의 거친 표면 때문에 치태가 쉽게 침착되어 감염을 일으킬 수 있으며 Offer 등<sup>5)</sup>에 따르면 이는 결국 임플란트 식립에 필요한 충분한 양의 골의 재생을 어렵게 하는 요인이 된다고 하였다.

\*교신저자 : 허 익, 서울시 동대문구 회기동 1번지 경희대학교 치과대학 치주과학교실, 130-702 (전자우편 : yherr@khu.ac.kr)

따라서 치유 기간 중의 차폐막의 고정 및 오염 방지를 위하여 상부 치주관막의 폐쇄가 중요하며 Zitzmann 등<sup>6)</sup>과 Jovanovic 등<sup>7)</sup>은 골유도 재생술을 위하여 사용한 차폐막인 e-PTFE 막 노출은 절개선이 벌어지는 현상인 창상 열개의 발생률이 작게는 9%, 평균 40% 정도 발생하며 Simion 등<sup>8)</sup>은 차폐막의 조기 노출 시 임플란트 주위 재생 조직의 양이 감소하며 막의 노출이 크면 클수록 감염의 위험성이 높아지고 재생 조직량이 줄어든다고 하였다.

치조골의 위축과 함께 발치 후 치조골에 남아있는 골 결손부는 발치 후 즉시 임플란트의 식립에서 한계적 요인이 될 수 있으므로 임플란트를 식립할 때 동시에 차폐막을 사용하여 노출된 나사선에 골을 형성시킬 수 있다. 이런 상황에서 차폐막의 주 기능은 발치와 내로 상피조직과 결합조직의 침투를 방지하여 신생골의 형성을 촉진시키는 것이다. 발치 후 즉시 임플란트 식립은 연조직의 부족으로 인한 차폐막의 조기 노출이 빈번하며, 조기 노출에 의한 차폐막의 오염에 대비하여 적절한 시기에 차폐막을 제거해야 하는데 그 시기에 대해서는 상반된 의견이 있다. Lazzara<sup>9)</sup>는 발치 후 즉시 임플란트를 식립할 때 노출에 상관없이 차폐막을 연조직이 어느 정도 치유가 되는 시기인 수술 후 30~45일에 제거하는 것이 타당하다고 주장하는 반면 다른 학자들은 차폐막이 연조직으로 완전 피개가 되어야 한다고 주장하며 3~6개월 후 이차 수술을 통해서 제거를 하는 것이 타당하다고 하였다<sup>10)</sup>. 즉시 임플란트 식립과 더불어 임플란트 주변조직의 염증성 병변인 임플란트 주위염(perio-implantitis)의 치료로서 차폐막을 이용한 재생수술이 빈번하게 이루어지고 있지만 임플란트 주위염이 있는 부위의 골 재생을 위한 차폐막의 조기 노출은 30~87%정도 일어난다고 보고되었다<sup>11)</sup>.

골유도 재생술에 사용되는 차폐막은 여러 가지 재료로 구성되며, 주로 많이 사용되는 비흡수성 차폐막인 e-PTFE나 흡수성 재료인 교원질 차폐막은 견고성이 부족하여 골 결손부 내로 막의 붕괴를 일으켜서 골 재생을 위한 공간의 부족을 초래할 수 있다. 이를 보완하기 위하여 티타늄 강화형 e-PTFE (Titanium

reinforced e-PTFE)막을 사용하고, 작은 스크류나 핀을 이용하여 막을 고정할 수 있고, 막 하방에 여러 가지 골 이식재를 충전하여 공간을 유지시킬 수도 있다.

Schenk<sup>12)</sup>는 이식재 내로의 혈액 공급뿐만 아니라 차폐막의 기계적인 안정이 이식재의 융합에 선결조건이 된다고 하였는데 최근에 임상에서 시도되고 있는 천공형 티타늄 막은 다른 사용되는 막보다 견고하기 때문에 공간 유지를 용이하게 하고 차폐막을 쉽게 조작하여 원하는 형태로 만들 수 있다고 하였다. 또한 Malchiodi 등<sup>13)</sup>은 견고한 천공형 티타늄 막을 사용하여 치조제 증대술을 시행하였을 때 막 내부의 미세구멍을 통해서 신생 조직으로 들어가는 혈류가 방해되지 않기 때문에 골 재생에 효과적이라고 하였다.

Marco 등<sup>1)</sup>은 천공형 티타늄 막을 이용한 골유도 재생술과 함께 임플란트를 식립한 경우 7년 후 다시 관막을 거상하였을 때 완전한 골 충전을 보여주었다. Perikls 등<sup>14)</sup>은 천공형 티타늄 막 하방에 자가골과 탈단백 우골을 함께 사용하여 치조제 증대술을 시행하였을 때 막의 노출 여부에 상관없이 골 형성량이 유사하다고 하였는데, 천공형 티타늄 막의 노출은 잘 발생하고 노출 부위로의 연조직 침투와 상피화가 빈번하게 일어나므로 구강위생교육이 매우 중요하다고 강조하였다. 비흡수성 차폐막을 제거할 때 막하방으로 결합조직이 형성되어 있는데, Boyne 등<sup>15)</sup>은 이를 가성 골막이라고 명명하였다. von Arx 등<sup>16)</sup>은 천공형 티타늄 막의 노출은 약 50% 정도 일어나지만 재생량의 감소에 결정적인 역할을 하지는 않는다고 하였는데 이는 다른 비흡수성 막이 노출 시 바로 감염이 되는데 비하여 장점이라고 하였다.

이번 연구의 목적은 골유도 재생술을 시행하였을 때 차폐막이 노출되는 경우 일어날 수 있는 이식재의 감염으로 인한 골 재생량의 감소 정도를 조직학적 및 조직계측학적으로 비교 분석하기 위해 성견의 치조골에 천공형 티타늄 막 하방에 여러 가지 골 이식재를 충전하여 수직적인 골 형성을 유도하는 실험 모델을 사용하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

25 × 25 mm 크기의 티타늄 막에는 직경 0.5mm의 천공 353개가 형성되어 있으며 길이 8mm, 폭 4mm, 높이 5mm 되는 직육면체를 만들어서 사용하였다. 골이식재료로는 탈회동결 건조골(DEM-BON®, Demineralized Human Bone Powder, Pacific Coast Tissue Bank, U.S.A), 방사능 조사 망상골(Irradiated Cancellous Bone, Rocky Mountain Tissue Bank, U.S.A), 탈단백 우골(Deproteinized bovine bone, Geistlich Pharma AG, Switzerland)을 사용하였다.

