

치아회분과 석고혼합제재 매식과 자가골 동시 이식후 치유과정에 관한 실험적 연구

여환호 · 정재현 · 이상호 · 김흥중 · 김영균* · 임성철** · 설인택

조선대학교 치과대학 구강악안면외과학교실, 대진의료재단 분당제생병원 치과*, 조선대학교 의과대학 병리학교실**

Abstract

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE HEALING PROCESS OF TOOTHASH, PLASTER OF PARIS AND AUTOGENOUS BONE COMPOSITE GRAFTING IN DOGS

Hwan-Ho Yeo, Jae-Hun Jung, Sang-Ho Lee

Heung-Jung Kim, Young-Kyun Kim, Seung-Cheul Lim, In-Tak Sul

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Chosun University

*Department of Oral and Maxillofacial Surgery, JaeSeng Dental Hospital, Daejin Medical Center**

*Department of Pathology, College of Medicine, Chosun University***

The purpose of this study was to evaluate the efficacy of adding autogenous bone to the toothash-plaster mixture in the healing process of bone. Full-thickness round osseous defects with the diameter of 20mm were made at the calvarial bone of adult dogs (n=19) bilaterally, which were thought to be critical size defect. The right defects were repaired with the toothash-plaster mixture plus autogenous bone (compressed volume 0.3cc) and the left defects with only toothash-plaster mixture. At 2-, 4-, 8-, 12- and 20-week after implantation, dogs were sacrificed and evaluated the osseous healing of bony defects clinically, radiographically, and microscopically.

The results were as follows:

1. At the clinical observation, the wound healed very well without any problem except severe swelling in the early period after operation. Slight depression was recognized at the both sides when the portions of cranial defect were palpated.
2. There were statistically significant differences between toothash-plaster mixture groups and autogenous bone added groups at the same period, and among the groups in the bone density of the digital radiograms ($P<0.001$). There was a tendency that bone density was increasing with time.
3. In light microscopic examination, new bone formation was more active in the autogenous bone added groups than toothash-plaster mixture groups at the early period after implantation but there is little difference at the 20-week after implantaion.
4. In fluorescent microscopic examination, the fluorescent band could be observed at the area of active bone formation and the band was more distinct in the autogenous bone added groups than toothash-plaster mixture groups.
5. In transmitted electron microscopic examination, organelles such as rER, Golgi complex and secretory granule and osteoblast were observed.

In summary higher volume ratio of autogenous bone is needed to improve the bone healing in that there is little difference between toothash-plaster mixture group and autogenous bone added group at the 20-week after implantaion in spite of new bone formation was more active in the autogenous bone added groups than toothash-plaster mixture groups at the early period after operation.

key words : Autogenous bone, Toothash-plaster mixture

I. 서론

골조직 결손의 수복을 위해 자가골 매식이 아직까지는 가장 이상적인 것으로 알려져 있으며 모든 매식재료의 골형성능을 평가하는 표준으로 이용되고 있다. 그러나 자가골 매식의 경우 공여부에 대한 이차적 수술이 필요하고, 그에 따라 수술 시간이 연장되며, 채취할 수 있는 이식편 크기도 제한되어 있고 매식 후 일정하지 않은 흡수율을 보인다는 단점을 지니고 있어서 자가골을 대체하기 위한 재료 개발이 활발히 이루어져 왔다^{1,6,7,13,18,24}.

자가골 대체 매식물로 냉동건조 탈회 동종골, 방사선 조사골, 압열 멸균처리한 동종골 및 이종골에 대한 실험적 연구가 광범위하게 진행되었으며 일부 임상에도 응용되기도 하였다^{28,49}. 동종골 이식은 재혈관화 과정에 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 조직 거부 반응, 후천성 면역 결핍 증후군 같은 질환의 전염 가능성 등의 단점을 지니고 있다. 인공 합성 물질들 중 수산화인회석(hydroxylapatite) 제재가 임상에도 많이 이용되고 있는 데, 흡수성 형태는 병적 치주낭의 개선, 임플란트와 관련된 골매식술, 낭종적출 후 악골 결손부 충전, 두개안면 골성형 등에^{16,18} 비흡수성 형태는 치조골 증강술과 악교정 외과술 등에 사용되고있다^{22,29,46,48}.

현재 치과 임상에서 사용되는 수산화인회석은 동물뼈를 고온 처리하거나 산호 인회석 등에서 추출 가공한 것인데 대부분 수입되기 때문에 고가라는 단점이 있을 뿐만 아니라 분말형을 단독으로 매식한 경우에는 형태 유지에 어려운 점이 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 김 등¹⁻⁴과 Kim 등³¹은 발치된 치아들을 윤 등^{6,7}이 시행한 방법으로 950℃ 고온의 휘니스에서 소각한 후, 이를 약제 분말기로 분쇄하여 일정한 크기의 체에 걸러 미세한 치아 회분말을 얻어 골이식에 대한 실험적, 임상적 연구를 시행하여 양호한 결과를 얻었다¹.

그러나 치아 회분말은 증류수, 식염수, 혈액, 그리고 체액 등과 혼합되면 유동성이 높아져서 일정한 부위에 치아 회분말이 유지되지 않는다는 단점이 있어, 치아 회분말의 유지력을 증진하고자 김 등²⁻⁴은 동물 및 인체에서 생체적합성이 높고, 시중에서 쉽게 구할 수 있고 가격이 저렴한 흡수성 골전도성의 치과용 연석고를 치아회분말과 혼합하여 매식하는 방법을 고안하였다.

석고는 치과 분야에서 인상재로서 그리고 정형외과 영역에서 골결의 고정에도 유용하게 이용되어왔으며¹¹, Peltier와 Jones⁴¹는 26명의 환자에서 낭종 소파술 후 석고를 매식하여 두 명의 환자에서 재발된 경우를 외에는 심각한 합병증은 나타나지 않았다고 하였으며 Kim 등³¹은 인간의 악골 결손부에 골대체물질로서 석고를 이용하였고 Elkins와 Jones²⁰는 성견 대퇴골에 직경 1/4인치의 골결손부에 석고, 석고와 자가 망상골의 혼합물 혹은 자가 망상골을 이식 후

12주간 방사선학적, 조직학적으로 연구한 결과, 석고를 매식한 경우 조직학적으로 염증반응을 관찰할 수 없었으며 각 군간 골형성 정도에 차이를 보이지 않았다고 하였다.

그러나 치아회분말과 치과용 연석고를 매식하게 되는 경우 골치유과정에서 골전도(osteoconduction)에 의한 치유 과정을 밟게되고 골형성(osteogenesis)이나 골유도(osteoinduction) 과정은 보이지 않는 것으로 확인되었다⁴. 따라서 비교적 크기가 작은 골 결손부에서는 치아 회분말과 치과용 연석고의 혼합 매식제를 유용하게 사용할 수 있지만 골결손부의 크기가 광범위하거나 골연속성이 상실된 부위에서의 적용은 임상적으로 문제점을 내포하고 있다.

이에 저자는 치아회분말과 치과용 연석고의 혼합매식제를 소량의 자가골과 동시 매식하여 골치유과정에 골형성 및 골유도 능력을 부여하여 광범위한 골 결손부에도 이와 같은 방법으로 치아회분말과 치과용 연석고를 이용할 수 있는 지 알아보고자 성견 두개골에 임계 골결손부를 형성하여 일정 비율의 자가골과 치아회분말과 치과용 연석고를 매식한 부위와 치아회분말과 치과용 연석고만을 매식한 부위의 치유 과정을 육안적, 방사선학적, 조직학적으로 비교 연구하고자 하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

1) 실험 동물

실험동물로 동일 조건하에서 일정 기간 사육한 태생 1년 이상, 체중 10kg 이상의 잡종 성견 28마리를 사용하였으나 수술에 의한 외상, 스트레스, 감염 등의 원인으로 8마리는 사망하였으며 나머지 20마리 중 1마리는 직경 20mm의 원형의 골결손이 임계치 결손에 해당되는 충분한 크기의 결손 인지를 확인하기 위한 대조군으로 사용하였다. 나머지 19마리를 실험 후 희생 시기에 따라 실험 2주군, 실험 4주군, 실험 8주군, 실험 12주군, 실험 20주군 등 5군으로 구분하였고, 실험 2주군은 3마리(형광현미경 소견 제외), 나머지 군들은 4마리씩 배당하였다. 각 군당 4마리 중 2마리는 광학현미경적 연구에, 1마리는 전자현미경적 연구에, 나머지 1마리는 형광현미경적 연구에 이용하였다.

2) 매식 재료

충전 치료를 받지 않은 상태가 양호한 인간의 치아들을 생리 식염수로 세척한 후 950℃ 휘니스에서 회화하여 약제 분말기를 이용하여 100 mesh(0.149mm)의 미세한 입자 크기로 제작하였다. 치아회분말 1.0g, 치과용 연석고(plaster of Paris, calcium sulfate hemihydrate) 0.5g의 무게비 2:1로 혼합하여 미리 종이에 포장한 후 ethylene-oxide

가스 소독하여 보관하였다.

2. 실험 방법

염산 케타민(케타라®, 유한양행, 5mg/kg)을 근주하고 추가로 xylazine (Rompun®, 한국바이엘주식회사, 0.3mg/kg)을 정주하여 진신마취를 유도하였다. 술전에 감염 방지 목적으로 gentamicin(겐타마이신®, 녹십자, 5mg/kg)을 근주한 후, 두개골과 장골 부위를 제모하고 소독하였다.

