

가토 하악골 결손부의 골재생에 있어서 n-PTFE의 효과

장도근 · 송재철 · 이용규 · 김진수

경북대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

Abstract

THE EFFECT OF APPLICATION OF n-PTFE ON MANDIBULAR BONE DEFECTS OF RABBITS*

Do-Geun Jang, Jae-Chul Song, Yong-Gyoo Lee, Chin-Soo Kim

Dept of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Dentistry Kyungpook National University

We observed the effect of application of n-PTFE on mandibular bone defects in the rabbit. GTR is based on the hypothesis that during wound healing, non-osteogenic cells are mechanically blocked from entering a bone defect. This allows the slower-migrating mesenchymal cells from the surrounding bone and marrow, having osteogenic potential, to move the defect site. Bilateral through & through defects, 8 mm×4 mm in size, involving the inferior border of mandible, were created in the mandible angle of 15 rats. The experimental side was applied with high-density n-PTFE membrane, with the opposite side serving as a control. In the first week of the early experimental period, the bone defects of experimental groups were filled with highly vascularized fibrous connective tissue showing prominent osteoblastic activity with osteoid formation, whereas the defects of control were replaced by dense fibro-muscular tissue without osteoblastic activity. After 3 weeks, the experimental group revealed well formed bone trabeculae and fibro-vascular marrow within surrounding membrane. With time the amount of new bone was decreased with increase of hematopoietic marrow, and the cortical plate composed of dense mature bone was more thicker.

In the whole experimental periods, the inflammation and foreign body reaction were not found around the inserted n-PTFE membrane.

After removal of membrane there was marked remodeling of newly formed bone by active osteoclasts in periosteal soft tissue, which decreased the bone volume apparently.

These findings suggest that n-PTFE has biocompatibility, flexibility, and rigidity and offer rapid bone regeneration within limited area by the membrane. On the other hand, the early removal of membrane caused reduction of bone volume by the osteoclastic resorption. Thus, the time of removal may be more important factor for maintenance of regenerated bone volume.

I. 서 론

안면골은 종양, 낭종, 외상, 및 염증성 질환 등의 다양한 원인으로 결손부위가 발생하게 되는데, 이러한 골결손부의 형태적 기능적 회복을 위한 많은 시도들이 실험적 및 임상적으로 행해졌다. 골결손부의 회복은 장골이나 늑골 등을 이용한 자가골이식술이 많이 이용되어 왔으나, 이러한 자가골 이식술은 공여부의 양적 제한과 합병증 등의 단점을 가지고 있으므로 이를 보완하기 위해 동종골 및 이종골의 이식술이 적절히 사용되어왔다.

이러한 골이식술 방법외에도 여러 종류의 인공막을 이용하여 골형성을 유도하는 노력이 있어왔으며, 예로 cellulose acetate filter¹⁾, polytetrafluoroethylene(PTFE)²⁻⁴⁾, resorbable polymer⁵⁻⁶⁾, bovine collagen⁷⁾, lyophilized dura mater⁸⁻¹⁰⁾ 등의 재료들이 조직유도재생술(Guided Tissue Regeneration, GTR)을 위해 사용되어왔다.

이러한 차단막은 골결손부위가 치유되는 동안 그 부위로, 빠르게 이동하는 결체조직성세포의 이동을 물리적으로 차단하여 상대적으로 천천히 이동하는 골형성능을 가지는 미분화간엽세포의 이동을 효과적으로 향상시키는 것이다¹¹⁾.

GTR은 Boyne¹⁾ 이후 발전하여 Nyman 등¹²⁾이 비흡수성 millipore filter를 처음 치주영역에 적용하여 치근막의 신부착을 원활히 유도하기 위해 사용된 이래 e-PTFE (expanded PTFE) 차단막이 여러 학자들¹³⁻¹⁶⁾에서 주로 치주 조직의 재생을 유도하기 위하여 사용되었다.

이러한 원리를 이용하여 두개골¹⁷⁾, 하악골¹⁸⁾, 안와 저¹⁹⁾, 비골(fibula)³⁾ 등의 골결손부의 재생을 위해서도 인공 차단막이 응용되고 있다. 차단막은 두 가지 종류로 대별되는데, 그 하나는 흡수성 물질로 collagen, polylactic acid, polyglactic acid 등이 있고, 비흡수성 물질로는 e-PTFE, n-PTFE(non-porous high-density PTFE), latex rubber 등이 있다. 비흡수성의 성질을 가지는 e-PTFE는 Bauer 등²⁰⁾이 복막 결손부에 적용한 결과, 이를반응과 감염성이 미약하며, 낮은 협착성 그리고 양호한 생체적합성을 지니며 또한 유연하여 쉽게 형태를 만들고 유지력이 우수한 차단막임을 시사한 바 있다.