### 2. 연구대상 및 실험 부위 형성

생후 2년 전후의 웅성 비글견 4마리를 사용하였으며, 졸레틸(Vitbac, France, 0.2ml/kg) 0.5ml를 근주하여 전신마취하고, 하악 제 1 소구치로부터 제 2 소구치 부위에 2% lidocaine(1:100,000 epinephrine, 유한양행, 한국)으로 국소 마취하였다. 열구 절개 후 전층 판막을 형성하고 이개부를 중심으로 주수 하에 저속 카바이드 버로 치판을 수직 절개하여 각각의 치근을 발거한 후 약 5mm 높이로 치조제를 삭제하였다. 전층 판막을 원위치 시키고 봉합하여 무치악 수술 부위를 형성하였다.

### 3. 연구방법

#### 1) 시술 과정

졸레틸(Vitbac, France, 0.2ml/kg)로 근주하여 전신 마취하고, 수술부위는 2% lidocaine(1:100,000 epinephrine, 유한양행, 한국)으로 국소 마취하였다. 발치 12주 된 하악 좌우측 무치악 소구치부 치조골에 치조정 절개 후 전층 판막을 거상하였다. 주수 하에 피질골을 round carbide bur(HP Long#6)를 이용하여 1~2mm 깊이로 골수 내 천공을 실시하였다. 골내 출혈을 확인한 후 직육면체로 구부러 놓은 천

공형 티타늄 막 내부에 생리식염수에 침적한 골 이식재를 채우고 핀으로 막을 고정하였다. 비흡수성 봉합사(e-PTFE suture material, TR9W, W.L. Gore & Associate Inc., U.S.A)로 전층 판막을 봉합하고 술 후 2일까지 gentamycin(동화약품, 한국) 1ml를 근육 주사하였고, 봉합사는 1주 후에 제거하였다.

#### 2) 대조군과 실험군 설정

실험 동물 중 한 마리는 천공형 티타늄 막만을 사용하여 대조군으로 설정하였고 나머지 세 마리는 각각 탈회 동결 건조골, 방사능 조사 망상골, 탈단백 우골을 막 하방에 이식재로 사용하였고 각각의 실험군을 탈회 동결 건조골군, 방사능 조사 망상골군, 탈단백 우골군이라고 하였고 탈회 동결 건조골을 사용한 실험군 두 부위 중 한 부위가 실험기간 중에 소실되었다.

#### 3) 조직준비 및 분석

실험 동물들을 술 후 4주에 과량의 전신마취 하에 경동맥을 통한 4% 파라포름 알데하이드 고정액을 주입하여 희생시켰다. 천공형 티타늄 막을 일부의 치조골과 함께 절단하여 조직 절편을 채득하였다. 같은 고정액에 1주일 이상 고정한 후 통법에 따라 비탈회 조직표본을 제작하였다. 비탈회 조직표본 제작을 시작하기 전에 천공형 티타늄 막의 노출 정도를 측정하기 위하여 디지털 카메라로 촬영하고 TDI Scope Eye 프로그램(Techsan int Co., Korea)을 이용하여 노출된 면적의 백분율을 계산하였다.

비탈회 조직표본은 시편을 흐르는 물에 세척한 후 70% 에탄올에 1일간 침적한 후, Villanueva bone stain 용액에 3일간 담가 전염색하고, 70%, 90%, 95%, 100% 에탄올에 각각 1일씩 담가 탈수시키고 methyl methacrylate monomer, MMA polymer(Wako, Japan)와 benzoyl peroxide를 섞어 만든 레진으로 포매하였다. 시편은 경조직 절단기(Maruto Co., Japan)를 이용하여 500 $\mu$ m 두께로 절단한 후 경조직 연마기(Maruto Co., Japan)로 80 $\mu$ m의 절편을 얻어 Artixscan 4000ft(Microtek Co.,

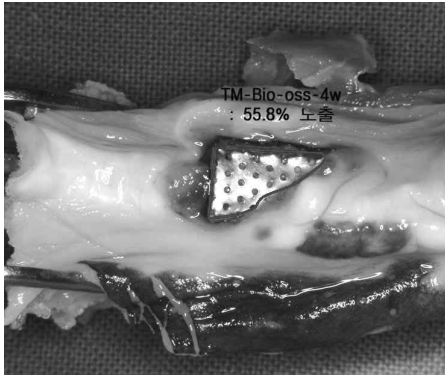


Figure 1. Demarcation exposed area on titanium membrane with blue line.

U.S.A)를 이용하여 스캔하여 조직학적 검사를 하였고, TDI Scope Eye 프로그램(Techsan int Co., Korea)을 이용하여 조직계측학적 분석을 시행하였다.

#### 4) 막의 노출률

직육면체의 티타늄 막 윗면 면적인(4mm x 8mm)에 대하여 치은에 의하여 덮여 있지 않고 구강 내에 노출된 면적을 백분율로 계산하였다(Figure 1).

#### 4. 조직계측학적 계측 방법

차폐막의 내면과 골면으로 이루어지는 면적과 막 하방에 남아있는 골 이식재와 신생 결합 조직의 면적을 계산한 후 아래의 공식에 대입하여 각각의 백분율을 계산하고 표시하였다(Figure 2a, b).

##### 1) The percentage of residual graft material

$$\frac{\text{Sum area of each residual graft material (mm}^2\text{)}}{\text{Area of space created by the perforated membrane (mm}^2\text{)}} \times 100$$

##### 2) The percentage of newly formed connective tissue

$$\frac{\text{Area of new infiltrated connectivetissue (mm}^2\text{)}}{\text{Area of space created by the perforated membrane (mm}^2\text{)}} \times 100$$

### 5. 통계학적 분석

차폐막 노출률에 따른 차폐막 하방에 형성된 공간 내의 잔존 골 이식재 와 신생 결합조직 면적비율의 상관관계는 개체수가 적어서 Spearman's coefficient를 이용하여 검증하였다.