지혈 목적으로 2% lidocaine HCl(1:100,000 Epinephrine 함유)을 두개부에 주사한 후, 두개골 정중부를 절개하여 골막을 노출, 박리하였다. 노출된 두개골의 정중앙 봉합부를 피하여 좌우측 양측에 1/4 원형의 버(round bur)를 이용하여 직경 20mm 크기의 원형 전층 골결손을 형성한 후, 좌측 결손부에는 미리 준비한 치아회분말과 연석고 혼합제만을 매식하여 이를 치아회분 석고 혼합군으로 하였고, 우측 결손부에는 상기의 혼합제에 장골에서 채취한 자가골을 골점자(bone rongeur)로 잘게 부순 후 3cc 주사기에 넣어 압박 후 0.3cc를 혼합하여 매식하였다(자가골 첨가군). 철저한 창상 세척과 소독 후에 골막을 포함하여 층별로 봉합하였으며 술 후 3일간 감염방지 목적으로 gentamicin (5mg/kg)을 하루 1회씩 근주하였다.

수술 후 2, 4, 8, 12, 20주째 xylazine을 과량 정주하여 동물을 희생시킨 후 시편을 채취하고 연구 목적에 따라 중성 포르말린 용액 혹은 95% 에탄올 혹은 2.5% 글루타 알데하이드 용액에 고정하였다.

3. 디지털 영상시스템에 의한 골의 정량적 평가(Digital radiography)

두개골 표본을 채취 후 구내 방사선 촬영장치(Heliodont MD, Siemens Co., Germany)를 70kVp, 7mA에 고정하고 노출시간을 0.08초로 일정하게 하여 실험시편을 Rin XCP 기구를 이용하여 표준 치과방사선 필름으로 촬영하였으며, 방사선 사진은 감광도 E군의 치근단용 방사선필름(Eastman Kodak Co., U.S.A.)를 사용하였다. 촬영된 방사선 사진의 이미지를 디지털 영상 이미지 프로세스로 전송하여 인접 정상골의 기준 이미지를 마련하고 매식된 부위의 시간 경과에 따른 골 치유 과정의 변화를 정량적으로 분석한 후, 동일 실험주군의 치아회분 석고 혼합군과 자가골 첨가군의 비교는 T 검정(unpaired T-test)을, 각 군간의 비교는 일원 분산분석(one-way ANOVA)을 통하여 시행하여 그 차이를 99.9%의 신뢰수준에서 검증하였다.

4. 조직학적 관찰

4-1) 광학 현미경 관찰

가) 탈회표본: 군당 2마리에서 매식 경계부를 포함하여 조직편을 채취한 후, 10% 중성 포르말린(pH 7.0)으로 4시간 고정하고, 0.1M 인산완충액(pH 7.4)으로 30분간 수세하였다. 그 후 인산완충액으로 희석한 10% EDTA (pH 7.4)로 4℃에서 3주간 탈회하고 통법에 따라 파라핀으로 포매하여 hematoxylin-eosin 중염색하여 광학현미경상에서 골의 흡수 정도, 신생골 형성, 염증 반응 유무 등의 치유과정을 관찰하였다.

나) 연마표본: 각 군당 1마리(2주군 제외)에서 형광현미경 관찰을 위해 oxytetracycline HCl(Terramycin®, 한국화학자, 25mg/kg)과 calcein(Sigma Co., U.S.A., 20mg/kg) 두 형광 약제를 사용하였으며 수술 3일 후에 먼저 oxytetracycline을 주사한 후 2주 간격으로 형광 약제를 번갈아 주사하였다.

수술 후 4, 8, 12 및 20주 째에 실험 동물을 희생시켰다. 조직표본 제작을 위해 두개골을 적출하여 곧바로 70% 에탄올로 고정하여 조직변화를 최소화하였다. 정상 변연부를 포함하는 적출한 두개골편을 70% 에탄올에 6일간 고정하고 흐르는 물에 하루 수세하였다. Villanueva bone stain 용액에 3일간 침적하여 염색을 시행하고 70%, 90%, 95%, 100% I, 100% II, 100% III, 100% IV 에탄올 용액에 각 12시간씩 탈수시킨 다음, 아세톤과 spurr resin의 혼합체로 투명 및 침투를 시행하였다. Spurr resin에 포매한 뒤 진공상태의 실온에서 2일 동안 방치 후, 70℃ 항온기에서 1일간 처리 후 실온에서 경화시켰다. 경화된 절편을 연마표본의 광학 현미경과 형광 현미경용으로 구분한 다음 Low Speed Diamond Wheel Saw(South Bay Technology inc. USA)를 사용해서 결손부의 수평 및 수직 방향으로 80-100 μ m 두께로 절단하고, Omnilap 2000(South Bay Technology inc. U.S.A.) 연마기를 사용하여 20 μ m 두께로 연마한 후 덮개유리로 봉입하였다. 형광물질의 보호를 위해 어두운 상자에 보관 후 광학현미경 및 형광현미경(Olympus, U-MWG filter, U.S.A.)을 이용하여 관찰하였다.

4-2) 전자현미경 관찰

각 군당 1마리에서 조직편을 채취하여 pH 7.4로 완충된 2.5% 글루타 알데하이드 용액에 고정하고 2시간 동안 0.1 M 카코디레이트 버퍼에 후고정을 시행한 후 탈수하고 에폭시레인에 포매하였다. 각 블록의 반박피(semi-thin) 절단은 1 μ m 두께로 시행한 후 이 시편들을 광학현미경으로 관찰하여 정확한 관찰부를 확인한 후 박피(thin) 절단을 LKB microtome(LKB Co., Sweden)으로 시행하였다. Uranyl

acetate와 lead citate로 염색한 후 투과전자현미경(Jeol 1200EX, Japan)으로 관찰하였다.

Ⅲ. 실험 결과

1. 육안적 소견

술 후 두개골 부위의 혈중에 의한 심한 종창이 19마리 중 7마리에서 관찰되었으나 주사기 흡입으로 치유되었다. 그러나 사망한 9마리에서 대부분 심한 종창을 확인할 수 있었고 이중 2마리의 경우에서 감염에 의한 농이 형성되었고 2마리 모두 수술 후 관찰 중 사망하였다. 매식 부위의 종창이나 감

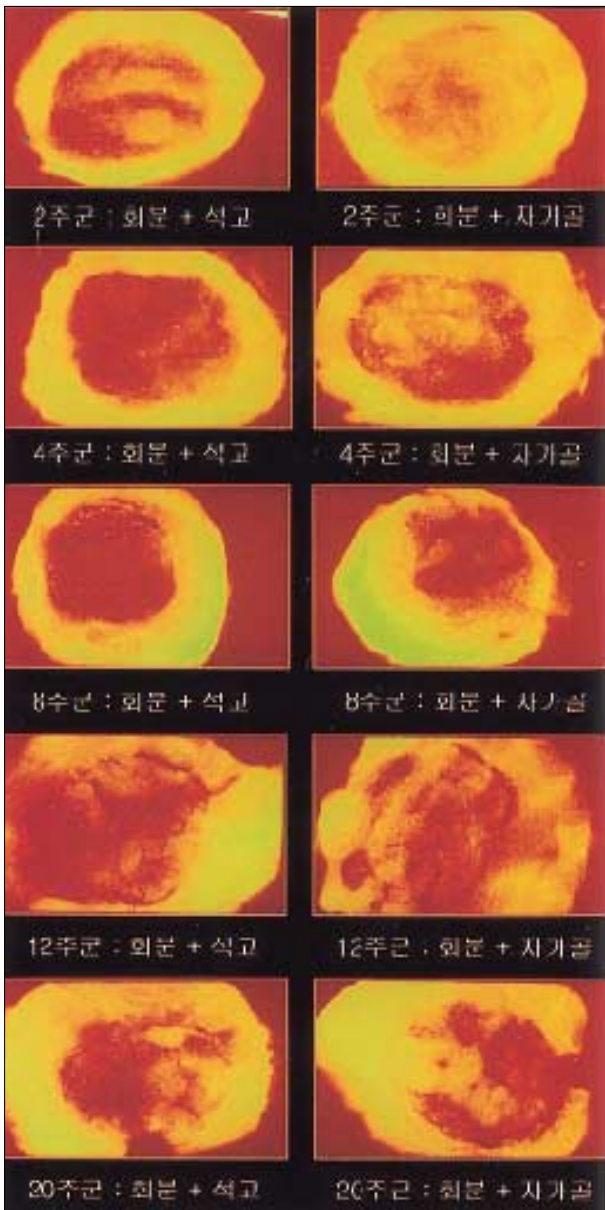


Fig. 1 Bone density of digital radiogram in each group.

염은 대부분 수술 초기에 소실되는 것으로 보아 매식제에 대한 조직 거부 반응 때문이 아니라 외과적 손상과 수술 후 출혈에 의한 것으로 판단되었다.

두개부 결손부 두피의 창상은 잘 치유되었으며 치아회분 석고 혼합군과 자가골 첨가군 모두에서 두개결손부를 촉진 하였을 때 딱딱한 느낌이 들었으나 약간의 함몰된 양상을 확인할 수 있었다.

