

## 유진놀을 이용한 수산화아파타이트 성형체에 관한 연구

류 수 착<sup>†</sup>

밀양대학교

## Study on the Hydroxyapatite Body Using with the Eugenol

Ryu Su Chak<sup>†</sup>

Dept. of Materials Engineering, Miryang National University

(2004년 4월 16일 받음, 2004년 5월 17일 최종수정본 받음)

**Abstract** The samples were prepared with hydroxyapatite(HAp) powder and eugenol (Eugenol/HAp = 15, 20, 25, 30wt%). The samples were dried at room temperature. The higher mechanical properties was observed in HAp sample with 25wt% Eugenol. The average compressive and bending strength in HAp with 25wt% Eugenol are 542 kgf/mm<sup>2</sup> and 366 kgf/mm<sup>2</sup> respectively. This strength is higher compare to that of the cortical bone.

**Key words** Hydroxyapatite, Eugenol, Compressive strength, Cortical bone.

### 1. 서 론

건을 파악하고자 한다.

수산화 아파타이트는 우수한 생체친화성으로 인하여 골 조직 대체재료로서 활발한 연구가 진행되어왔다. 특히, 골조직과의 유사한 조성과 인체 안정성으로 인하여 그 제조방법은 다양하게 연구되어졌고 분말을 이용한 인체 골조직의 인공합성에도 그 응용성을 넓혀왔다.<sup>1)</sup> 이러한 응용성은 특히 치과계에서 다양한 용도로 응용되어왔다. 그 예로서 인공치근이나, 인공치아 및 골조직 충진제가 있다.<sup>2)</sup> 그러나 수산화 아파타이트 소결체를 얻기 위한 성형체 제조 및 열처리가 매우 어렵고 기계적 물성이 빠나 치아에 미치지 못하는 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 이유로 인하여 금속 및 고분자 재료가 인체의 불안정성에도 불구하고 사용되고 있고, 그 응용범위가 넓은 것이 사실이다.<sup>3)</sup> 또한, 금속의 불안정한 생체 친화성을 개선하고 수산화 아파타이트의 우수한 생체 친화성을 이용하기 위하여 금속과 수산화 아파타이트의 복합체나 고분자와의 복합체 및 코팅 등의 방법으로 이러한 문제점을 개선하려는 노력이 진행 중이다.<sup>4,7)</sup> 따라서, 본 연구에서는 생체 친화성이 우수한 수산화 아파타이트를 주원료로 하여 치과에서 상아질 지각 둔마제와 진통제로 널리 사용되는 정제된 정향제이며, 국소 치과용 마취제 및 산화물 결합제로 이용되는 유진놀(Eugenol, C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>)을 결합제로 사용하여 상온 건조된 수산화 아파타이트 성형체를 제조하여 구조 및 기계적 물성을 파악하고 치아 및 인공 골조직으로 응용 가능성과 이를 위한 최적의 수산화아파타이트 분말과 유진놀과의 혼합 조

### 2. 실험 방법

본 실험에서는 수산화 아파타이트(HAP.Tech > 98%)분말을 기본으로하여 유진놀(Eugenol, Cadco, USA)을 결합제로 사용하였다. 특히, 본 실험에서 사용한 유진놀은 USP(United State Pharmacopoeis)에 등재된 원료로서 현재 국내 수요량의 전량을 수입하여 사용하는 치과용 원료이다. 수산화 아파타이트를 기준으로 15, 20, 25, 30 wt%의 유진놀을 첨가하여 충분히 혼합한 후 가압 성형기를 이용하여 250 kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 10×10×50 mm 크기의 시편을 제작하였다. 성형한 시편은 상온에서 건조한 후 인체의 체온과 유사한 37°C로 유지된 건조기에 보관 사용하였다. 보관된 시편을 미소절단기로 각각 5개씩 절단하여 준비한 후 인체의 체온 보다 약간 높은 40°C의 항온조에 투입하고 더 이상의 무게 변화가 일어나지 않는 48시간 후 반출한 시편을 아르키메데스 법을 이용하여 부피비중, 겉보기비중, 기공율 및 흡수율을 측정하였고 만능시험기를 이용하여 압축강도 및 곡강도를 측정하였으며 미이크로 비이커스(Hv)를 이용하여 경도를 측정하였고 전자 현미경(SEM)을 이용하여 미세구조를 파악하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 겉보기 및 부피비중과 기공율 및 흡수율 측정