## III. 연구 성적

### 1. 막의 노출률

대조군 두 부위에서 차폐막의 노출률은 각각 68%, 100%이며 탈회 동결 건조골 실험군은 막이 100% 노출되었다. 방사능 조사 망상골 실험군 두 부위는 막이 20.6%, 97.4%가 노출되었고 탈단백 우골 실험군 두 부위는 0%, 55.8%의 차폐막 노출도를 보여주었다.

### 2. 조직학적 소견 및 조직계측학적 분석

#### 1) 대조군

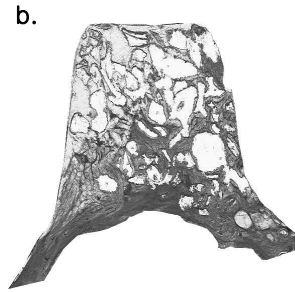
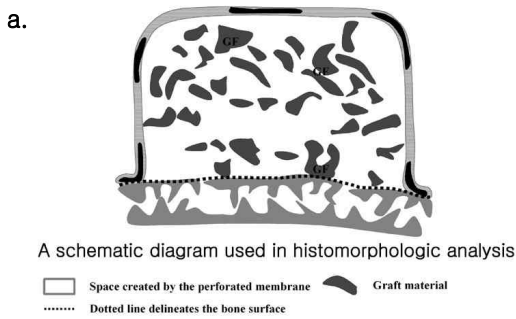
차폐막 내부가 소성 결합조직으로 채워진 양상을 보여주며 차폐막 내부의 상방 부위는 염증세포가 산재되어 있다(Figure 3a, b). 차폐막 하방에 생성된 신생 결합조직의 면적 비율은 60.02%이었다(Table 1).

#### 2) 탈회 동결 건조골 실험군

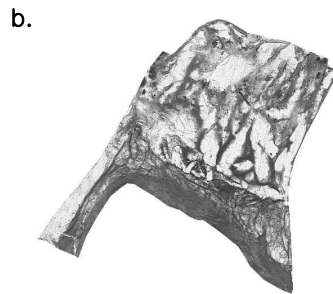
차폐막 내부는 이식재가 거의 흡수되었으며 상방 부위에는 소성 결합조직으로 채워져 있으며 염증 세포가 산재된 양상을 보여준다. 하방 부위의 피질골 상부에는 약간의 이식재가 잔존해 있고 치밀 결합조직으로 채워진 양상을 볼 수 있다(Figure 4). 신생 결합조직의 면적 비율은 68.30%, 잔존 골 이식재의 면적 비율은 4.66%이었다(Table 1).

#### 3) 방사능 조사 망상골 실험군

이식재가 거의 흡수되지 않고 남아 있는 소견을 보이며 20.6%의 막이 노출된 조직표본이 97.4% 막



**Figure 2a.** A schematic diagram used in histomorphologic analysis. **b.** Sum area of each residual graft material (marking grafted area with yellow color on TDI Scope eye program).

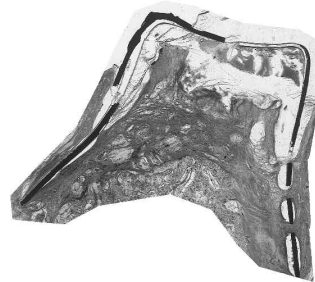


**Figure 3.** Loose infiltrated connective tissue was filled under the perforated titanium membrane and infiltrated inflammatory cell was seen in the loose connective tissue. **a.** 68% perforated titanium membrane was exposed. **b.** 100% perforated titanium membrane was exposed. (Villanueva bone stain, Original magnification  $\times 5$ )

이 노출된 표본에 비해서 더 치밀한 결합조직의 양상을 보여주었다(Figure 5a, b). 신생 결합조직의 면적 비율은 71.05%이고, 잔존 골 이식재의 면적 비율은 20.53%이었다(Table 1).

#### 4) 탈단백 우골 실험군

막이 노출되지 않는 탈단백 우골군은 피질골 상부에서 약간의 신생골이 형성 되어 있으며 잔존골 이식재 주변으로 치밀한 결합조직의 소견이 보였다(Figure 6a). 차폐막의 노출이 보인 조직 표본은 차폐막 하방 노출 부위의 이식재는 약간의 흡수 양상



**Figure 4.** Loose infiltrated connective tissue was filled under the perforated titanium membrane and bone particles were filled on the surface of residual bone. Bone particles were decreased. 100% perforated titanium membrane was exposed. (Villanueva bone stain, Original magnification  $\times 5$ )

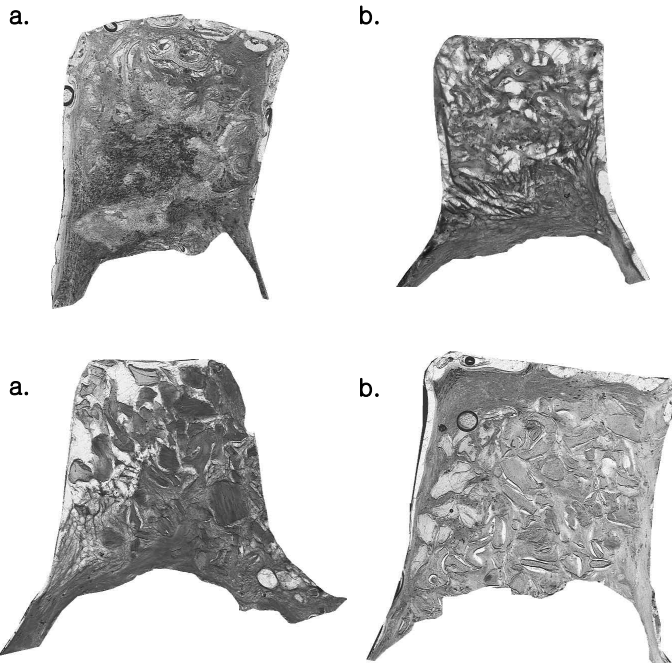
**Table 1.** Percentage of the newly formed connective tissue and residual bone graft.