2. 디지털 영상시스템에 의한 골의 정량적 평가 (Digital radiography)

모든 표본에 대하여 관심영역(region of interest, ROI)을 설정하고 256단계(0-255)의 계조도를 이용하였다. 재현성을 확인하기 위하여 모든 표본마다 5회 측정하여 산술 평균하여 실험치로 채택하였다(Fig. 1, Table 1). 각 군의 치아회분 석고 혼합군과 자가골 첨가군의 평균 계조도는 Table 1과 같았다. 실험 2주 치아회분 석고 혼합군과 자가골 첨가군에서 가장 높은 수치를 보였으며, 실험 8주 까지 계조도가 증가하다가 실험 12주에서 감소하였다가 실험 20주에서 증가하였다. 동일 실험주군의 치아회분 석고 혼합군과 자가골 첨가군의 비교에서 모두 통계학적으로 유의성있는 차이를 보였으며 (p<0.001) 각 군간 비교에서도 모두 유의성있는 차이를 보였다 (p<0.001).

3. 조직학적 소견

1) 실험 2주군 소견

A. 치아회분-석고 혼합군

(1) 탈회 표본: 매식재 주위에 골모세포의 활성이나 분화

Table 1. Quantitative analysis of bone density by values of pixels with digital radiography in toothash-plaster mixture group and autogenous bone added group

Experimental period	Groups	Values of pixels (mean±SD)	Significance
2 week	Ash	68.78±10.07	***
	Auto	76.60±7.79	
4 week	Ash	58.47±9.44	***
	Auto	66.93±10.30	
8 week	Ash	58.93±16.20	***
	Auto	72.01±20.57	
12 week	Ash	56.58±12.68	***
	Auto	61.52±10.40	
20 week	Ash	63.77±14.56	***
	Auto	67.08±15.69	

Ash means toothash-plaster mixture group Auto means autogenous bone added group, *** : P<0.001

All of P values were less than 0.001 in one-way ANOVA

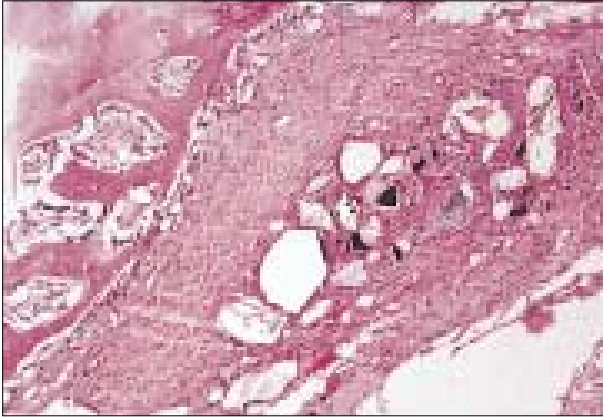


Fig. 2 Photomicrogram of the 2-week after implantation in the toothash-plaster mixture group showing the scattered toothash and plaster particles without new bone

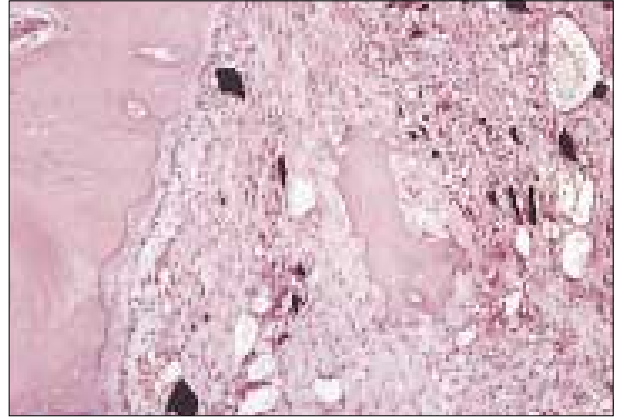


Fig. 3 Photomicrogram of the 2-week after implantation in the autogenous bone added group showing new bone formation at the middle portion. (H-E stain, X100).

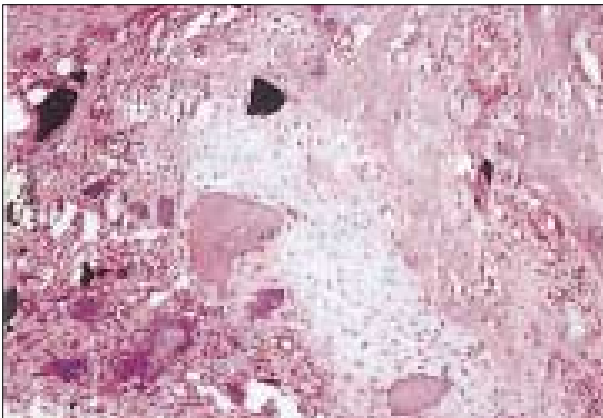


Fig. 4 Photomicrogram of the 2-week after implantation in the autogenous bone added group showing the dead autogenous bone (H-E stain, X100).

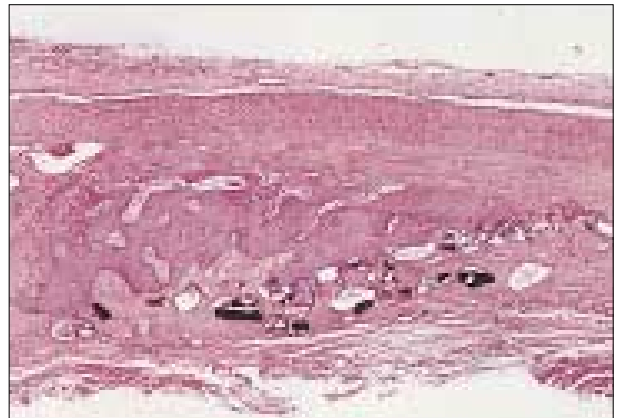


Fig. 5 Photomicrogram of the 4-week after implantation in the toothash-plaster mixture group showing the immature new bone formation adjacent to the periosteum (H-E stain, X100).

등의 골 형성 소견은 관찰되지 않았으나, 일부의 매식재 주위에서는 이물성 거대세포들이 나타났다. 매식재로 이식된 골 결손부에서는 신생골이 형성되지 않았으나, 결손부의 인접 정상골로부터는 소량의 미성숙골이 형성되었다(Fig. 2).

B. 자가골 첨가군

(1) 탈회 표본: 골 결손부의 인접 골막으로부터 신생골 형성이 관찰되었다. 이식된 자가골의 골소강(lacunae)에 골세포가 없었으며 일부의 자가골은 파골세포에 의하여 흡수되는 소견을 보였다(Fig. 3). 일부 이식골의 주위에서는 분화된 연골모세포와 골모세포에 의하여 연골과 신생골이 형성되는 소견을 보였다(Fig. 4).

2) 실험 4주군 소견

A. 치아회분 석고 혼합군

(1) 탈회 표본: 골 결손부 상부의 골막으로부터 형성된 미성숙골주들이 결손부에 나타났는데, 대체로 골막에 인접한 부위는 신생골의 형성 소견을 보였으나 골막으로부터 떨어진 하부는 골의 개조현상이 관찰되었다. 매식재들은 주로 신생골의 하부에서 대부분 관찰되었다(Fig. 5).

(2) 연마 표본: 골막 하부에 소량의 새로 형성된 해면골주들이 관찰되었으며 매식재들은 골주들의 하부에 밀집되어 배열된 양상을 보였다(Fig. 6).

형광현미경 소견에서 매식재가 위치한 부위에서 골의 형성을 나타내는 형광대는 관찰되지 않았다(Fig. 7).

B. 자가골 첨가군

(1) 탈회 표본: 인접 정상골의 골막과 이식된 자가골에서 형성된 신생골들이 골 결손부에 산재된 형태로 상당수 관찰되었다. 매식체는 새로 형성된 골 사이사이에 파물힌 형태로 관찰되기도 하고, 신생골과 멀리 떨어진 부위에서도 관찰되었다. 전체적으로 골막에 인접한 부위에서는 신생골의 형성 소견과 더불어 반전선(reversal line) 및 cement line 나타나고 골수강이 감소되는 등의 골개조와 성숙 현상이 관찰되었다(Fig. 8).

(2) 연마 표본: 이식 자가골의 주위에 다수의 골수강을 포함하는 신생골들이 다수 관찰되었으며, 치아회분말들은 신생골의 사이사이와 하부에 아직 잔존하였다(Fig. 9).

형광현미경 소견에서 이식 자가골의 중심부와 가장자리에

노란색 및 녹색의 형광대가 일부 관찰되었다(Fig. 10).

3) 실험 8주군 소견

A. 치아회분 석고 혼합군

(1) 탈회 표본: 골 결손부는 산재된 형태의 신생골들로 채워져 있었으며, 골막 인접부에서는 일부 골모세포에 의한 골의 형성 양상이 관찰되었으나 골막과 멀리 떨어진 하방 부위에서는 파골세포에 의한 골의 흡수 소견이 관찰되었다. 신생골들은 전체적으로는 미성숙골에서 성숙골로 바뀌어 가는 과정에서 나타나는 골수강의 감소, 골의 모양 변화 및 골개조 등이 증가되는 소견을 볼 수 있었다. 매식체는 신생골의 하부에 주로 밀집되어 나타났으나 매식체 주위에서 활발한 골 형성 소견은 관찰되지 않았다(Fig. 11).