Fig. 1과 Fig. 2는 수산화 아파타이트를 기준으로 15, 20, 25, 30wt%의 유진놀을 첨가하여 충분히 혼합한 후 성형한 시편을 미소절단기로 각각 5개씩 절단한 다음 각

<sup>†</sup>E-Mail : scryu@mnu.ac.kr

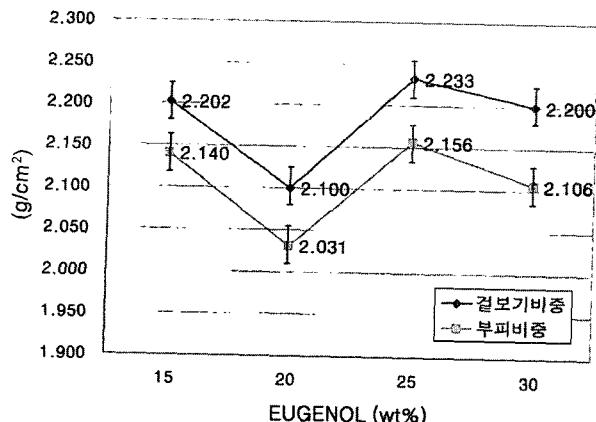


Fig. 1. The density properties of HAp body adding with Eugenol.

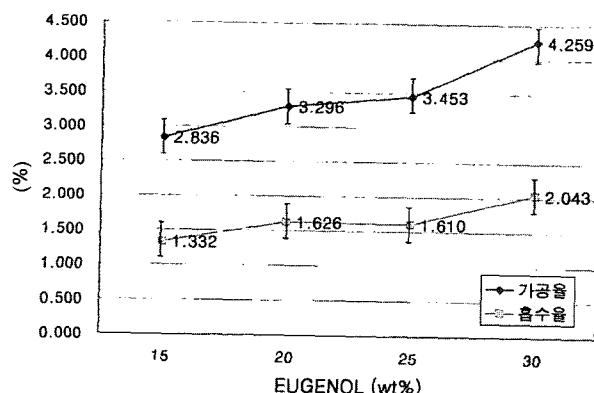


Fig. 2. The porosity and water absorption properties of HAp body adding with Eugenol.

각의 시편을 상온에서 건조한 후 체온과 유사한 37°C로 유지된 건조기에 24시간 건조 후에 청량한 무게와 체온보다 약간 높은 40°C의 항온조 투입하고 더 이상의 무게 변화가 일어나지 않는 48시간 후 반출한 시편의 무게를 이용하여 아르키메데스 법으로 부피비중, 겉보기비중, 기공율 및 흡수율을 측정한 결과이다. 일반적으로는 100°C의 중탕을 이용하여 시편을 3시간 가열하는 것이나 인체의 체온은 40°C를 넘지 않으며 유진돌이 100°C의 온도를 견디지 못하는 특성으로 중탕온도를 낮추는 대신 시간을 48시간으로 충분히 부여하여 측정하였다. 기공율은 평균 2.84-4.26(%)로 유진돌의 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였고 흡수율은 평균 1.33-2.04(%)로 유진돌 함량에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 기공율과 흡수율 결과 유진돌을 결합제로 사용한 수산화아파타이트 성형체는 치밀한 구조로 사료되며 유진돌 30wt%에서 기공율과 흡수율의 증가는 유진돌의 첨가량이 필요 이상으로 존재함에 따라 시편 건조시 팽창으로 인한 미세 균열의 관찰에 기인한 것으로 사료된다.(Fig. 3) 겉보기비중은 평균 2.20-2.23(g/cm³)으로 나타났으며, 부피비중은 평균 2.10-2.16(g/cm³)으로 나타났다. 유진돌 25wt% 첨가 시 가장 높은 값을 나타내었으나 그 차이

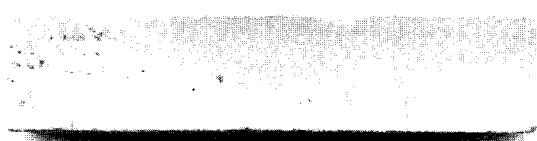


Fig. 3. The surface of HAp body adding with 30wt% Eugenol.