Bone Graft	Newly-formed connective tissue(%)	Residual bone graft(%)
TM-Control (n=2)	60.02%	
TM-DFDB (n=1)	68.30%	4.66%
TM-ICB (n=2)	71.05%	20.53%
TM-DBB (n=2)	57.76%	28.11%

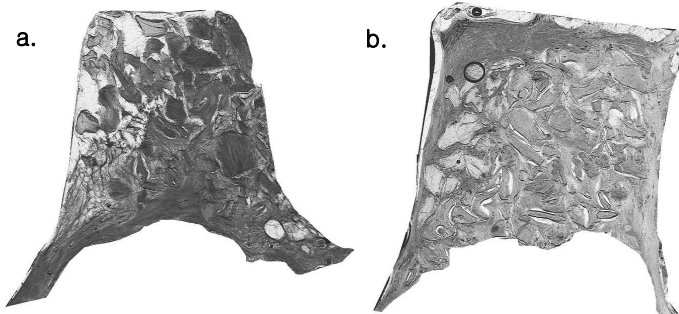
#### Abbreviation

DFDB: Demineralized Human Bone Powder  
 DBB: Deproteinized bovine bone

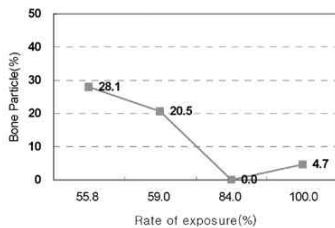
TM: Perforated titanium membrane  
 ICB: Irradiated Cancellous Bone



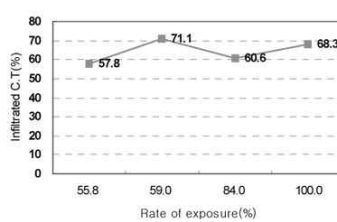
**Figure 5a.** Dense infiltrated connective tissue was filled under the perforated titanium membrane and bone particles were filled on the surface of residual bone. 20.6% perforated titanium membrane was exposed. (Villanueva bone stain, Original magnification  $\times 5$ ). **b.** Loose infiltrated connective tissue was filled under the perforated titanium membrane and bone particles were filled on the surface of residual bone. 97.4% perforated titanium membrane was exposed. (Villanueva bone stain, Original magnification  $\times 5$ )



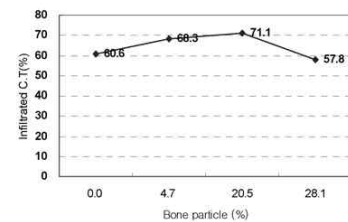
**Figure 6a.** Dense infiltrated connective tissue was filled under the perforated titanium membrane and new bone formation on the surface of residual bone. No perforated titanium membrane was exposed. (Villanueva bone stain, Original magnification  $\times 5$ ). **b.** Dense infiltrated connective tissue and bone particles were filled on the surface of residual bone. Loose connective tissue was seen under the exposed part of the perforated titanium membrane. 55.8% perforated titanium membrane was exposed. (Villanueva bone stain, Original magnification  $\times 5$ )



**Figure 7.** Relationship between residual bone graft and membrane exposure (Spearman's coefficient of correlation:  $-0.8$ ).



**Figure 8.** Relationship between newly formed connective tissue and membrane exposure (Spearman's coefficient of correlation:  $0.4$ ).



**Figure 9.** Relationship between residual bone graft and newly formed connective tissue (Spearman's coefficient of correlation:  $0.2$ ).

이 보이고 피질골 방향으로 하방으로 내려 갈수록 이식재 주변에 성긴 소성 결합조직으로 둘러싸인 양상을 보여주었다(Figure 6b). 신생 결합조직의 면적 비율은 57.76%이고, 잔존 골 이식재의 면적 비율은 28.11%이었다(Table 1).

### 3. 막의 노출률에 따른 잔존 이식재와 신생 결합조직의 상관관계

차폐막의 노출률과 잔존 이식재의 면적 비율의 Spearman's coefficient 계수는  $-0.8$ , 유의확률  $0.2$

로 유의수준  $0.05$ 보다 큰 값으로 유의성은 인정되지 않으나, 상관계수가  $-1$ 에 가까운 편으로 약간의 역 상관관계가 있는 경향을 있다고 할 수 있다(Figure 7).

차폐막의 노출률과 신생 결합조직의 면적 비율은 Spearman's coefficient 계수  $0.4$ , 유의확률  $0.6$ 으로 상관관계도 없고 유의성도 없다(Figure 8).

즉 차폐막의 노출률이 클수록 잔존 골이식재의 면적 비율이 약간의 비례관계를 가지고 적음을 알 수 있지만 차폐막의 노출률과 신생 결합 조직의 면적 비율은 큰 상관관계가 없음을 추론할 수 있다.

#### 4. 신생 결합조직과 잔존 골 이식재의 상관관계

신생 결합조직과 잔존 골 이식재의 면적 비율은 Spearman's coefficient 계수 0.2, 유의확률 0.8로 가장 상관관계가 없었다(Figure 9).

#### 5. 통계학적 분석

막이 100% 노출된 탈회 동결 건조골은 잔존 골 이식재가 거의 흡수된 양상을 보이거나 방사선 조사 망상골이나 탈단백 우골은 막의 노출률이 클수록 잔존 골 이식재의 면적 비율이 더 적음을 알 수 있다. 하지만 신생 결합 조직의 면적 비율과 막의 노출률, 신생 결합 조직과 잔존 골 이식재의 면적 비율은 큰 상관관계가 없음을 알 수 있었다.