Fig. 6 Photomicrogram of the 4-week after implantation in the toothash-plaster mixture group(undecalcified ground section) showing the new trabecules(green color, Villanueva bone stain X100).

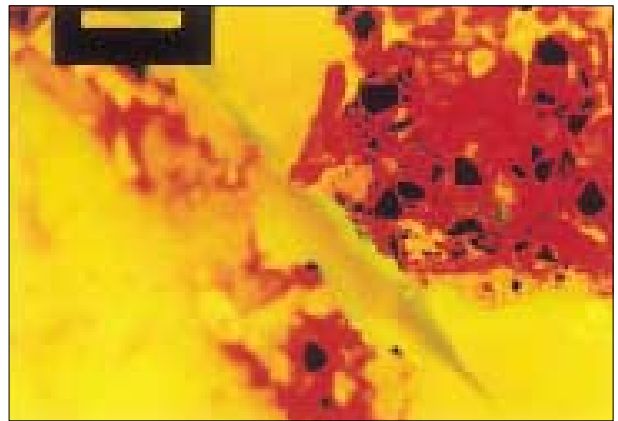


Fig. 7 Photomicrogram of the 4-week after implantation in the toothash-plaster mixture group showing fluorescent yellow and green band indicating the precipitation of oxytetracycline and calcein respectively (Villanueva bone stain X100).

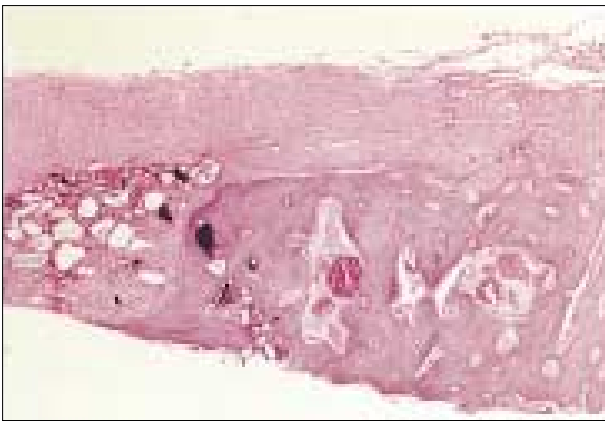


Fig. 8 Photomicrogram of the 4-week after implantation in the autogenous bone added group showing the mature bone in the early period(H-E stain, X100).



Fig. 9 Photomicrogram of the 4-week after implantation in the autogenous bone added group(undecalcified ground section) showing the new trabecules(green color, Villanueva bone stain X400).



Fig. 10 Photomicrogram of the 4-week after implantation in the autogenous bone added group. Yellow and green band are more clear and thicker than those in Fig. 13. (Villanueva bone stain X100).



Fig. 11 Photomicrogram of the 8-week after implantation in the toothash-plaster mixture group showing the mature bone and decreased marrow space (H-E stain, X400).



Fig. 12 Photomicrogram of the 8-week after implantation in the autogenous bone added group showing the mature bone and some toothashes captured in the marrow cavity. (H-E stain, X100).



Fig. 13 Photomicrogram of the 12-week after implantation in the toothash-plaster mixture group (undecalcified ground section) showing the new trabecules and toothashes (green color, Villanueva bone stain X100).

(2) 연마 표본: 상당수의 골수강과 해버스관(Haversian canal)을 포함하는 대체로 잘 조직화된 층판골들이 골 결손 부에 전체적으로는 산재된 형태로 관찰되었다.

B. 자가골 첨가군

(1) 탈회 표본: 다량의 신생골이 골 결손부를 거의 채울 정도로 형성되었는데, 자가골이 이식된 골결손 중심부 뿐만 아니라 골막과 인접한 부위에서도 골모세포에 의한 활발한 신생 미성숙골의 형성이 관찰되었다. 골막과 떨어진 하부의 골은 골개조 소견을 보이는 층판골이었으며, 골수강과 신생골 조직에 치아회분말이 개재되어 있었다. 새로 형성된 신생골 내에서 이식된 자가골의 흔적을 구분할 수 없었으며 치아회분말 주위에서도 실험 2주 및 실험 4주에서 보이는

이물성 거대세포는 거의 관찰되지 않았다(Fig. 12).

(2) 연마 표본: 신생골에서 골수강 부위를 제외하고는 성숙 골주들이 해버스관을 구분 할 수 없을 정도로 층판화된 치밀골의 양상을 보였다.

4) 실험 12주군 소견

A. 치아회분 석고 혼합군

(1) 탈회 표본: 골 결손부가 신생골들에 의하여 채워졌으나, 신생골들은 전체적으로 완전히 유합되지 못하고 산재된 형태로 관찰되었다. 또한 미성숙골들이 활발히 형성되는 등의 골형성의 초기 소견은 거의 볼 수 없었다.

(2) 연마 표본: 치아회분말이 새로 형성된 성숙 층판골 주위를 둘러싸고 있는 양상이었으며, 층판골들이 사이 사이에



Fig. 14 Photomicrogram of the 12-week after implantation in the autogenous bone added group showing the complete mature bone and reversal lines (H-E stain, X100).



Fig. 15 Photomicrogram of the 20-week after implantation in the toothash-plaster mixture group showing the complete mature bone (H-E stain, X400).



Fig. 16 Photomicrogram of the 20-week after implantation in the toothash-plaster mixture group (undecalcified ground section) showing the Haversian systems (Villanueva bone stain X100).

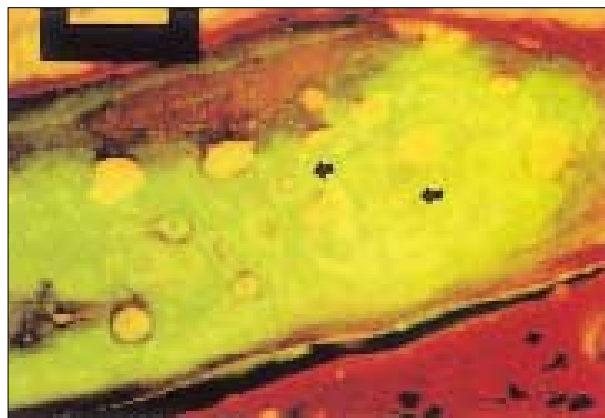


Fig. 17 Photomicrogram of the 20-week after implantation in the toothash-plaster mixture group still showing fluorescent bands (Villanueva bone stain X100).



Fig. 18 Photomicrogram of the 20-week after implantation in the autogenous bone added group showing the complete mature bone (H-E stain, X400).

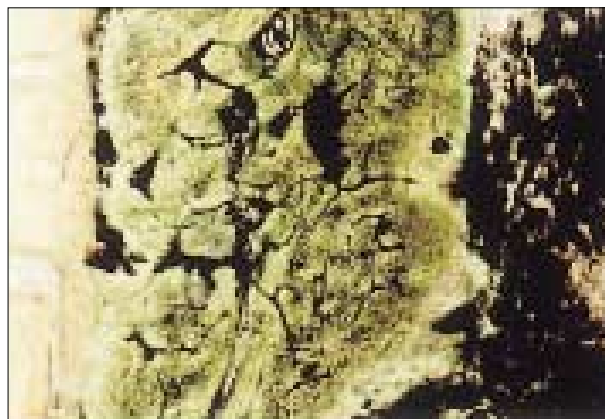


Fig. 19 Photomicrogram of the 20-week after implantation in the autogenous bone added group (undecalcified ground section) showing the Haversian systems and some toothashes (Villanueva bone stain X100).

큰 골수강들을 포함하고 있어서 완전히 융합되지 못한 소견을 보였다(Fig. 13).

B. 자가골 첨가군

(1) 탈회 표본: 골 결손부 전체가 성숙 층판골로 수복되었으며, 일부 골막에서는 소량의 골형성과 더불어 골흡수 소견을 보이는 등의 골개조가 진행되었다(Fig. 14).

(2) 연마 표본: 골 결손부가 일부를 제외하고는 골수강도 거의 없는 치밀한 층판골로 수복된 양상을 보였다.

5) 실험 20주군 소견

A. 치아회분 석고 혼합군

(1) 탈회 표본: 이식된 치아회분말이 층판골 및 골수강에 합입된 상태로 골 결손부가 성숙 층판골에 의하여 수복된 양상이었으며 일부 골형성과 골흡수의 양상도 관찰되었다(Fig. 15).

(2) 연마 표본: 해버스관을 중심으로 골세포들이 동심원상으로 잘 배열된 층판골에 의하여 결손부가 수복된 소견을 보였다(Fig. 16). 형광현미경 소견에서 골수강의 일부와 층판골의 일부에서 소량의 골 형성을 나타내는 노란색 및 녹색의 형광대가 관찰되었다(Fig. 17).

B. 자가골 첨가군

(1) 탈회 표본: 치밀골에 의하여 결손부가 수복된 양상을 보였고, 일부에서는 골모세포들에 의한 골형성 소견도 관찰되었다(Fig. 18).

(2) 연마 표본: 다수의 골세포들이 포함된 성숙골 사이와

하부에 치아회분말이 잔존되어 있었다(Fig. 19). 형광현미경 소견에서 치밀골 내부에서 골형성을 나타내는 형광대의 침착을 거의 확인할 수 없었다.