그러나 e-PTFE는 microporosity를 가지고 있어

항생제내성균 감염을 일으키기 쉬워 조기 제거가 요구되는²¹⁾ 반면, n-PTFE는 낮은 감염율의 장점외에도 안정성과 견고성, 그리고 효과적인 결손부위의 유지의 장점이 있다.

그리하여 본 실험에서는 n-PTFE가 가토 하악골의 결손부, 특히 하악 하연을 포함하는 부위에서 안정성과 견고성의 확보가 유효한가를 평가하고, n-PTFE막이 초기 단계에서 연조직 유입의 차단으로 인한 골의 재생과 이후 차단막의 제거 후에 골의 계속 형성과 그 과정 중에 일어날 수 있는 연조직의 침투여부를 살펴보고자 하였으며 n-PTFE의 지속적 영향 및 적절한 제거시기 등을 관찰하고자 본 연구를 시행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

생후 약 10주 이상된 체중 2-3Kg의 용성가토(New-Zeland white rabbit) 15마리를 시판되는 고형 사료와 물로 동일 조건하에서 사육하였다.

2. 방법

1) 실험동물의 구분.

실험동물 용성가토 15마리중 12마리에서는 각각 우측 하악골을 대조군, 좌측 하악골을 실험1군, 나머지 3마리는 실험2군으로 구분하였다.

(1) 대조군 : 실험동물 12마리의 하악 우측 우각부의 골결손 부위를 형성후 1, 3, 6, 10주에 각 3마리를 관찰하였다.

(2) 실험1군 . 12마리의 하악 좌측 우각부의 골결손 부위를 형성후 n-PTFE를 적용하여 1, 3, 6, 10주후 각 3마리를 관찰하였다.

(3) 실험2군 : 골결손부 치유 중 n-PTFE 차단막의 제거로 인한 주위 연조직의 침투가 골결손부위 재생에 미치는 영향을 관찰하고자 실험동물 3마리에서 좌우측으로 구분하여 차단막의 삽입 후 2주 후에 차단막을 제거하고 제거 후 각각 좌측은 1주, 우측은 4주 소견을 관찰하였다.

2) 실험 방법

실험동물을 Gentamicin 4mg/kg를 대퇴부에 전주사하고 Ketamine 75 mg/kg와 Acepromazine 3mg/kg를 근주하여 마취하였다. 양측 하악 우각부를 면

도하고, povidone iodide와 75% alcohol로 소독하였다. 이 부위를 국소마취(2% lidocaine with 1:100,000 epinephrine)하고, 먼저 좌측 우각부의 골이 노출되도록 2 cm의 절개선을 가한 후 골막을 박리하여 골을 노출시켰다. 교근이 부착되는 부위와 내외돌근이 부착되는 부위를 충분히 노출시켜 bur를 이용하여 우각부 하연을 포함하여 8mm×4mm의 내외측을 관통하는 골 결손부를 형성한 후 미리 준비한 n-PTFE membrane (TefGen-FD®, ACM, Lubbock, Texas)을 14mm×12mm로 만들어, 하연의 형태에 맞게 접어 골결손부위를 완전히 덮어주었다. 그리고나서 3-0봉합사로 골막과 근육을 충분히 봉합하고, 피부를 봉합하였다.

동일한 방법으로 우측의 골결손부를 형성한 후 차단막 적용없이 봉합하여 대조군으로 사용하였다. 술후 2일간 Gentamicin을 1일 1회 4gm/kg로 근주하였다. 실험2군도 동일한 방법으로 n-PTFE를 위치시킨 후 2주 후에 재개방하여 n-PTFE만 제거하고 재봉합하였다.

이후 실험1군은 1, 3, 6, 10주에 각 3마리 씩 회생시켜 10% formaline에 고정하고 10% formic acid로 1 - 2주간 탈회하여 통법에 따라 파라핀 포매를 한 다음 6 - 8 μ m의 두께의 절편을 얻어 Hematoxylin-Eosin 염색후 광학 현미경으로 관찰하였다.

III. 실험성적

실험의 결과는 광학 현미경 소견상 골형성 정도와 염증 및 이물반응 여부에 관점을 두고 관찰하였다. 결과는 1, 3, 6, 10 주의 대조군 소견을 기술하고 실험군의 소견을 기술하여 비교하였다.