### IV. 고안

이번 실험은 수직적 골 형성을 위한 천공형 티타늄 막과 여러 가지 골 이식재를 이용한 골유도 재생술식 연구 모델을 사용하여 막의 구강 내 조기 노출 시 일어날 수 있는 조직 반응을 알아보고자 시행하였다. 천공형 티타늄 막은 다른 차폐막에 비해 견고한 기계적 성질을 가지고 있으며 원하는 형태로 조작이 쉽기 때문에 재생 공간의 붕괴 없이 골 재생을 얻으리라 사료되어 이번 실험에 사용되었고 막의 고정을 위하여 핀을 사용하여 막의 변연부에서 주변 연조직의 침투를 막으려고 하였다. 또한 주변의 골 조직으로부터 골 형성세포의 이주에 의한 골 재생을 배제하고자 인레이 형태의 골내 결손부가 아닌 외방형 골 증식 모델을 사용하여 천공형 차폐막과 골 이식재가 재생 공간 확보 및 유지와 골 재생에 미치는 효과를 살펴보고자 하였고 치조골상방의 피질골을 천공하여서 골 형성세포의 이주와 함께 재생부위로 혈액공급을 원활하게 하고 골 이식재와 기저골과의 긴밀한 접촉을 제공하고자 하였다.

von Arx와 Kurt<sup>17)</sup>는 티타늄 막의 견고한 기계적

측면 때문에 효과적인 차폐막이 될 수 있다고 가정하면서도 차폐막을 사용하지 않고 자가골만 이용하여 골 이식을 한 군과 자가골과 함께 천공형 티타늄 막을 함께 사용한 군에서 비슷한 양의 골 충전을 보였다고 하였지만 천공형 티타늄 막이 이식재의 표면 흡수를 보호하는 역할을 한다고 주장하였다. 또한 Widmark 등<sup>18)</sup>은 피질골 또는 해면 피질골을 이용한 인레이 형태의 자가골 이식수술을 시행하였을 때 천공형 티타늄 막을 같이 사용한 경우보다 사용하지 않은 경우 60% 정도 더 이식재의 흡수를 보여주었다고 하였다. von Arx 등<sup>19)</sup>은 천공형 티타늄막을 사용한 골유도 재생술과 동시에 임플란트를 식립 시에 수술 후 3년까지 기능적 부하를 주었을 때 재생된 부위나 재생을 하지 않은 부위 공히 유사하게 부하에 견딜 수 있었으며 임플란트 주위 연조직의 임상 지수 즉 치주낭 탐침 깊이, 연조직 부착 수준, 변형 치태지수, 변형 열구 내 출혈지수도 유사하였다.

천공형 티타늄 막이 이식재의 고정과 원하는 형태로 조작이 쉽고 유지가 잘 된다고 하나 판막의 열개로 인한 막의 노출도 흔하게 발생한다는 여러 보고가 있는데 Augthun 등<sup>20)</sup>, Becker 등<sup>21)</sup>, Gher 등<sup>22)</sup>, Zitzmann 등<sup>6)</sup>은 천공형 티타늄 막을 이용한 골유도 재생술과 동시에 임플란트를 식립할 때 막의 노출이 41~66%정도 일어난다고 하였다.

이번 실험에서도 이번 실험에서는 비글견의 구강 내에 5mm의 높이의 차폐막을 사용하였으므로 판막에 지나친 장력이 가해질 수밖에 없을 것이라 생각되며 이러한 많은 양의 수직적 골 증가가 필요한 경우 감소된 혈액 공급으로 인해 한 부위를 제외한 나머지 일곱 부위에서 연조직의 부족으로 인한 판막의 열개로 인해 차폐막이 노출되었고 천공형 티타늄 막은 창상 열개 시 일어날 수 있는 막의 노출에 의한 감염이 다른 비흡수성 막보다 적다고 하였지만 노출이 일어난 표본에서는 이식재의 더 많은 흡수를 보였다.

골 이식재로 사용된 탈단백 우골이나 방사능 조사 망상골은 차폐막의 노출에도 불구하고 골이식재가 많이 잔존되어 있음을 볼 수 있었지만 탈회 동결 건조골을 골 이식재로 사용한 경우 흡수가 많이 진행

된 것을 볼 수 있었다.

그 이유는 아마도 염산을 이용하여 칼슘을 제거하였기 때문에 탈회하는 과정에서 푸석푸석하게 되어 너무 빨리 흡수되므로 이식재의 가장 중요한 요건인 장기간의 공간유지 효과가 떨어져서 약한 힘에 의해서도 골 이식재가 움직일 수 있으며<sup>23)</sup> 또한 기저골에 가까운 곳에서만 골화 과정에 참여하는 형태를 보이고 대부분 이식재 조각이 결합조직으로 완전히 둘러싸여 버려 골 재생이 안 되는 점 등 그 효과가 경우에 따라 매우 다양하게 나타나 골재생의 예견성이 떨어진다는<sup>24)</sup>. 또한 탈회 동결 건조골이 골 형태형성 단백질이 노출로 인한 골유도 형성 능력이 있다고는 하나 상품화되어 유통되고 있는 제품에서는 신생골을 유도하기에는 그 양이 매우 적기 때문에 거의 없다고 볼 수 있다<sup>23,24)</sup>.

차폐막을 사용하여 골유도 재생술식을 시행할 때 치유 기간 중의 막의 조기 노출이 재생량에 미치는 효과에 대하여 많은 연구가 있어 왔다. Mattaout와 Mattout<sup>25)</sup>은 비흡수성 차폐막인 e-PTFE가 수술 후 처음 3개월 내에 노출된 경우, 3~6개월 사이에 노출된 경우나 노출이 일어나지 않는 경우보다 더 감소된 재생량을 보인다고 하였고 Nowzari 등<sup>26)</sup>과 Nowzari와 Slots<sup>27)</sup> 및 Selvig 등<sup>28)</sup>은 차폐막이 일단 노출되면 세균의 집락이 일어나므로 즉시 제거해야 한다고 주장하였다. Becker 등<sup>21)</sup>은 임플란트 식립 부위의 결손부의 골 충전을 위하여 e-PTFE를 사용하였을 때 막이 조기 노출된 부위는 63%의 골 결손부의 재생이 보였으나 노출되지 않는 부위는 98%의 재생이 보였으며 Zitzmann 등<sup>6)</sup>의 연구에서도 비슷한 결과를 보여주었다. Lorenzoni 등<sup>29)</sup>은 임플란트 식립과 동시에 차폐막을 이용한 골유도 재생술을 시행할 때 막이 조기 노출된 경우는 수술 후 24개월까지 치조골 능의 흡수를 보인다고 하였다. Simion 등<sup>30)</sup>은 임플란트 나사선이 노출된 부위에 e-PTFE 차폐막으로 골 재생을 하였을 때 막이 노출된 부위에서 현저히 낮은 골재생량을 보여주었다고 하였고 Yoshinari 등<sup>32)</sup>, Zucchelli 등<sup>33)</sup>도 비슷한 결과를 보여주었다. 하지만 Kohal 등<sup>34)</sup>은 치조골 증대 술식

을 하였을 때 막의 노출군과 노출되지 않는 군에서 비슷한 결과를 보여주었다고 하였다.