4. 전자현미경학적 소견

(1) 실험 2주 치아회분-석고 혼합군에서 활성화된 섬유모세포의 세포질돌기를 치아회분말 주위의 치밀한 교원질 기질 내에서 관찰할 수 있었다(Fig. 20).

(2) 실험 8주 치아회분-석고 혼합군은 치밀한 초자양(hyalinized) 교원질 기질 내에 치아회분말이 여러 개 군집되어 있었고 치아회분말은 세포질 내에도 존재하였으며 이로 인한 세포내 소기관들의 변성을 관찰할 수 있었다. 그러나 신생골 형성이나 골모세포는 관찰되지 않았다(Fig. 21).

(3) 실험 12주 치아회분-석고 혼합군은 치아회분말 주위에서 활성화된 치밀한 교원질 기질 내에 섬유아세포를 관찰할 수 있었다. 그러나 신생골 형성이나 골모세포는 관찰되지 않았다(Fig. 22).

(4) 실험 12주 자가골 첨가군에서 교원질 기질 내에 유골(osteoid)로 추측되는 석회화되지 않은 유기질을 관찰할 수 있었고, 이는 교원질과 비교원질 단백질로 구성되어 있었다. 유골에 인접해 있는 골모세포와 파골리소좀(phagolysosome)을 함유하고 있는 파골세포도 관찰되었다(Fig. 23).

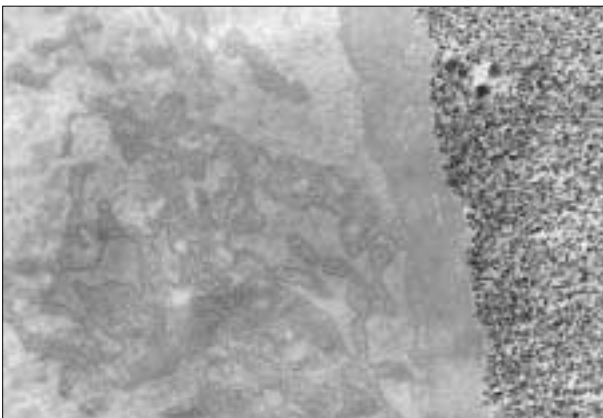


Fig. 20 Cytoplasmic processes of activated fibroblasts were found in the dense collagenous stroma adjacent to the particles of ash. Neither new bone formation nor induction of osteoblasts was noted in the 2-week after implantation of the toothash-plaster mixture group (original magnification, X 10,000).

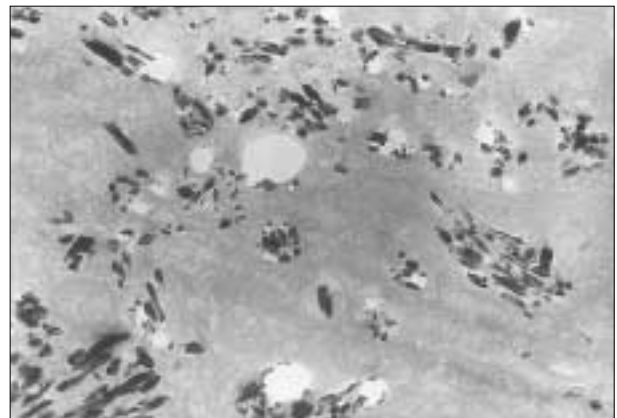


Fig. 21 A few clusters of ash particles were found in the dense hyalinized collagenous stroma. The ash particles were also found in the cellular cytoplasm and induced degeneration of cellular organelles in the 8-week after implantation of the toothash-plaster mixture group (original magnification, X 8,800).

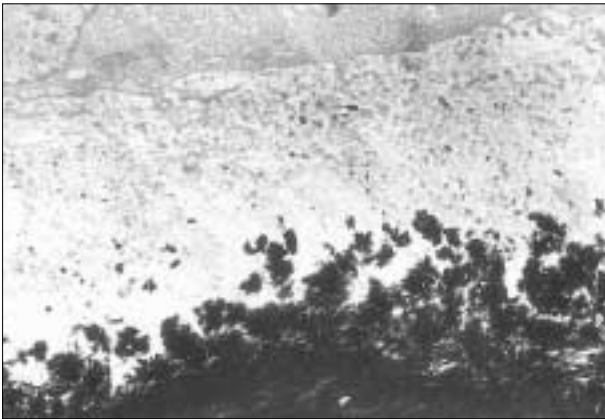


Fig. 22 An activated fibroblast was found in the dense collagenous stroma near the particles of plaster in the 12-week after implantation of the toothash-plaster mixture group (original magnification, X 4,000).

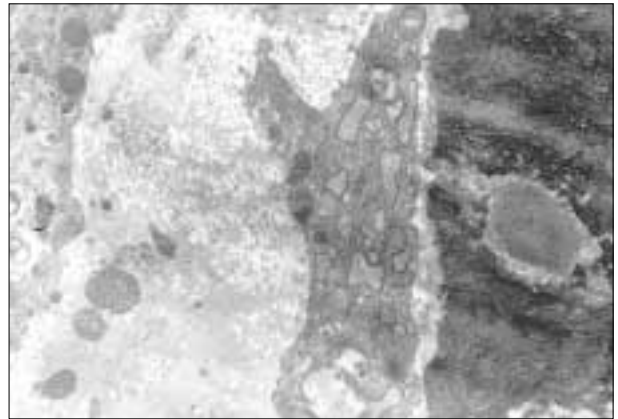


Fig. 23 Unmineralized organic matrix consisted of collagenous and noncollagenous protein suggesting osteoid was noted in the collagenous stroma. An osteoblast adjacent to the osteoid and an osteoclast containing phagolysosomes were also found in the 12-week after implantation of the toothash-plaster mixture group (original magnification, X 5,300).

IV. 총괄 및 고안

구강악안면 영역의 경조직 결손을 재건하는 데 이형성 물질 중 수산화인회석이 많이 사용되고 있다. 수산화인회석은 생체 친화성이 우수하고 골이 성장해 들어올 수 있는 기질의 역할을 할 뿐만 아니라 칼슘, 인 등의 이온을 공급하는 역할도 한다⁵¹⁾. 흡수성 혹은 비흡수성이 있으며 치조골 증강술, 낭종 적출 후 결손부 재건, 임플란트 식립과 관련된 골 이식 등에 널리 이용되었고 매식 후 골과 인접한 부위는 직접 신생골과 결합하지만 연조직과 접해있는 부위는 섬유성 결합조직으로 둘러싸인다. 이로 인해 치조골 증강술에 이용되는 비흡수성 수산화인회석의 문제점을 Rooney 등⁴⁶⁾은 임상적 연구를 통해 제기하였으며 치조골 증강술에 수산화인회석 매식 1년 후 65%의 매식재가 완전 혹은 부분적으로 제거되었다고 보고하였다.

그리고 과립형의 경우 매식 후 유동성과 가격이 비싼 점 등의 단점이 있는 데 Bell과 Beirne¹³⁾은 과립형의 수산화인회석을 매식재로 이용할 때 콜라겐이 골형성을 방해하지 않으므로 콜라겐을 결합제로 이용할 것을 추천하였다. 김과 여²⁾ 그리고 김 등^{3,4)}은 유동성의 문제를 해결하기 위하여 치과용 연석고와 혼합하였고, 경제적인 문제를 해결하기 위하여 치아를 고온에서 회화하여 이를 매식재로 이용하였다. 치아회분의 주성분은 수산화인회석으로 상분화된 수산화인회석 대신 치과에서 쉽게 제작이 가능한 치아회분을 치과용 연석고와 혼합하여 이용하였다. Misch와 Dietsch³⁶⁾는 크기가 작은 골결손부나 골결손부가 사면의 벽으로 둘러싸인 경우는 이형성 물질 단독이나 동종골 매식을 함께 사용할 수 있으나 골결손부의 형태가 세면 이상의 벽이 소실된 경우에

는 자가골을 첨가하거나 연조직 침입을 막기 위하여 차폐막을 사용해야하고 골결손부가 크면 클수록 많은 양의 자가골이 필요하다고 하였다.

본 연구에서는 골결손 부위가 큰 경우 치아회분과 연석고를 혼합한 매식재를 사용하면 자체가 골형성 능력이 없으므로 술 후 감염, 불완전한 골형성 등의 문제점이 있을 것으로 사료되어 골결손이 큰 경우 자가골을 같이 혼합하여 매식하는 경우 골형성(osteogenesis)와 골유도(osteoiduction) 등을 부여함으로써 상기의 문제점을 해결할 수 있는 지 여부를 실험적으로 확인하고자 하였다.

수산화인회석과 다른 매식재의 적절한 혼합 비율에 관하여 Eick 등¹⁹⁾은 자가골과 수산화인회석을 원숭이의 하악골 불연속성 골결손에 용적비율을 1:1, 1:3 으로 매식하였을 경우 매식 18개월 후 새로 형성된 골의 기계적인 성질이 자가골만으로 매식한 경우와 유사하였다고 하였다. 윤과 조⁶⁾ 그리고 윤과 호⁷⁾는 치아회분과 치과용 도제를 6:4의 비율로 혼합하여 매식하면 분말의 유지뿐만 아니라 물리적 성질도 우수해진다고 하였으며, Najjar 등³⁸⁾은 수산화인회석과 석고를 13:7로 혼합한 경우 신생골 형성이 가장 우수하였다고 보고하였다. 김 등⁴⁾은 백서에서 치아회분과 석고를 무게비 2:1로 섞어 매식하는 경우에 가장 양호한 골유합이 이루어지는 소견을 보고하였다.