1. 대조군

1) 대조군 1주(Fig. 1)

골 결손부위는 섬유성결체조직으로 대치되어 있으며 근육의 재부착은 이루어지지 않았다. 염증소견은 미약하고 절단부위에서의 신생골 형성 소견은 없었으나 기존골 골막 부위에서는 비교적 활발한 반응성 골형성이 관찰되었다.

2) 대조군 3주(Fig. 2)

1주에 비해 신생골의 형성이 뚜렷하게 없으나 절단면이 보다 둥그스름하게 두께의 증가를 보였으며,

주위로 정연하게 근조직의 재생이 이루어졌다.

3) 대조군 6주(Fig. 3)

3주에 비해 골성 비후가 이루어지고 골수강이 확보되어 있으나 골수형성은 미약하였다.

4) 대조군 10주(Fig. 4)

6주소견에 비해 대차 없었으며, 더 이상의 골성 증가는 이루어지지 않았고 보다 성숙된 치밀골판을 형성하였다.

2. 실험1군

1) 실험1군 1주(Fig. 5)

절단부 하방에서는 활발한 조골세포의 활성과 골주상의 신생골이 형성됨이 관찰되었다. 막의 안쪽은 혈관이 다수 분포 되어지는 소성 결체조직으로 채워졌으며 또한 대조군에 비해 골막 주위에서 반응성 골형성이 보다 현저하였고, 막의 주변은 특별한 염증성 소견 및 이물성반응이 없었다.

2) 실험1군 3주(Fig. 6)

막의 경계에 의해 골의 형성이 현저히 진행되었으며 중심부는 혈관이 풍부한 육아성조직으로 남아 있었으나, 막의 내면에 접한 부위는 외형에 따라 골이 형성되었다. 막과 주위 근육사이는 섬유성조직이 대상으로 경계를 이루었으며 특기할 염증 소견 및 이물반응은 없었다.

3) 실험1군 6주(Fig. 7)

막의 내부 전체가 골로 채워지고 비교적 잘 형성된 골수가 관찰되었으며 신생골주들도 성숙골로 대치됨을 볼 수 있다. 여전히 막에 의한 이물 반응은 관찰되지 않았다.

4) 실험1군 10주(Fig. 8)

6주 소견에 비해 골소주의 양이 감소되고 혈관이 풍부한 소성 결체조직성 골수의 양이 상대적으로 증가되어 있으며, 막 외형에 준해 형태적으로 양호한 골성 회복을 유지하였다.

3. 실험2군

1) 실험2군 3주(Fig. 9)

실험1군의 3주와 유사한 골량이 나타나고 있으나 형성된 골의 섬유조직 및 근육과 접하는 부위에서 과골세포가 관찰되며 골의 흡수가 진행되었으나 염증소견은 관찰되지 않는다.

2) 실험2군 6주(Fig. 10)

실험2군 3주에 비해 골량이 현저히 감소되었으나 피질골판은 보다 성숙된 양상을 나타내었다. 파골세포 및 조골세포에 따른 형태재형성이 활발하였다.

IV. 고 쟈

골결손부 회복의 궁극적 목적은 바람직한 형태적 기능적 재생이며 이에 대한 수 많은 연구가 있어왔다. 본 실험은 그 중에서 골의 결손부에 어떠한 골 대체물질이나 이식골을 이용하지 않고 결손부위의 자체 재생능으로 치유되고 회복되도록 유도하기 위한 n-PTFE의 효용성을 평가하고자 하였다.

먼저 적절한 골결손부의 형성을 위해 앞선 연구를 살펴보면, Critical size defect (CSD)에 대한 John 등²²⁾의 보고에서는 가토 하악골에서의 CSD는 확실히 정립된 것이 없었다. DeVore²³⁾가 가토에서 하악 하연을 포함하는 5mm의 결손부를 만들어 관찰한 결과에서는 완전 치유까지는 1년 정도가 소요되었다. 반면 김 등²⁴⁾은 가토의 우각부 골절단술 후 치유에 대한 연구에서 20주 후에 5mm와 7mm가 결손된 실험군에서 결손부가 재생되기보다 오히려 넓어진 것을 보고하였다. 따라서 본실험에서는 하악 우각부에 하연을 포함하는 8mm×4mm의 결손부를 형성하여 대조군과의 차이를 비교하였다.