이번 실험에서도 막이 노출되지 않는 탈단백 우골군은 이식재가 거의 남아 있고 좀 더 치밀한 결합조직 소견을 보여주어 차후에 신생골로 대체될 수 있을 것이라고 예견할 수 있지만 차폐막이 노출된 표본들은 이식재가 흡수 되고 신생결합조직도 좀 더 성긴 형태를 보여주어서 신생골의 형성이 많지 않으리라 예측할 수 있다.

그러나 Machter<sup>35)</sup>은 임프란트와는 달리 치주 재생을 위한 조직유도 재생술에서 차폐막을 사용하는 경우 차폐막의 조기 노출이 큰 영향을 미치지 않는다고 하였고 다른 연구에서도 비슷한 결과들을 보여주었다. De Sanctis 등<sup>36,37)</sup>, Lekovic 등<sup>38)</sup>, Becker 등<sup>39)</sup>, Yukna<sup>40)</sup>, Christgau 등도 비슷한 결과를 보여준다고 하였지만 Zucchelli 등<sup>33)</sup>은 흡수성 막으로 조직유도 재생술을 시행하였을 때 막이 노출되지 않는 군에서 더 많은 부착수준의 증대를 보여주었다고 하였다.

Mombelli 등은 6주 된 e-PTFE 차폐막에서 치료가 되지 않은 치주질환자의 치주낭에서 볼 수 있는 병원균과 유사한 병원균을 발견하였고 Nowzari와 Slots, Wang 등은 e-PTFE 차폐막에서 *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella melaninogenica*, *Actinobacillus actinomycetemcomitans* 등을 발견하였다. 이러한 차폐막과 연관된 병원균은 골유도 재생술식을 시행할 부위에 인접한 치주질환에 이환된 치아의 치주낭 또는 임플란트를 식립하기 전에 발치한 치아의 치주낭의 병원균과 유사하므로 막이 조기 노출되는 경우 감염의 원인이 될 수 있기 때문에 병원균의 적절한 관리가 필수적이며 골유도 재생 술식에서 차폐막을 사용하는 경우 전신적인 광범위 항생제 투여 및 국소적인 chlorhexidine의 도포는 차폐막이 조기 노출될 경우 세균 집락과 감염에 대비해 적절한 효과를 볼 수 있을 거라고 사료된다.

막의 노출을 막기 위해서는 판막의 완전한 피개가 결정적인 역할을 하나 Lazzara<sup>9)</sup>와 Shanaman은 막의 폐쇄가 치유에 큰 역할을 하지 않는다고 가정하



었다. Nevins와 Mellonig은 골유도 재생술을 시행하였을 때 수술 후 주로 3주 이내에 막의 노출이 일어나며 4~6주 사이에도 일어날 수 있다고 하였다. Hiatt 등은 치주 수술 후 치유 중에 치주 판막의 창상인장력은 2주가 되어서야 1700mg 이상의 힘에도 분리되지 않으므로 2주 이내에 절개선이 벌어지지 않도록 매우 주의하여야 한다고 하였다. 노출된 차폐막의 제거는 막의 노출이 있다고 하여서 바로 제거하는 것보다는 막의 기능을 최대한 유지하기 위해 막의 제거시기를 최대한 연장하는 것이 골의 최대 재생을 얻을 수 있다.

본 실험에서 판막의 완전한 폐쇄를 도모하고자 일차의도 폐쇄가 이루어지기 위한 봉합을 시도하였으나 수술 후 2~3주 내에 판막의 열개로 인한 천공형 티타늄 막의 조기 노출이 일어났으며 조기 노출에 따른 여러 종류의 이식재의 흡수 정도와 조직학적 반응을 보기 위하여 4주에 실험동물을 희생시켰다. 4주란 빠른 시기에 회생을 하였기 때문에 차폐막의 노출이 일어나지 않은 실험 부위에서도 신생골의 형성을 볼 수는 없었지만 흡수되지 않고 남아있는 골 이식재가 차후 골전도에 의해 신생골로 대체할 수 있을 거라고 사료된다.

따라서 임플란트 식립 부위에 골유도 재생술을 시행 시 차폐막을 사용할 때는 차폐막의 노출이 일어나지 않기 위해 봉합이 장력에 견딜 수 있도록 충분한 연조직이 필요하며 치유기간 중에 세균의 감염이 일어나지 않게 하기 위해 충분한 국소적 전신적 항생제 투여 및 치태관리가 필요하다고 생각된다.

차후에는 차폐막의 노출이 골 재생에 미치는 영향에 대해 연구할 때는 충분한 숫자의 조직 표본이 필요할 듯하며 신생골 형성을 관찰 할 수 있는 최소한 12주 이상의 좀 더 긴 치유기간을 거친 조직표본 연구가 필요하다고 생각되며 가능하다면 세균의 배양 및 DNA검사를 통한 미생물 검사를 통해 치주질환을 일으키는 세균과의 관계에 대한 연구도 필요하다고 사료된다.

## V. 결론

임플란트의 원활한 식립을 위하여 치조골의 적당량이 필요하며, 경우에 따라서는 골량 부족으로 인하여 차폐막을 이용한 골유도 재생술로 치조제 증대를 시도하게 된다. 차폐막을 이용한 치조제 증대술 시 차폐막이 조기에 구강 내 노출되는 경우가 종종 발생한다.