성장이 완료된 동물에서 두개골의 전층 원형 결손에 대한 임계치 결손(critical size defect)에 관하여 Frame²¹⁾은 가토에서 15mm, Ray와 Holloway⁴³⁾와 Tagagi와 Urist⁵²⁾는 백서의 경우 8mm, 성견에서 Friedenbergl와 Lawrence²³⁾는 24mm, Rosomoff 등⁴⁷⁾은 30mm로 보고하였다. Hollinger 등²⁷⁾은 해부학적, 생리학적으로 인간의 두개골과

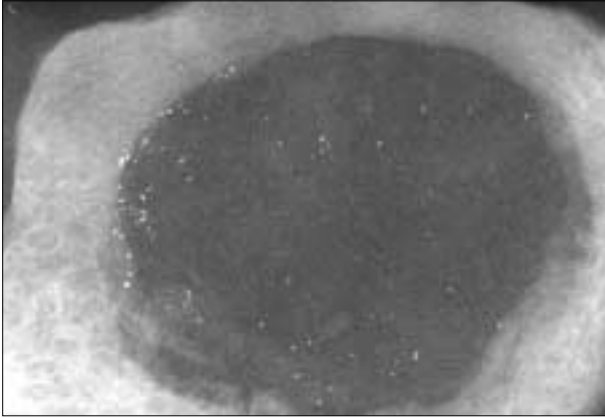


Fig. 24 Radiogram of round calvarial defect with 20mm diameter at 20 weeks after implantation showing minimal bone regeneration at the periphery of the defect.

가장 유사하다는 원숭이 두개골에서 15mm 이상이면 골결손이 치유되지 않았다고 하였다. 같은 성견이라 할지라도 종에 따라 차이가 있을 것으로 사료되어 본 연구에 이용된 성견에서 직경 20mm의 원형의 두개골 결손이 임치치 결손의 크기에 해당된다는 사실을 방사선학적으로 확인하였다 (Fig. 24).

골개조에 걸리는 단위 기간을 보통 시그마(σ)로 표시하며 종에 따라 차이가 있다. 피질골의 경우 토끼에서 6주, 성견에서 12주, 인간에서 17주로 알려져있다⁴⁵⁾. 본 연구에서 20주까지 골치유 과정을 관찰하였던 바 성견에서 20주는 충분한 골개조 정도를 관찰할 수 있는 기간으로 사료되었다.

디지털 영상시스템에 관하여 Tyndall 등⁵³⁾은 기존의 방사선 사진으로는 병변에 의한 피질골 파괴가 없으면 병변을 발견할 수가 없으나 이를 이용하면 피질골 뿐만 아니라 망상골의 변화도 훨씬 예민하게 발견할 수 있다는 장점이 있다고 하였으며, Okano 등³⁹⁾은 치주 치료 후 치조골의 변화를 정량적으로 평가할 수 있을 뿐만 아니라 재현성을 지닌 평가 방법이라고 하였다. 두개골의 골 무기질화도(無機質化度)를 측정하기 위하여 고해상도의 슬라이드 스캐너를 입력계로 한 디지털 영상시스템을 이용하여 10단계의 구리 스텝윗지(step wedge)를 이용하여 구리 당량화상을 작성하고 구내 표준방사선 사진상을 디지털영상으로 처리해 구리 당량화상의 당량치와 대상의 골밀도를 비교한다^{5,8,14,26)}. 본 연구에서도 전체 두개골을 촬영하여 매식 후 경과 과정에 따른 골의 정량적 평가가 이상적이나 전체 두개골 방사선을 촬영한다 하더라도 촬영시 해부학적 구조물이 골매식한 부위에 중첩되어 정확한 골의 정량적 평가가 불가능하고 현재 디지털 영상시스템이 표준방사선 사진으로만 평가가 가능하여 표본을 채취 후 방사선 사진을 촬영하였으며 서로 상대적인 비교의 정확성을 기하기 위하여 5회 측정하여 그 산술평균을 구하여 비교 평가하였다. 그러나 실험 초기에 매식

재 자체에 의한 방사선 불투과성이 실험의 결과 큰 영향을 미칠 수 있다고 사료되며 본 연구 결과에서도 실험 2주군에서 가장 높은 수치를 보이는 것은 비흡수성의 물질에 의한 방사선 불투과성이 증가하였기 때문으로 사료되었다. 실험 4주군 이후 대체적으로 골밀도가 증가되는 양상을 보였다.

치아를 회화하면 유기 성분이 제거되고 무기질 성분으로 수산화인회석과 베타 휩록카이트(β -whitlockite)가 주성분으로 남게되며 950℃ 이상에서 이산화탄소가 완전 소멸되어 완전한 회화가 가능하다. 윤과 호⁷⁾는 치아회분을 이용한 동물실험에서 수산화인회석과 유사한 골치유과정을 보인다고 하였으며 홍과 윤⁹⁾은 치아 회분을 과립형 혹은 치근형으로 제작하여 발치와에 매식하여 치아 회분의 생체친화성과 생체결합성을 관찰하였고 동물 실험에서 치아 회분은 실험 1~2주부터 미약하나마 흡수되면서 골조직으로 대치되는 소견을 관찰하였다고 하였다.

석고의 주성분은 calcium sulfate hemihydrate이며 생체친화성이 있는 재료이며 저밀도형일수록 흡수 속도가 빠르다. 치과용 연석고는 골형성을 위한 칼슘 이온을 제공하며, 공간 폐쇄 및 혈병 형성과 관련된 골 유도 작용, 혹은 골막이나 주변골과 밀접히 접촉되면 직접적인 세포 유도 작용을 수반할 수도 있다. 석고는 치과 뿐만 아니라 정형외과 영역에서 사지 골절의 고정에 유용하게 이용되어왔다¹¹⁾. Pepelassi 등⁴²⁾은 치근이개부에 인산삼칼슘(tricalcium phosphate), 연석고와 항생제인 독시사이클린을 혼합 매식을 시행한 경우 임상적으로 염증 반응은 보이지 않았으며 결손부가 소실되면서 탐침 깊이, 치주인대 부착 등에 대한 임상적 결과가 우수하였고 특히 석고는 매식 물질이 흘러지지 않게 잡아주어 유지력을 증가시키는 역할을 한다고 하였다. Rawlings 등⁴⁴⁾은 두개골 결손에 석고 단독으로 사용하는 경우 석고가 너무 빨리 흡수되므로 고양이에서 두개성형술을 시행하는 경우 수산화인회석과 석고를 혼합 매식하여 임상적, 조직학적으로 우수한 결과를 보였다. 그 외에도 석고는 다양한 용도로 이용되며^{49,50)}, Mousset 등³⁷⁾은 석고는 항생제를 국소적으로 배출하는 운반체(carrier) 역할을 할 수 있다고 하였고, Mackey 등³³⁾은 감염이 발생한 골결손부에 항생제를 혼합한 석고를 채워 국소적으로 장기간 항생제가 배출되도록 할 수 있으며 일정 기간이 지나면 석고는 흡수되므로 제거가 필요한 다른 아크릴수지 구슬(bead)보다 임상적으로 유리하다고 하였다.

석고는 단독 또는 다른 골대체물질과 혼합되어 골재건 재료로 사용할 수 있는 데 Coetzee¹⁵⁾는 골 결손부를 지닌 100명의 환자에 석고를 매식하여 자가골 매식이 버금가는 우수한 골형성을 관찰하였다. Kim 등³⁰⁾은 성견에서 세면(3-wall)의 치조골 결손에 석고를 이용하여 치조골과 백아질의 재생을 증진시켰다. Beeson¹²⁾은 개의 전두동에 석고를 매식한 결과 4~6개월 내에 완전히 골로 대치되었다고 보고하

였고, Sottosanti⁵⁰⁾는 상악 측절치의 치조골 결손에 석고와 탈회동결건조 동종골을 매식하고 차폐막을 사용하여 임상적, 방사선학적으로 골의 형성을 확인할 수 있었다고 하였다.

MacNeill 등³⁴⁾은 토끼의 장골에 골결손부를 형성한 후 자가골 단독, bioactive glass ceramic 단독, 자가골과 calcium sulfate (CaSO₄)를 혼합, 수산화인회석 단독 매식한 군 중 자가골과 calcium sulfate (CaSO₄)를 혼합 매식한 군에서 조직계측학적 연구에서 가장 많은 신생골을 형성하였다고 하였으며, Najjar 등³⁸⁾은 토끼의 경골과 하악골에 석고와 수산화인회석 혼합 매식물, 수산화인회석 단독, 경조직 대체물(HTR)등 세 종류의 골대체 물질을 매식하였는 바 임상적으로 염증 증상은 전혀 관찰할 수 없었으나 석고와 수산화인회석 혼합 매식물에서 골증식이 가장 많이 되었고, 다음이 수산화인회석 단독, HTR 순이었다고 하였으며, 석고를 수산화인회석에 첨가함으로써 골유착에 역기능없이 골증식을 도울 수 있었다고 하였다.