골 결손부 치유 과정에 영향을 미치는 요소로는 혈병의 존재, 보존된 골아세포, 생체 조직과의 접촉 등이 있으며, 이것은 신생골의 생성과 성장에 필수적이다²⁵⁾. 또한 부적절한 움직임, 혈류의 부족, 연조직의 침투, 감염, 골의 분쇄 등이 골의 치유에 악영향을 미치는 것으로 이 중 연조직의 침투는 근육이나 섬유조직으로 대체되는 효과를 가져오며, 골이식은 이러한 연조직 침투를 막기 위한 방법의 일종이고²⁶⁾, Murray가 plastic cages를 이용해서 골의 생성을 유도한 경우²⁵⁾도 전자와 같은 기계적인 연조직 차단효과를 증명한 경우이다.

구강악안면영역에서의 GTR의 사용에 대한 연구는 1964년 Boyne¹⁾이 처음으로 cellulose acetate filter (Millipore) 하방의 치조골 재생을 보고한 이래, GTR은 차단막이 빠르게 침투하는 연조직세포를 통과하지 못하도록 벽을 형성하는 것이 일차적인 작용기전으로 생각되며, 영양 물질의 투과나 결제 조

직의 침습으로 인한 차단막의 안정성은 골의 재생에 필수적이지 않다는 것이 최근 Lekovic 와 Kenney²⁷⁾ 등^{28, 29)}의 연구에서 밝혀졌다.

GTR을 위해 여러 재료들이 소개되고 이용되어 왔으며, 가장 널리 쓰여온 것이 e-PTFE^{2~4, 30, 31)}이며, 그외 비흡수성 재료로 silicone^{11, 27)}, n-PTFE¹⁸⁾ 등을 들 수 있다. 흡수성인 재료로는 dura mater^{8~10)}, poly-lactic acid^{6, 17, 32)}, collagen^{7, 33)}, poly glactin^{8, 9, 34)} 등이 쓰이고 있다. 흡수성인 재료의 장점은 이차적인 제거가 필요하지 않다는 것이 우선되나, 공간을 유지하는 경도가 부족하고 흡수되는 과정을 통해 약화되기 때문에 골결손부의 재생을 위해 공간을 유지해 주어야 하는 경우에는 유용성이 떨어진다. 흡수성인 재료는 경도를 향상시킬 경우 이물반응이 증가될 수 있어 오히려 골의 재생보다는 골의 흡수를 야기하게 된다. 비흡수성의 재료는 흡수성 재료에서도 마찬가지로 가져야 하는 5가지의 구비요건을 갖추어야 하는데, 조직결합(tissue integration), 세포분리(cell separation), 임상적 유용성(clinically manageable), 공간의 확보(space making), 조직적합성(biocompatibility)이 그것이다³⁵⁾.

n-PTFE는 무공성(nonporous)이어서 조직결합은 얻어지지 않으나, 세포접합(cellular adhesion)을 통해 안정성을 얻을 수 있으며 이러한 조직의 침습이 없어 제거가 용이하다.

PTFE의 pore size에 대해서는 8μm부터 100μm~300μm까지 다양하지만, 이것이 재생정도에 영향을 끼친다는 보고는 없으며³²⁾, Scandlebury³⁵⁾ 또한 Macroporosity가 골생성을 촉진시킨다는 믿을만한 자료를 제시할 수 없었다. 비흡수성의 e-PTFE는 골막하 매식의 실험에서 주위 골세포의 무산소증과 영양 불균형을 일으킨다는 보고도 있으나³⁶⁾, Dahlin 등²⁾은 쥐의 하악골에서 PTFE를 사용해 3주후에 완전한 골치유를 얻을 수 있음을 보고하였다.

최근 Crump 등³⁷⁾은 쥐의 두개골결손부에서 n-PTFE, e-PTFE와 흡수성인 polylactic acid/citric acid ester blend를 사용하여 골성 회복 정도를 비교한 실험에서 2주와 4주군에서 n-PTFE만이 신생골의 형성이 유의하게 관찰되었음을 보고하였다.

비흡수성 차단막인 n-PTFE는 이차적인 제거수술이 요하는 단점이 있지만 하연을 포함하는 하악골의 결손시 우수한 굽힘성과 견고성으로 결손부위의 골

간을 유지하고 적절한 모양을 얻으면서 골재생을 유도하기 위한 재료로써 적합하다고 여겨진다.