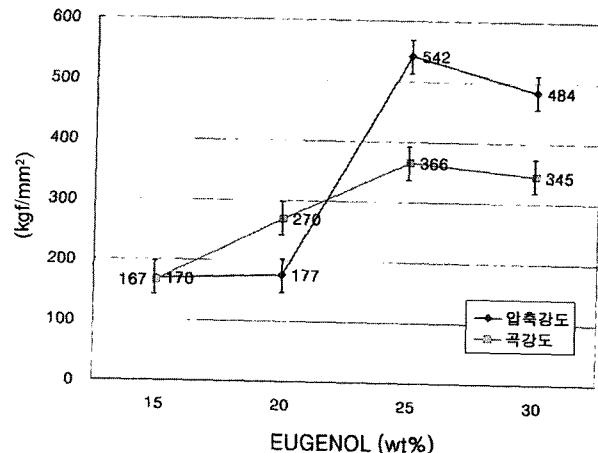


Fig. 4. The mechanical properties of HAp body adding with Eugenol.

는 미미한 정도로 유사한 값을 나타내었다.

### 3.2 압축강도와 곡강도 측정

수산화 아파타이트분말에 각각 5, 20, 25, 30wt%의 유진돌을 첨가하여 충분히 혼합한 후 가압 성형기를 이용하여 250 kg/cm²의 압력으로 10×10×50 mm 크기의 시편을 각각 3개씩 제작하였다. 성형한 시편은 상온에서 건조한 후 인체의 체온과 유사한 37°C로 유지된 건조기에 24시간 건조한 후 만능테스트기로 압축강도 및 곡강도를 측정한 결과의 평균값을 Fig. 4에 나타내었다. 압축강도는 170-542 kgf/mm²를 나타내었고 곡강도는 167-366 kgf/mm²를 나타내었다. 이상과 같은 결과에서 25wt%의 유진돌 첨가 시 가장 높은 기계적 특성을 나타내었다. 이러한 결과는 유진돌이 수산화아파타이트와 충분한 혼합을 거쳐 가압 성형함으로서 충분한 기계적 특성을 발현하며 25wt% 이상의 유진돌의 사용은 오히려 건조 시 수산화 아파타이트분말 사이의 과량의 유진돌이 건조 팽창함으로서 성형체의 미세균열을 발생시켜 기계적 특성을 감소시키는 것으로 사료된다. 이상과 같은 측정 결과는 괴질의 뼈(Cortical bone)보다 기계적 특성이 매우 우수한 것으로 나타났다.<sup>8)</sup>

### 3.3 경도 측정

수산화 아파타이트분말에 각각 5, 20, 25, 30 wt%의 유진돌을 첨가하여 혼합한 후 가압 성형한 시편을 상온에서 건조한 후 인체의 체온과 유사한 37°C로 유지된 건조기에 24시간 건조한 후 마이크로 비이커스를 test

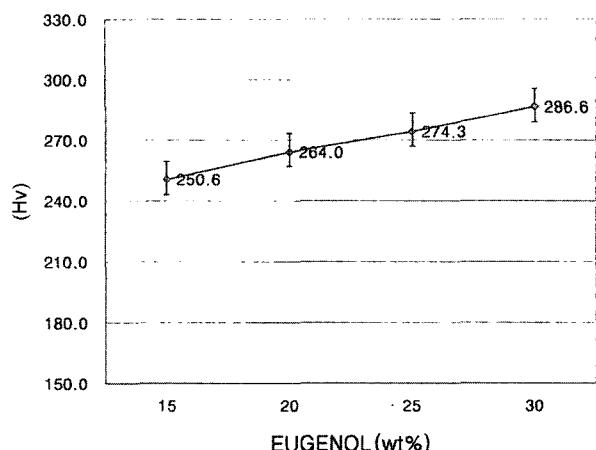


Fig. 5. The micro vickers hardness of HAp body adding with Eugenol.

load를 100 gf로 하고 dwell time을 10초로 하여 각각 5point 경도를 측정한 결과의 평균값을 Fig. 5에 나타내었다. 평균 250-286 Hv의 값을 나타내었으며 이상과 같은 결과에서 유진놀의 첨가량이 증가할수록 경도 값이 높은 경향을 나타내었다. 또한 측정부위를 전자현미경을 이용하여 관찰한 결과(Fig. 6) 유진놀의 첨가량이 많을수록 콘의 크기는 작은 것으로 관찰되었으며 이와 같은 경향은 결합제인 유진놀이 수산화아파타이트 입자사이에 존

재하여 입자간 결합을 증가시키고 세라믹스의 경도 측정 시 흔히 나타나는 크랙(crack)의 진행을 차단해줌으로서 높은 경도 값을 나타내며 이와 같은 원인으로 인하여 기계적 특성에도 영향을 미치는 것으로 사료된다.