이번 연구는 실험적으로 형성한 구강 내 위축 치조제에서 외방성 수직 골 재생을 유도하고자 비흡수성 차폐막을 이용하여 골유도 재생술을 시행하였을 때 치유 기간 중에 차폐막이 구강 내 조기 노출되는 경우 신생골 재생에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. 실험동물로는 생 후 2년 된 웅성 비글견 4마리를 사용하였고, 하악의 모든 소구치를 탈치하고 5mm 높이로 치조제를 외과적으로 제거한 12주 후 전층 판막을 거상하고 하악 소구치 부위 치조제에 골수 내 천공을 시행한 후 그 상방에 길이 8mm, 폭 4mm, 높이 5mm 되는 직육면체의 천공형 티타늄 막을 고정하여 수직 골 증대술을 시행하였다. 천공형 티타늄만을 사용하면 대조군으로 하였고, 차폐막 내면에 충전한 탈회 동결 건조골, 방사능 조사 망상골, 탈단백 우골과 같은 골 이식재의 종류에 따라 각각을 실험군으로 설정하였다. 실험 4주 후에 모든 실험동물을 희생시키고 차폐막을 포함한 일부의 치조제를 채취하여 통법에 따라 비탈회 조직절편을 제작하고 조직학적 및 조직계측학적으로 검사 및 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수술 4주 후에 차폐막의 노출률에 상관없이 대조군 및 모든 실험군에서 재생골은 형성되지 않았다.
2. 방사능 조사 망상골 군과 탈단백 우골 군에서 막의 노출률이 적을수록 막 하방에 생성된 신생 결합조직이 치밀한 조직학적 양상을 보였다.
3. 막의 노출률이 클수록 잔존 골 이식재의 양은 유의하게 감소하였으나( $P < 0.05$ ), 신생결합조직의 생성량과는 상관관계가 없었다.
4. 막 노출 시 탈회 동결 건조골은 흡수가 많이

발생하였으나, 방사능 조사 망상골과 탈단백 우골은 흡수가 적게 일어났다.

- 모든 실험군의 잔존 골 이식재와 신생 결합 조직 간의 면적 비율도 상관관계가 없었다.

이상의 결론을 토대로 천공형 티타늄 차폐막의 조기 노출은 수직적 골 재생량에 해로운 효과를 보이며, 골이식 재료로서 막의 노출에 흡수가 적은 방사능 조사 망상골이나 탈단백 우골이 탈회 동결 건조 골보다 충전재로 효과적이라고 사료된다.

## VI. 참고문헌

- Marco D, Antonio S, Adriano P. Regeneration of the alveolar crest using titanium micromesh with autologous bone and a resorbable membrane. *J of Oral Implantology* 2003;2:86-90.
- Dahlin C, Sennerby L, Lekholm U. Generation of new bone around titanium implants using a membrane technique: An experimental study in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:19-25.
- Buser D, Dura K, Belser UC, Hirt HP, Berthold H. Localized ridge augmentation using guided bone regeneration: Surgical procedure in the maxilla. *Int J Periodont Rest Dent* 1993;13:29-45.
- Scantlebury TV. A decade of technology development for guided tissue regeneration. *J Periodontol* 1993;64:1129-1137.
- Ofer M, Sandu P, Zvi A. Healing of dehiscence-type defects in implants placed together with different barrier membranes: A comparative clinical study. *Clin Oral Impl Res* 2005;16:210-219.
- Zitzmann NU, Naef R, Scharer P. Resorbable versus nonresorbable membranes in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:844-852.
- Jovanovic SA, Spiekermann H, Richter EJ. Bone regeneration around titanium dental implants in dehiscenced defect sites: A clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:233-245.
- Simion M, Baldoni M, Zaffe D. Jaw bone enlargement using immediate implant placement associated with a split-crest technique and guided tissue regeneration. *Int J Periodont Rest Dent* 1992;12:462-473.
- Lazzara RJ. Immediate implant placement into extraction sites: Surgical and restorative advantages. *Int J Periodont Rest Dent* 1989;9:333-343.
- Martin L, Christof P. Evaluation of implants placed with barrier membranes: A retrospective follow-up study up to five years. *Clin Oral Impl Res* 2002;13:274-280.
- Carlo T, Stefano PB. Treatment of peri-implant defects with the vertical ridge augmentation procedure: A patient report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:572-577.
- Schenk RK. Bone regeneration: Biologic bias. Guided bone regeneration in implant dentistry. Chicago: Quintessence 49-100.
- Malchiodi N, Scarano A, Quaranta M, Piattelli A. Rigid fixation by means of titanium mesh in edentulous ridge expansion for horizontal ridge augmentation in the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:701-705.
- Perikls P, Jaime L, Alejandro K. The use of titanium mesh in conjunction with autogenous bone graft and inorganic bovine bone mineral for localized alveolar ridge augmentation: A human study. *Int J Periodont*