Barry¹⁸⁾와 Crump 등³⁷⁾의 연구에서 2주 후에 신생골의 형성이 유의하게 관찰되었고, 김 등²⁴⁾의 연구에서 골치유반응의 초기에 있어 2주까지는 가골 형성이 잘 되지만 이후 세포성분들끼리 잘 접촉하지 못하게되면 2주 이후에는 뇌축하게된다고 하였다, 이어서 골의 형성은 초기 2주의 제어가 중요함을 보여주어 본 실험의 실험2군에서 막을 2주 후에 제거한 것은 적절하게 신생골이 형성된 부위에서 이후 골의 형태적 적응 및 재형성을 빠른 시간에 이를 수 있으리라는 가정에서 행하였으며 실험결과 차단막을 제거 후 신생골의 주위에서 골막성 결체조직이 형성되어 이 부위에서 파골세포의 활성이 증가하여 막의 제거 후 4주에는 형태재형성(remodeling)이 상당히 진행하여 성숙골을 이루며 신생골의 직경이 협소화 되었다. 결국 실험1군의 6주에서 보여주는 골량과 실험2군의 6주에서 보이는 골량의 차이를 현저하여 골량의 확보를 위해 차단막을 2주만에 제거하는 것은 부적절한 것으로 생각되며 긴순부의 형성 후 살아있는 골과 접촉하는 혈병의 유지가 초기 골재생에 중요하다는 것을 본 실험의 1군과 2군을 통해 볼 수 있고, 본 실험에 이용된 n-PTFE 치단막은 식질한 혈병의 유지를 보장하는 견고성을 가지는 것으로 보인다.

결론적으로 n-PTFE 막은 생체적합성, 굽힘성과 견고성을 가져 가토의 하악골 결손부에 적용시 빠른 골의 재생을 보이나, 삽입 후 2주 후의 이차적인 제거시 골의 흡수로 인하여 골량의 소실이 일어나는 것으로 미루어보아 적절한 제거시기가 골량의 확보에 중요한 요소가 되며, 골량 감소를 줄이기 위해 추후 제거 시기에 대한 부가적 실험이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

V. 요 약

n-PTFE를 가토하악골의 결손부에 적용하여 그 성질과 조직에 대한 반응과 골의 재생정도를 평가해 보고 n-PTFE가 초기에 미치는 영향과 그것의 지속적 효과에 대해 실험적 증명을 꾀하고자 하였다.

실험의 결과를 요약하면 아래와 같다.

- 초기1주 실험군의 골결손부는 대조군의 결손부위 가 혈병이 상실되고 근육과 섬유 조직으로 채워진 것과 달리 소성 결체조직으로 채워지며 골형성 활성이 보다 뚜렷하였다.
- 실험군은 3주 이후 막의 경계를 따라 내부에 현저한 골형성이 이루어졌으며 혈관이 풍부한 소성 골수조직이 신생골주 사이 사이를 채웠고 시간이 경과되면서 골주의 수는 감소되나, 성숙된 피질 골의 두께는 보다 증가되었으며 조혈성 골수의 형성이 뚜렷하였다.
- 삽입된 차단막은 실험 전 기간을 통해 특기할 염증소견이나 이물반응을 야기하지 않았다.
- 차단막을 제거한 이후에는 파골세포들의 활성에 의해 형성골이 재형성되면서 골량의 감소가 현저 하였으며 제거 4주후 소견은 대조군 10주 소견과 유사하였다.
- 대조군은 실험군에 비해 골성 회복이 현저히 미약하였다.

이상의 소견으로 n-PTFE 막은 생체적합성, 굽힘성과 견고성을 가져 가토의 하악골 결손부에 적용시 빠른 골의 재생을 보이나, 이차적인 제거시 흡수로 인하여 골량의 소실이 야기된다. 따라서 제거 시기가 골량의 확보에 중요한 요소가 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Boyne, P.J. : Regeneration of alveolar bone beneath cellulose acetate filter implant (abstract), J. Dent. Res., 43 : 827, 1964.
- Dahlin, C., Lindhe, A., Gottlow, J., & Nyman, S. : Healing of bone defects by guided tissue regeneration, Plastic Reconstr. Surg., 81 : 672 - 676, 1988.
- Bluhm, A.E. & Laskin, D.M. : The effect of polytetrafluoroethylene cylinders on osteogenesis in rat fibular defects : A preliminary study, J. Oral Maxillofac. Surg., 53 : 163 - 166, 1995.
- Dahlin, C., Alberius, P., & Lindhe, A. : Osteopromotion of cranioplasty : An experimental study in rats using a membrane technique, J. Neurosurg., 74 : 487 - 491, 1991.