본 연구에서 조직학적으로 자가골을 함께 매식한 자가골 첨가군에서 치아회분 석고 혼합군에 비해 조기에 신생골이 형성되고 골개조의 정도도 자가골 첨가군에서 빨리 진행되었다. 신생골의 형성 부위도 치아회분 석고 혼합군의 경우 골결손부 변연부에서 중심부로 서서히 자라들어오는 양상을 보였으나 자가골 첨가군에서는 자가골이 매식된 중심부에서 신생골 형성을 관찰할 수 있었던 점으로 보아 치아회분이나 석고 매식 후 골치유 과정은 골재생이나 골유도 과정이 아니라 골전도에 의한 것임을 시사하였다.

Georgiade 등²⁴⁾은 고양이 두개골과 전두동 결손부에 수산화인회석과 석고의 혼합 매식체를 채운 후 조직학적 검사 결과 석고는 6~8주에서 서서히 흡수되었고 결손부는 골로 대체되었다고 하였으며, Beeson¹²⁾도 전두동에 석고를 매식재로 이용하였다. Pecora 등⁴⁰⁾은 임프란트와 관련하여 상악동 거상술을 시행 후 석고로 채운 후 9개월 후 방사선학적, 임상적으로 임프란트와 골유착이 일어났다고 평가하였으며 조직학적으로도 석고는 전혀 관찰되지 않아 상악동 거상술과 관련하여 석고를 매식재로 이용할 수 있다고 보고하였다. 김 등¹⁾은 성견에서 치아 회분 입자들간의 직접적인 골성 결합은 관찰되지 않았고 주위 결체조직의 증식에 의해 유합되는 소견을 보인다고 하였으며 실험 16주에서 치아 회분이 대부분 흡수되어 골로 대체되었다고 하였다.

본 연구 실험 2주군에서 치아회분 석고 혼합군, 자가골 첨가군 모두에서 골결손 변연부에서 신생골 형성을 관찰할 수 있었다. 골대체물 주위에 이물질 거대세포가 출현하는 것으로 보아 치아 회분이나 연석고가 이러한 세포들의 작용에 의해 분해, 흡수되는 것으로 사료되었다. 실험 8주군에서 대부분의 연석고가 흡수되어 관찰할 수 없었으나 치아 회분의 경우 실험 20주 소견에서도 부분적으로 관찰되었다. 실험

20주 치아회분 석고 혼합군과 자가골 첨가군 양군 모두에서 골결손부가 완전히 골로 대체되지 않은 점으로 보아 임계치 결손보다 큰 부위에서는 보다 많은 비율의 자가골 이식이 필요하리라 사료되었다. 그리고 본 연구에 이용된 성견의 두개골 두께는 다양하였지만 평균 3mm 정도여서 원형 결손부의 두개골 용적은 약 0.94cc였고 자가골은 0.3cc였으므로 자가골 비율은 약 32%이었다. 실험 20주 자가골 첨가군에서도 골결손부가 완전히 골로 채워지지 않았으므로 이보다 높은 비율의 자가골을 사용해야 나올 것으로 사료되었다.

Hedeboe 등²⁵⁾과 Dacquet 등¹⁷⁾은 석고가 경화될 때 70℃ 까지 상승될 수 있으므로 조직에 심한 화상을 입힐 수 있다고 하였고, Lavalette 등³²⁾은 석고 경화에 이용되는 물의 온도가 25℃를 초과하거나 석고를 8장 이상 겹쳐 조직에 적용하면 화상을 입을 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서 골결손 직하방에 뇌가 존재하므로 열발생에 대하여 주의하였으며 매식 후 실온의 생리식염수에 적신 거즈를 경화시간 동안 덮어두어 열발생에 의한 조직 손상을 최소화하고자 노력하였다.

본 연구에서 실험 2주, 4주, 8주, 12주군 모두에서 치아회분 석고 혼합군에 비해 자가골 첨가군에서 신생골 형성이 활발하였으나 실험 20주 소견에서는 조직학적으로 큰 차이를 발견할 수 없었다. 이러한 실험 결과는 매식재 중 자가골이 차지하는 비율이 낮은 데 기인하는 것으로 사료되었으며 향후 치아 회분과 연석고에 골형성단백이나 Marx 등³⁵⁾이 언급한 혈소판 풍부 혈장(PRP)을 첨가하거나 전기적 자극을 가해¹⁰⁾ 골형성을 증진시키는 방법 등을 모색할 수도 있으리라 생각되었다.

V. 결 론

치아 회분과 치과 연석고의 혼합체에 자가골을 첨가한 경우, 골치유 과정에서 그 효과를 알아보고자 성견 19마리의 두개골 좌우측에 직경 20mm의 전층 골결손부를 형성한 후, 좌측 결손부에는 치아 회분과 치과 연석고(무게비 2:1)를 생리식염수와 혼합하여 매식하였고 우측 결손부에는 치아 회분과 치과 연석고(무게비 2:1)에 자가 장골을 0.3cc 혼합하여 매식하였다. 수술 2주, 4주, 8주, 12주, 20주 후에 그 치유과정을 육안적, 방사선학적, 조직학적으로 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 임상적 관찰 시 초기 혈중에 의한 심한 종창의 별다른 문제없이 치유되었으며 치아회분 석고 혼합군, 자가골 첨가군 모두에서 두개결손부를 촉진하였을 때 약간의 함몰된 양상을 확인할 수 있었다.
2. 디지털 영상시스템에 의한 골의 정량적 평가에서 동일 실험

협주의 치아회분 석고-혼합군과 자가골 첨가군 간, 그리고 각 군간에도 모두 통계학적으로 유의성있게 자가골 첨가군에서 골밀도가 높았고, 실험기간이 길어질수록 골밀도가 증가하는 경향을 보였다 ($P<0.001$).

- 조직학적 연구에서 치아회분-석고 혼합군에 비해 자가골 첨가군에서 실험 초기 신생골 형성이 활발하였으나 골개조 후 골성숙이 진행된 실험 20주 소견에는 조직학적으로 큰 차이를 발견할 수 없었다.
- 형광현미경 소견상 치아회분-석고 혼합군 및 자가골 첨가군 모두에서 신생골이 활발히 형성되는 부위에서 형광대를 관찰할 수 있었다.
- 전자현미경 소견상 과립형질내세망, 골지복합체 및 분비과립 등의 세포소기관이 발달되어 있고 유기질을 분비하는 골모세포를 확인하였다.

본 연구에서 실험 2주, 4주, 8주, 12주군 모두에서 치아회분 석고 혼합군에 비해 자가골 첨가군에서 신생골 형성이 활발하였으나 실험 20주 소견에서는 조직학적으로 큰 차이를 발견할 수 없었던 바 이러한 실험 결과는 매식재 중 자가골이 차지하는 비율이 낮은 데 기인하는 것으로 사료되었다.