- Rest Dent 2003;23:185–195.
15. Boyne PJ, Cole MD, Stringer D, Shafqat JP. A technique for osseous restoration of deficient edentulous maxillary ridge. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1985;43:87–91.
  16. von Arx T, Hardt N, Wallkamm B. The TIME technique: A new method for localized alveolar ridge augmentation prior to placement of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:387–394.
  17. von Arx T, Kurt B. Implant placement and simultaneous ridge augmentation using autogenous bone and a micro titanium mesh: A prospective clinical study with 20 implants. *Clin Oral Impl Res* 1999;10:24–33.
  18. Widmark G, Andersson B, Ivanof CJ. Mandibular bone graft in the anterior maxilla for single tooth implants: Presentation of a surgical method. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;26:106–109.
  19. von Arx T, Hardt N, Wallkamm B. Localized ridge augmentation using a micro-titanium mesh: A report on 27 implants followed from 1 to 3 years after functional loading. *Clin Oral Impl Res* 1998;9:123–130.
  20. Augthun M, Yildirim M, Spiekermann H, Biesterfeld S. Healing of bone defects in combination with immediate implants using the membrane technique. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:421–428.
  21. Becker W, Dahlin C, Becker BE. The use of e-PTFE barrier membranes for bone promotion around titanium implants placed into extraction socket: A prospective multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;14:48–61.
  22. Gher ME, Quintero G, Assad D, Monaco E. Bone grafting and guided bone regeneration for immediate dental implants in humans. *J Periodontol* 1994;65:881–891.
  23. van Steenberghe D, Johansson C, Quirynen M, Molly L, Albrektsson T. Bone augmentation by means of a stiff occlusive titanium barrier: A study in rabbits and humans. *Clin Oral Impl Res* 2003;14:63–71.
  24. von Arx T, Cochran DL, Hermann JS, Schenk RK, Buser D. Lateral ridge augmentation using different bone fillers and barrier membrane application: A histologic and histometric pilot study in the mandible. *Clin Oral Impl Res* 2001;12:260–269.
  25. Mattout P, Mattout C. Conditions for success in guided tissue regeneration: Retrospective study on 376 implant site. *J Periodontol* 2000;71:1904–1909.
  26. Nowzari H, Martin F, Slots J. Periodontal pathogens on polytetrafluoroethylene membrane for guided tissue regeneration inhibit healing. *J. Clin Periodontol* 1995;22:469–474.
  27. Nowzari H, Slots J. Microbiologic and clinical study of polytetrafluoroethylene membranes for guided bone regeneration around implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:67–73.
  28. Selvig KA, Kersten BG, Chamberlain AD. Regenerative surgery of intrabony periodontal defects using e-PTFE membranes: Scanning electron microscopic evaluation of retrieved membranes vs. clinical healing. *J Periodontol* 2002;63:974–978.
  29. Lorenzoni M, Pertl C, Polansky RA. Evaluation of implants placed with barrier membranes. *Clin Oral Impl Res* 2002;13:274–280.
  30. Simion M, Baldoni M, Rossi P, Zaffe D. A comparative study of the effectiveness of e-PTFE membranes with and without early

- exposure during the healing period. *Int J Periodont Rest Dent* 1994;14:167–180.
31. Simion M, Tristi P, Piattelli A. Vertical ridge augmentation using a membrane technique associated with osseointegrated implants. *Int J Periodont Rest Dent* 1994; 14:167–180.
  32. Yoshinari N, Tohya T, Mori A. Inflammatory cell population and bacterial contamination of membranes used for guided tissue regenerative procedure. *J Periodontol* 1998;69:460–469.
  33. Zucchelli G, De Sanctis M, Clauser C. Integrated connective tissue in bio-absorbable barrier membrane and periodontal regeneration. *J Periodontol* 1997;68: 996–1004.
  34. Kohal RJ, Mellas P, Hurzeler MB, et al. The effect of guided bone regeneration and grafting on implants placed into immediate extraction socket: An experimental study in dogs. *J Periodontol* 1998;69:927–937.
  35. Machtei EE. The effect of membrane exposure on the outcome of regenerative procedures in humans: A meta-analysis. *J Periodontol* 2001;72:512–516.
  36. De Sanctis M, Zucchelli G, Clauser C. Bacterial colonization of bioabsorbable barrier material and periodontal regeneration. *J Periodontol* 1996;67:1193–1200.
  37. De Sanctis M, Zucchelli G, Clauser C. Bacterial colonization of barrier material and periodontal regeneration. *J Periodontol* 1996;23:1039–1046.
  38. Lekovic V, Kenney EB, Kovacevic K, Carranza FA Jr. Evaluation of guided tissue regeneration in class II furcation defects: A clinical re-entry study. *J Periodontol* 1989;60:694–698.
  39. Becker W, Becker BE, Berg L, Prichard J. New attachment after treatment with root isolation procedure: Report for treated class II furcation with vertical osseous defects. *Int J Periodont Rest Dent* 1988;8: 9–21.
  40. Yukna RA. Clinical human comparison of e-PTFE barrier membrane and freeze-dried dura mater allografts for guided tissue regeneration of lost periodontal support I: Mandibular class II furcations. *J Periodontol* 1992;63:431–442.

# The effect of early membrane exposure on exophytic bone formation using perforated titanium membrane

Eun–Jung Kim, Yeek Herr\*, Young–Hyuk Kwon, Joon–Bong Park, Jong–Hyuk Chung

Department of Periodontology and Institute of Oral Biology, School of Dentistry,  
Kyung Hee University

This study was performed to evaluate the effect of membrane exposure on new bone formation when guided bone regeneration with perforated titanium membrane on atrophic alveolar ridge. The present study attempted to establish a GBR model for four adult beagle dog premolar. Intra–marrow penetration defects were created on the alveolar ridge(twelve weeks after extraction) on the mandibular premolar teeth in the beagle dogs. Space providing perforated titanium membrane with various graft material were implanted to provide for GBR. The graft material were demineralized bovine bone(DBB), Irradiated cancellous bone(ICB) and demineralized human bone powder(DFDB). The gingival flap were advanced to cover the membranes and sutured. Seven sites experienced wound failure within 2–3weeks postsurgery resulting in membrane exposure. The animals were euthanized at 4 weeks postsurgery for histologic and histometric analysis.

The results of this study were as follows:

1. There was little new bone formation at 4 weeks postsurgery, irrespectively of membrane exposure.
2. There was significant relationship between membrane exposure and bone graft resorption( $P < 0.05$ ), but no relation between membrane exposure and infiltrated connective tissue.
3. There was much bone graft resorption on DFDB than ICB and DBB.
4. The less exposure was on the perforated titanium membrane, the more dense infiltrated connective tissue was filled under the membrane when grafted with ICB and DBB. but there was no relationship between the rate of membrane exposure and the percentage of infiltrated connective tissue area and no relationship between the percentage of the area in the infiltrated connective tissue and in the residual bone graft.

Within the above results, bone formation may be inhibited when membrane was exposed and ICB and DBB were more effective than DFDB as a bone graft material when guided bone regeneration.

---

**Key words** : Exophytic bone formation, Membrane exposure, Graft material