5. Gottlow, J. : Guided tissue regeneration using bioresorbable and non-resorbable devices ; Initial healing and long-term results, *J. Periodontol.*, 64 : 1157– 1165, 1993.
6. Robert, P.M. & Frank, R.M. : Periodontal guided tissue regeneration with a new resorbable polylactic acid membrane, *J. Periodontol.*, 65 : 414– 422, 1994.
7. Blumenthal, N.M. : A clinical comparison of collagen membranes with e-PTFE membranes in the treatment of human mandibular buccal class II furcation defects, *J. Periodontol.*, 64 : 925– 933, 1993.
8. Cho, S.I., Yeo, H.H., Kim, Y.K., & Lim, S.K. : An experimental study on GTR technique using lyodura & microfilter in rat's osseous defects, *대한구강악안면외과학회지*, 21(4) : 535– 539, 1995.
9. Garrett, S., Martin, M., & Egelberg, J. : Treatment of periodontal furcation defects ; Coronally positioned flaps versus dura mater membranes in class II defects, *J. Clin. Periodontol.*, 17 : 179– 185, 1990.
10. Raymond, A.Y. : Clinical human comparison of expended polytetrafluoroethylene barrier membrane & freeze-dried dura mater allografts for guided tissue regeneration of lost periodontal support ; I. Mandibular molar class II furcations, *J. Periodontol.*, 63 : 431– 442, 1992.
11. Aukhil, I., Pettersson, E., & Suggs, C. : Guided tissue regeneration ; An experimental procedure in Beagle dogs, *J. Periodontol.*, 57 : 727– 734, 1986.
12. Nyman, S., Lindhe, J., Karring, T., & Rylander, H. : New attachment following surgical treatment of human periodontal disease, *J. Clin. Periodontol.*, 9 : 290– 296, 1982.
13. Gottlow, J., Nyman, S., Karring, T., & Lindhe, J. : New attachment formation as the result of controlled tissue regeneration, *J. Clin. Periodontol.*, 11 : 494– 503, 1984.
14. Pontoriero, R., Nyman, S., Lindhe, J., Rosen-berg, E., & Sanari, F. : Guided tissue regeneration in the treatment of furcation defects in man, *J. Clin. Periodontol.*, 14 : 618– 620, 1987.
15. Gottlow, J., Nyman, S., Lindhe, J. et al. : New attachment in the human periodontium by guided tissue regeneration, *J. Clin. Periodontol.*, 13 : 604– 616, 1986.
16. Becker, W., Becker, B., Prichard, J. et al. : Root isolation for new attachment procedures, *J. Periodontol.*, 58 : 819– 826, 1987.
17. Lundgren, D., Nyman, S., Mathisen, T., Isaksen, S., & Klinge, B. : Guided Tissue regeneration of cranial defects using biodegradable barriers ; An experimental pilot study in the rabbit, *J. Craniomaxillofac. Surg.*, 20 : 257– 260, 1992.
18. Barry, K.B. & James, A.C. : Evaluation of a high-density polytetrafluoroethylene(n-PTFE) membrane as a barrier material to facilitate guided bone regeneration in the rat mandible, *J. Oral Implant.*, 21 : 88– 95, 1995.
19. Hanson, L.J., Donovan, M.G., Hellstein, J.W., & Dickerson, N.C. : Experimental evaluation of expended polytetrafluoroethylene for reconstruction of orbital floor defects, *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 52 : 1050– 1055, 1994.
20. Bauer, J.J., Salky, B.A., Gelernt, I.M., & Kreel, I. : Repair of large abdominal wall defects with expended polytetrafluoroethylene (PTFE), *Ann. Surg.*, 206 : 765– 769, 1987.
21. Gristina, A.G. : Biomaterial-centered infection ; microbial adhesion versus tissue integration, *Science*, 237 : 1588– 1595, 1987.
22. Schmitz, J.P. & Hollinger, J.O. : The critical size defect as an experimental model for craniomandibulofacial nonunions, *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 205 : 299– 308, 1986.
23. DeVore, D.T. : Collagen xenografts for bone replacement ; The effects of aldehyde-induced cross-linking on degradation rate, *Oral Surg.*, 43 : 677, 1977.
24. 김종원, 우순섭 : 가토 하악골 우각부의 끌질단