참 고 문 헌

- 김영균, 여환호, 류종희, 이효빈, 변운래, 조재오. "성견에서 치아회분의 하악 골체부 매식시 치유과정에 관한 실험적 연구." 『대한악안면성형재건외과학회지』15:129-136, 1993.
- 김영균, 여환호. "치아회분과 치과용 연석고의 혼합매식술: 임상적 적용." 『대한악안면성형재건외과학회지』16:130-136, 1994.
- 김영균, 여환호, 양인석, 서재훈, 조재오. "치아회분 및 치과용 연석고의 혼합매식술에 관한 실험적 연구." 『대한악안면성형재건외과학회지』16:122-129, 1994.
- 김영균, 여환호, 조재오. "백서에서 치아회분과 치과용 연석고의 혼합매식술에 관한 실험적 연구: 혼합비율에 따른 비교." 『대한악안면성형재건외과학회지』18: 26-32, 1996.
- 김재덕, 김영진. "시간 경과에 따른 골변화의 영상 분석에 관한 연구." 『대한구강악안면방사선학회지』27:521-534, 1997.
- 윤창근, 조영학. "치아회분과 도재복합매식체에 관한 광학현미경 및 주사전자현미경적 연구." 『대한치과보철학회지』22:33-41, 1984.
- 윤창근, 호기영. "치아회분과 도재 복합매식체의 물리적 성질 및 세포배양에 의한 조직 친화성에 관한 연구." 『대한치과보철학회지』22:51-62, 1984.
- 조형희, 김은경. "방사선사진용 디지털 영상시스템의 정량적 평가에 관한 실험적 연구." 『대한구강악안면방사선학회지』24:137-148, 1994.
- 홍순용, 윤창근. "치아회분 및 인공수산화아파타이트 치근이 치조제 유지에 미치는 영향" 『대한치과보철학회지』23:13-31, 1985.
- Abeed, R.I. Naseer, M. Abel, E.W.. "Capacitively coupled electrical stimulation treatment: results from patients with failed long bone fracture unions." J Orthop Trauma 12:510-513, 1998.
- Austin, R.T.. "Treatment of broken legs before and after the introduction of gypsum." Injury 14:389-394, 1983.
- Beeson, W.H.. "Plaster of Paris as an alloplastic implant in the frontal sinus." Arch Otolaryngol 107:664-669, 1981.
- Bell, R. Beirne, O.R.. "Effect of hydroxylapatite, tricalcium phosphate, and collagen on the healing of defects in the rat mandible." J Oral Maxillofac Surg 46:589-594, 1988.
- Christgau, M. Wenzel, A. Hiller, K.A. Schmalz, G.. "Quantitative digital subtraction radiography for assessment of bone density changes following periodontal guided tissue regeneration." Dentomaxillofac Radiol 25:25-33, 1996.
- Coetzee, A.S. "Regeneration of bone in the presence of calcium sulfate." Arch Otolaryngol 106:405-409, 1980.
- Corsair, A.A.. "Clinical evaluation of resorbable hydroxylapatite for the repair of human intra-osseous defects." J Oral Implantol 16:125-128, 1990.
- Dacquet, V. Varlet, A. Tandogan, R.N. Tahon, M.M. Fournier, L. Jehl, F. Monteil, H. Bascoulergue, G.. "Antibiotic-impregnated plaster of Paris beads. Trials with teicoplanin." Clin Orthop 282:241-249, 1992.
- Deeb, M.E. Roszkowski, M. "Hydroxylapatite granules and blocks as an extracranial augmenting material in Rhesus monkeys." J Oral Maxillofac Surg 46:33-40, 1988.
- Eick, J.D. Bear, L. Cobb, C.M. Mosby, E.L. Hiatt, W.R.. "Mechanical behavior of mandibular continuity defects reconstructed using combinations of Hydroxylapatite and autogenous bone." J Oral Maxillofac Surg 48:823-830, 1990.
- Elkins, A.D. Jones, L.P. "The effects of plaster of Paris and autogenous cancellous bone on the healing of cortical defects in the femurs of dogs." Vet Surg 17:71-76, 1988.
- Frame, J.W.. "A convenient animal model for testing bone substitute materials." J Oral Surg 38:176-180, 1980.
- Frame, J.W. Rout, P.G. Browne, R.M.. "Ridge augmentation using solid and porous hydroxylapatite particles with and without autogenous bone or plaster." J Oral Maxillofac Surg 45:771-778, 1987.
- Friedenberg, Z.B. Lawrence, R.R.. "The regeneration of bone defects of varying size" Surg Gynecol Obstetr 114:721-729, 1962.
- Georgiade, N.G. Hanker, J. Levin, S. Ruff, G.. "The use of particulate hydroxylapatite and plaster of Paris in aesthetic and reconstructive surgery." Aesthetic Plast Surg 17:85-92, 1993.
- Hedeboe, J. Larsen, F.M. Lucht, U. Christensen, S.T.. "Heat generation in plaster-of-Paris and resulting hand burns." Burns Incl Therm Inj 9:46-48, 1982.
- Hildebolt, C.F. Vannier, M.W. Pilgram, T.K. Shroud, M.K.. "Quantitative evaluation of digital dental radiograph imaging systems." Oral Surg Oral Med Oral Pathol 70:661-668, 1990.
- Hollinger, J.O. Schmitz, J.P. Mark, D.E. Seyfer, A.E.. "Osseous wound healing with xenogeneic bone implants with a biodegradable carrier." Surgery 107:50-54, 1990.
- Hopp, S.G. Dahners, L.E. Gilbert, J.A.. "A study of the mechanical strength of long bone defects treated with various bone autograft substitutes: an experimental investigation in the rabbit." J Orthop Res 7:579-584, 1989.
- Kent, J.N. Zide, M.F. Kay, J.F. Jarcho, M.. "Hydroxylapatite block and particles as bone graft substitutes in orthognathic and reconstructive surgery." J Oral Maxillofac Surg 44:597-605, 1986.
- Kim, C.K. Kim, H.Y. Chai, J.K. Cho, K.S. Moon, I.S. Choi, S.H. Sottosanti, J.S. Wikesje, U.M.. "Effect of a calcium sulfate implant with calcium sulfate barrier on periodontal healing in 3-wall intrabony defects in dogs." J Periodontol 69:982-988, 1998.
- Kim, S.G. Yeo, H.H. Kim, Y.K.. "Grafting of large defects of the jaws with a particulate dentin-plaster of paris combination." Oral Surg Oral Med Oral Pathol 88:22-25, 1999.

32. Lavalette, R. Pope, M.H. Dickstein, H. "Setting temperatures of plaster casts. The influence of technical variables." *J Bone Joint Surg [Am]* 64:907-911, 1982.
33. Mackey, D. Varlet, A. Debeaumont, D.. "Antibiotic loaded plaster of Paris pellets: an in vitro study of a possible method of local antibiotic therapy in bone infection." *Clin Orthop* 167:263-268, 1982.
34. MacNeill, S.R. Cobb, C.M. Rapley, J.W. Glaros, A.G. Spencer, P.. "In vivo comparison of synthetic osseous graft materials. A preliminary study." *J Clin Periodontol* 26:239-245, 1999.
35. Marx, R.E. Carlson, E.R. Eichstaedt, R.M. Schimmele, S.R. Strauss, J.E. Georgeff, K.R.. "Platelet rich plasma: Growth factor enhancement for bone grafts." *Oral Surg Oral med Oral Pathol* 85:638-646, 1998.
36. Misch, C.E. Dietsch, F. "Bone-grafting materials in implant dentistry." *Implant Dent* 2:158-167, 1993.
37. Mousset, B. Benoit, M.A. Delloye, C. Bouillet, R. Gillard, J.. "Biodegradable implants for potential use in bone infection. An in vitro study of antibiotic-loaded calcium sulphate." *Int Orthop* 19:157-161, 1995.
38. Najjar, T.A. Lerdrit, W. Parsons, J.R.. "Enhanced osseointegration of hydroxylapatite implant material." *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 71:9-15, 1991.
39. Okano, T. Mera, T. Ohki, M. Ishikawa, I. Yamada, N.. "Digital subtraction of radiograph in evaluating alveolar bone changes after initial periodontal therapy." *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 69:258-262, 1990.
40. Pecora, G.E. De Leonardis, D. Della Rocca, C. Cornelini, R. Cortesini, C.. "Short-term healing following the use of calcium sulfate as a grafting material for sinus augmentation: a clinical report." *Int J Oral Maxillofac Implants* 13:866-873, 1998.
41. Peltier, L.F. Jones, R.H.. "Treatment of unicameral bone cysts by curettage and packing with plaster-of-Paris pellets." *J Bone Joint Surg* 60:820-822, 1978.
42. Pepelassi, E.M. Bissada, N.F. Greenwell, H. Farah, C.F.. "Doxycycline-tricalcium phosphate composite graft facilitates osseous healing in advanced periodontal furcation defects." *J Periodontol* 62:106-115, 1991.
43. Ray, R.D. Holloway, J.A.. "Bone implants." *J Bone Joint Surg* 39:1119-1128, 1957.
44. Rawlings, C.E. Wilkins, R.H. Hanker, J.S. Georgiade, N.G. Harrelson, J.M. "Evaluation in cats of a new material for cranioplasty: a composite of plaster of Paris and hydroxylapatite." *J Neurosurg* 69:269-275, 1988.
45. Roberts, W.U. and Garetto, L.P.: *Bone Physiology and Metabolism from Implant Dentistry*, 2nd ed., St.Louis: Mosby Co., 1999, pp225-238.
46. Rooney, T. Berman, S. Indresano, A.T.. "Evaluation of porous block hydroxylapatite for augmentation of alveolar ridges." *J Oral Maxillofac Surg* 46:15-18, 1988.
47. Rosomoff, H.L. Hurley, L.A. Losee, F.L.. "Cranial reconstruction with ethylenediamine-treated bone." *Am J Surg* 97:721-733, 1959.
48. Rothstein, S.S. Paris, D.A. Zacek, M.P.. "Use of hydroxylapatite for the augmentation of deficient alveolar ridges." *J Oral Maxillofac Surg* 42:224-230, 1984.
49. Snyders, R.V.Jr. Eppley, B.L. Krukowski, M. Delfino, J.J.. "Enhancement of repair in experimental calvarial bone defects using calcium sulfate and dextran beads." *J Oral Maxillofac Surg* 51:517-524, 1993.
50. Sottosanti, J.S.. "Calcium sulfate-aided bone regeneration: a case report." *Periodontal Clin Investig* 17:10-15, 1995.
51. Stanford, J.W.. "Bone-inducing materials: their place in dentistry." *Int Dent J* 37:162-168, 1987.
52. Takagi, K. Urist, M.R.. "The reaction of the dura to bone morphogenetic protein(BMP) in repair of skull defects." *Ann Surg* 196:100-109, 1982.
53. Tyndall, D.A. Kapa, S.F. Bagnell, C.P.. "Digital subtraction radiography for detecting cortical and cancellous bone changes in the periapical region." *J Endod* 16:173-178, 1990.

저자연락처

우편번호 501-140
광주광역시 동구 서석동 588번지
조선대학교 치과대학 구강악안면외과학교실
여 환 호

원고 접수일 1999년 11월 1일
게재 확정일 1999년 11월 22일

Reprint requests

Hwan-ho Yeo

Dept. of OMFS, College of Dentistry, Chosun University
588 Seosuk-Dong, Dong-Gu, Kwangju city, 501-140, Korea
Tel. 82-62-220-3601, 3627 Fax. 82-62-224-9172

Paper received 1 November 1999
Paper accepted 22 November 1999