### 3.4 미세구조 측정

수산화 아파타이트를 기준으로 15, 20, 25, 30wt%의 유진놀을 첨가하여 충분히 혼합한 후 성형한 시편은 미세절단기로 절단한 시편을 상온에서 건조한 후 체온과 유사한 37°C로 유지된 건조기에 보관 24시간 건조 후에 절단면을 전자현미경을 이용하여 미세구조를 측정한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 유진놀의 함량이 증가할수록 입자사이의 공극의 크기와 양이 감소되는 경향을 나타내며 30wt%의 유진놀을 첨가했을 경우 과잉의 유진놀이 관찰되고 이 과잉의 유진놀은 건조 시 팽창하여 성형체의 균열을 발생시키고 기계적 특성을 저하시키는 것으로 사료된다.

## 4. 결 론

수산화 아파타이트에 유진놀을 첨가하여 가압성형하여 상온에 고형화 시켜 제조한 성형체의 물성을 평가한 결과, 수산화 아파타이트에 유진놀을 25wt% 첨가했을 때, 압축강도는 평균 542 kgf/mm<sup>2</sup>와 곡강도는 평균 366 kgf/

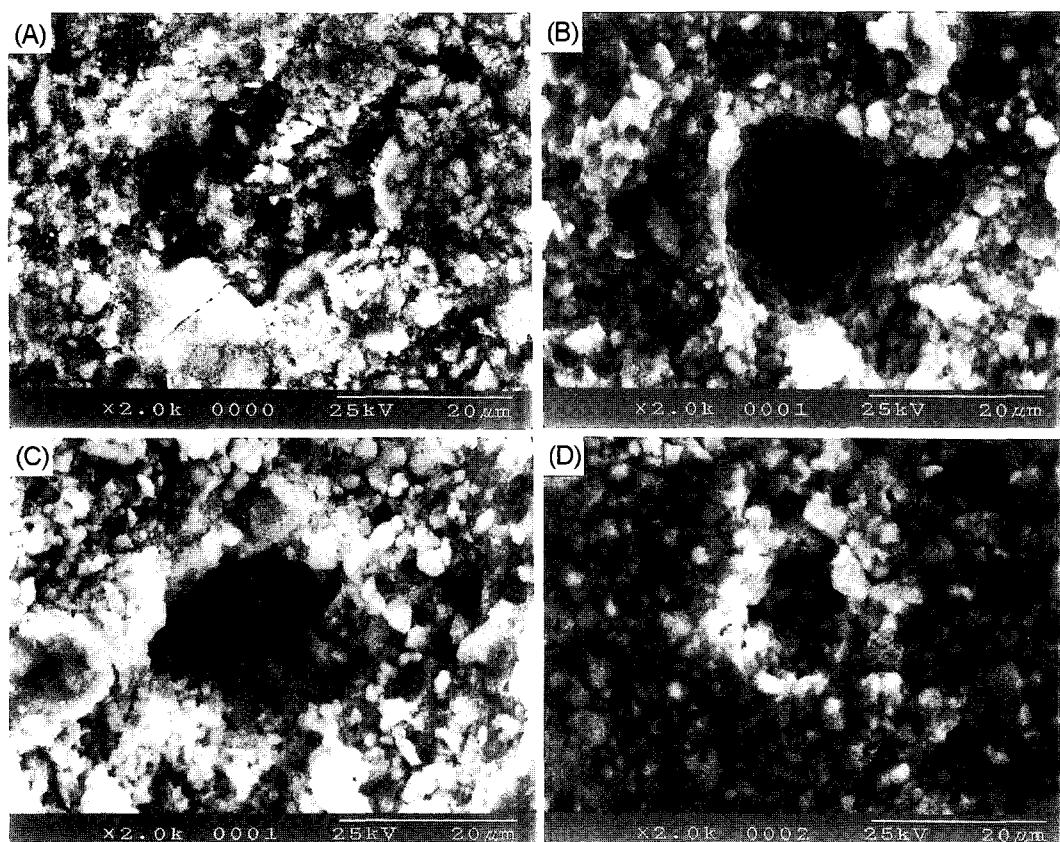
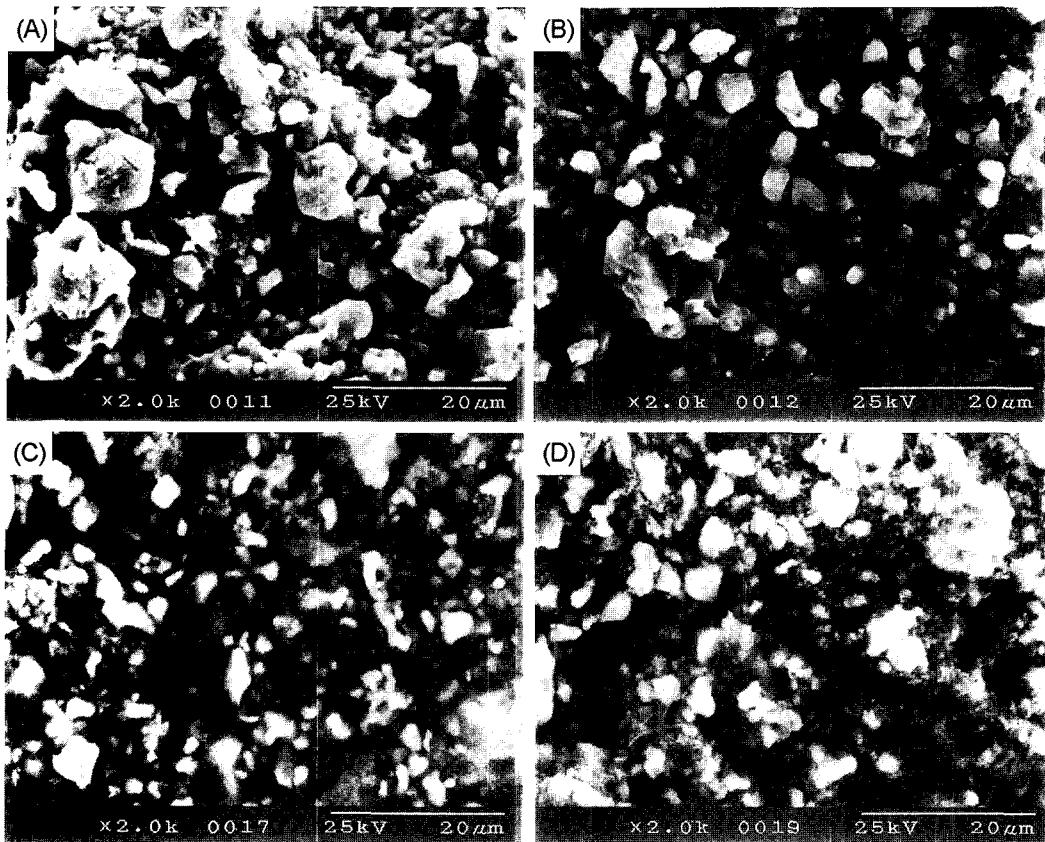