- 술후 골치유에 관한 실험적 연구, 대한구강악안면외과학회지, 19(2) : 207-216, 1993.
25. Murray, G., Holden, R., & Roschlau, W. : Experimental & clinical study of new growth of bone in a cavity, Am. J. Surg., 93 : 385-387, 1957.
 26. Heiple, K.G. & Hernden, C.H. : The pathologic physiology of nonunion, Clin. Orthoped., 43 : 11-21, 1965.
 27. Lekovic, V. & Kenney, E.B. : Guided tissue regeneration using calcium phosphate implants together with 4 different membranes : A study on furcations in dogs, J. Periodontol., 64 : 1154-1156, 1993.
 28. Cortellini, P. & Prato, G.P. : Guided tissue regeneration with a rubber dam : A five-case report, Int. J. Periodont. Rest. Dent., 14 : 9-15, 1994.
 29. Salama, H., Rigotti, F., Giannessi, R., & Seibert, J. : The utilization of rubber dam as a barrier membrane for the simultaneous treatment of multiple periodontal defects by the biologic principle of guided tissue regeneration : Case reports, Int. J. Periodont. Rest. Dent., 14 : 17-33, 1994.
 30. Lindhe, A., Thoren, C., Dahlin, C., & Sandberg, E. : Creation of new bone by an osteopromotive membrane technique : An experimental study in rats, J. Oral Maxillofac. Surg., 51 : 892-897, 1993.
 31. Dahlin, C., Gottlow, J., Lindhe, A., & Nyman, S. : Healing of maxillary & mandibular bone defects using a membrane technique : An experimental study in monkeys, Scand. J. Plast. Reconstr. Hand Surg., 24 : 13-19, 1990.
 32. Galgut, P., Pitrola, R., Waite, I., Doyle, C., & Smith, R. : Histological evaluation of biodegradable & non-degradable membranes placed transcutaneously in rats, J. Clin. Periodontol., 18 : 581-586, 1991.
 33. Mundell, R.D., Mooney, M.P., Siegel, M.I., & Losken, A. : Osseous guided tissue regeneration using a collagen barrier membrane, J. Oral Maxillofac. Surg., 51 : 1004-1012, 1993.
 34. Morain, W.D., Colby, E.D., Stauffer, M.E., Russell, C.L., & Astorian, D.G. : Restoration of orbital wall penetrations with polyglactin 910 film, Plastic Reconstr. Surg., 80 : 769-774, 1987.
 35. Scantlebury, T.V. : 1982-1992 : A decade of technology development for guided tissue regeneration, J. Periodontol., 64 : 1129-1137, 1993.
 36. Grevstad, H.J. : Effect of subperiosteally implanted polytetrafluoroethylene (PTFE) material on alveolar bone in the rat, Scand. J. Dent. Res., 101 : 224-228, 1993.
 37. Crump, B., Rivera-Hidalgo, F., Harrison, J.W., & Guo, I.Y. : Influence of three membrane types on healing of skull lesions (abstract), J. Dent. Res., 74(Spec. Iss.) : 510, 1995.

LEGENDS OF FIGURES

- Fig. 1. Photomicrograph of the control, 1 week after operation, showing reactive bone formation along subperiosteal area, but the cutting edge shows no osteoblastic activity.(H&E, $\times 40$)
- Fig. 2. Photomicrograph of the control, 3 weeks after operation, showing a tapered edge of remained bone with well arranged muscular tissue.(H&E, $\times 40$)
- Fig. 3. Photomicrograph of the control, 6 weeks after operation, showing more thickened lower bone border and fibrous marrow.(H&E, $\times 40$)
- Fig. 4. Photomicrograph of the control, 10 weeks after operation, showing highly matured cortical bone plates with several large harversian canal-like spaces.(H&E, $\times 40$)
- Fig. 5. Photomicrograph of the experimental group 1, 1 week after operation, showing marked osteoblastic activity with osteoid formation at defected area surrounded by membrane.(H&E, $\times 40$)
- Fig. 6. Photomicrograph of the experimental group 1, 3 weeks after operation, showing well formed bone trabeculae within inner space of surrounding membrane. The membrane causes no foreign body reaction.(H&E, $\times 40$)
- Fig. 7. Photomicrograph of the experimental group 1, 6 weeks after operation, showing slight decrease in volume of newly formed trabecular bone with increase of fibro-vascular marrow spaces.(H&E, $\times 40$)
- Fig. 8. Photomicrograph of the experimental group 1, 10 weeks after operation, showing well developed hematopoietic marrow within more matured new bone. New bone formation along outer surface of membrane is also noted.(H&E, $\times 40$)
- Fig. 9. Photomicrograph of the experimental group 2, 1 week after removal of membrane, showing resorption of trabecular bone by activated osteoclasts in periosteal fibrous connective tissue.(H&E, $\times 40$)
- Fig. 10. Photomicrograph of the experimental group 2, 4 weeks after removal of membrane, showing narrowed dense cortical bone plates containing well developed hematopoietic marrow.(H&E, $\times 40$)

사진부도 1

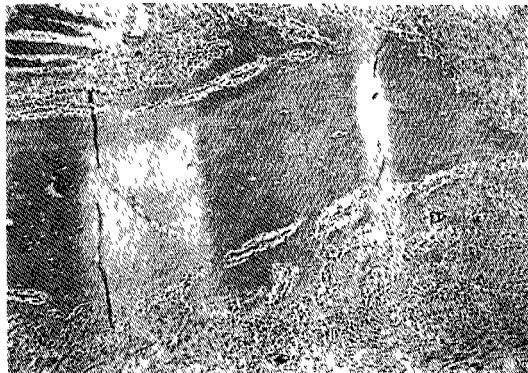


Fig. 1

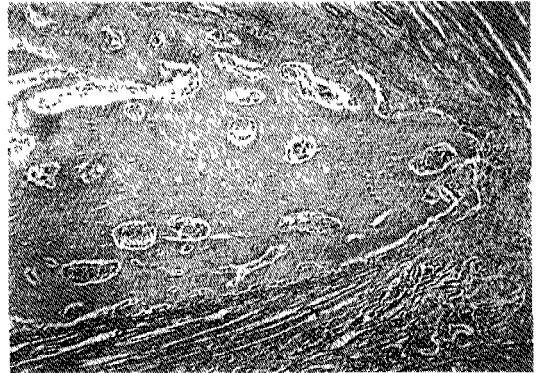


Fig. 2



Fig. 3

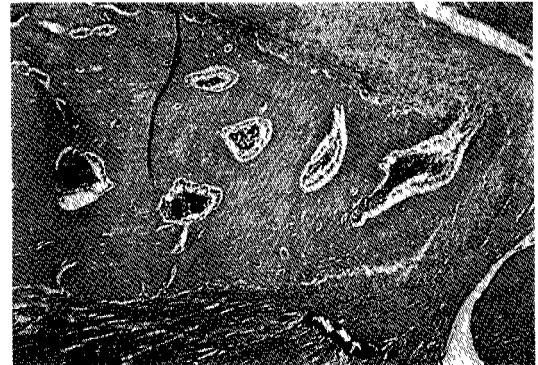


Fig. 4

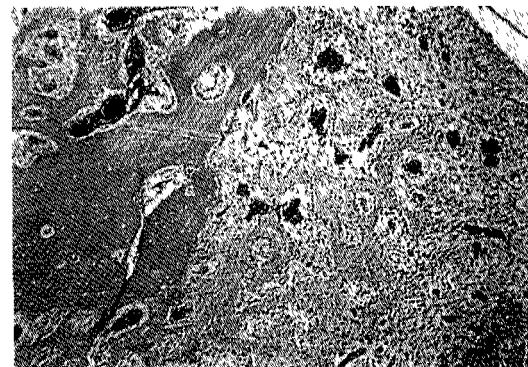


Fig. 5



Fig. 6

사진부도 2

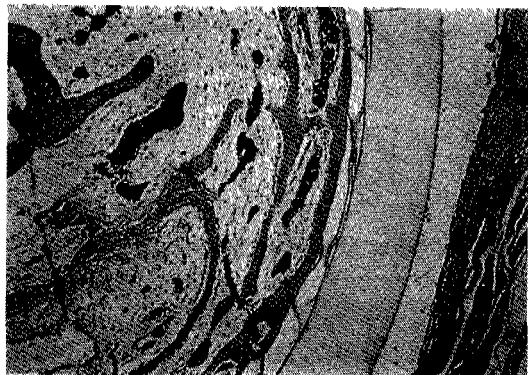


Fig. 7

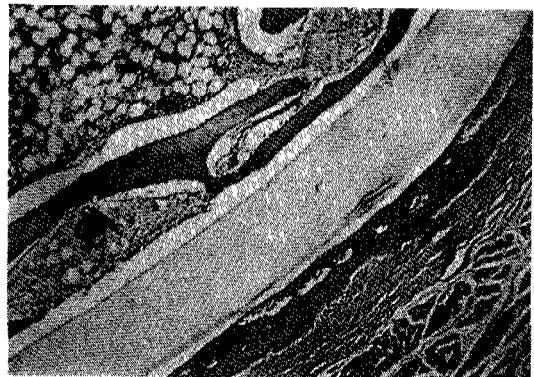


Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10