Fig. 6. The Vickers cone of HAp surface ; adding with 15wt% Eugenol(A), 20wt% Eugenol(B), 25wt% Eugenol(C), 30wt% Eugenol(D).



**Fig. 7.** The SEM photographs of HAp fracture body ; adding with 15wt% Eugenol(A), 20wt% Eugenol(B), 25wt% Eugenol(C), 30wt% Eugenol(D).

$\text{mm}^2$ 로 기계적 특성이 가장 우수하게 나타났으며 경도 값 역시 평균 274.3 Hv로 높게 나타났다. 이러한 성형체의 기계적 강도 및 경도가 피질의 뼈(Cortical bone)보다 우수하였다. 이상과 같은 결과 열처리 공정 없이 수산화 아파타이트 세라믹스 제조가 가능하였으며 기계적 특성 및 구조적 특성을 기초로 향후 임상실험에 의한 안정한 생체 친화성을 확보한다면 인공뼈 및 인공치아로서의 사용이 가능할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. D. Y. Lee, S. K. Lee, H. Park, and C. E. Kim, J. Kor. Ceram. Soc., **28**(5) 373(1991).
2. J. W. Ha and H. J. Jung, J. Kor. Ceram. Soc., **20**(1), 55 (1983).
3. Y. D. Son and T. W. Song, J. Kor. Ceram. Soc., **36**(12), 1342 (1999).
4. L. L. Hench and J. Wilson, World Scientific, Singapore, New Jersey, London, Hongkong, Ch.1 (1988).
5. R. Z. Legeros, CRC Press, London & Tokyo, 3-28 (1994).
6. D. K. Smith, CRC Press, London & Tokyo, 29-44 (1994).
7. Y. Fang, D. K. Agrawal, D.W. Roy, CRC Press, London & Tokyo, 269-282 (1994).
8. S. B. Jo, Y. J. Youn, Ceramist, Hanrimwon, **3**(3), 5 (2000).

1. D. Y. Lee, S. K. Lee, H. Park, and C. E. Kim, J. Kor.