

## Ti-6Al-4V 비드코팅 임플란트 시제품의 골유착에 대한 실험적 연구

우진오<sup>1</sup> · 박봉욱<sup>2</sup> · 변준호<sup>2</sup> · 김승연<sup>3</sup> · 김규천<sup>4</sup> · 박봉수<sup>4</sup> · 김종렬<sup>5</sup>

<sup>1</sup>경남 진해시 우진오치과의원, <sup>2</sup>경상대학교 의학전문대학원 치과학교실 구강악안면외과,  
<sup>3</sup>경상대학교 건강과학연구원, <sup>4</sup>한국기계연구원 공정연구부, <sup>5</sup>부산대학교 치의학전문대학원  
구강해부학교실, <sup>5</sup>부산대학교 치의학전문대학원 구강악안면외과학교실

### Abstract

#### AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE OSSEOINTEGRATION OF THE TI-6AL-4V BEAD COATING IMPLANTS

Jin-Oh Woo<sup>1</sup>, Bong-Wook Park<sup>2</sup>, June-Ho Byun<sup>2</sup>, Seung-Eon Kim<sup>3</sup>,  
Gyoo-Cheon Kim<sup>4</sup>, Bong-Soo Park<sup>4</sup>, Jong-Ryoul Kim<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Dr. Woo's Dental Clinic, Jinhae-city, Korea, <sup>2</sup>Department of Oral & Maxillofacial Surgery, School of Medicine and Institute of Health Science, Gyeongsang National University*

<sup>3</sup>*Department of Materials Processing, Korea Institute of Machinery & Materials*

<sup>4</sup>*Department of Oral Anatomy, School of Dentistry, Pusan National University*

<sup>5</sup>*Department of Oral & Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Pusan National University*

The geometric design of an implant surface may play an important role in affecting early osseointegration. It is well known that the porous surfaced implant had much benefits for the osseointegration and the early stability of implant. However, the porous surfaced implant had weakness from the transgingival contaminants, and it resulted in alveolar bone loss. The other problem identified with porous surface implant is the loss of physical properties resulting from the bead sintering process. In this study, we developed the new bead coating implant to overcome the disadvantages of porous surfaced implant. Ti-6Al-4V beads were supplied from STARMET (USA). The beads were prepared by a plasma rotating electrode process (PREP) and had a nearly spherical shape with a diameter of 75-150  $\mu\text{m}$ . Two types of titanium implants were supplied by KJ Meditech (Korea). One is an external hexa system (External type) and the other is an internal system with threads (Internal type). The implants were pasted with beads using polyvinylalcohol solution as a binder, and then sintered at 1250  $^{\circ}\text{C}$  for 2 hours in vacuum of  $10^{-5}$  torr. The resulting porous structure was 400-500  $\mu\text{m}$  thick and consisted of three to four bead layers bonded to each other and the implant. The pore size was in the range of 50-150  $\mu\text{m}$  and the porosity was 30-40 % in volume. The aim of this study was to evaluate the osseointegration of the newly developed dental implant. The experimental implants (n=16) were inserted in the unilateral femur of 4 mongrel dogs. All animals were killed at 8 weeks after implantation, and samples were harvested for hitological examination. All bead coated porous implants were successfully osseointegrated with peripheral bone. The average bone-implant contact ratios were 84.6 % (External type) and 81.5 % (Internal type). In the modified Goldner's trichrome staining, new generated mature bones were observed at the implant interface at 8 weeks after implantation. Although, further studies are required, we could conclude that the newly developed vacuum sintered Ti-6Al-4V bead coating implant was strong enough to resist the implant insertion force, and it was easily osseointegrated with peripheral bone.

**Key words:** Bead coating implant, Porous surface, Osseointegration

## I. 서 론

소실된 치아를 회복하기 위한 치과 임플란트 수술은 더 이상 특별한 방법이 아니라 보편적이고 통상적인 치료법으로 발전하고 있다. 여기에는 치과 임플란트의 성공률을 높이기 위한 여러가지 연구가 기여하였는데, 이중 임플란트의 표면 처리 및 표면기하학에 대한 다양한 연구들은 임플란트의 초기 안정성을 향상시키고, 골유착을 보다 빠르게 유도 함으로써 전체적인 치과 임플란트 치료의 성공률을 향상 시켰다<sup>1-6)</sup>. 치과 임플란트는 순수 티타늄과 티타늄 합금(Ti-6Al-4V)이 이용되며, 임플란트 표면은 몸체를 가공하여 매끈하게 만든 평활면(smooth surface)과 임플란트 몸체에 다양한 처리를 통하여 표면을 거칠게 한 거친표면(rough surface)으로 나눌 수 있다. 거친표면은 수산화인회석 코팅(hydroxyapatite coated, HA), 티타늄 플라즈마 분사(titanium plasma spray, TPS), 산부식(acid etched), 입자분사(blasted), 입자분사후 산부식(sandblasted with larger-grit and ace etched, SLA) 등의 방법으로 만들어 진다<sup>1,2)</sup>.

많은 연구들에서 거친표면을 가진 임플란트가 평활한 표면을 가진 임플란트 보다 빠른 골유착과 우수한 초기 기계적 안정성을 보인다고 하였으며, 특히 골밀도가 낮은 불량한 골에서 거친표면의 임플란트가 골-임플란트 접촉율을 높인다고 하였다<sup>3,4)</sup>. 하지만, 거친표면 임플란트 중에서 Buser 등<sup>5)</sup>은 SLA 임플란트 표면이 골-임플란트 접촉율이 가장 높다고 한 반면, Hong 등<sup>6)</sup>은 HA 코팅 임플란트가 주변 골과 가장 강하게 결합한다고 하였다.

임플란트 표면의 기하학에 대한 다양한 선행된 연구들에서 micro-beads를 표면에 부착한 다공성(porous) 임플란트가 골과의 접촉면적을 증가시키고, 임플란트 식립초기의 안정성과 빠른 골유착의 형성으로 임플란트의 성공율을 향상시킨다고 하였다<sup>7-10)</sup>. 다공성 임플란트는 처음에 정형외과적인 영역에서 사용되기 위하여 설계 되었다가<sup>11)</sup> 치과적 영역으로 확대되어 사용되었다<sup>12,13)</sup>. 다공성 표면은 다양한 공극사이로 골유착이 진행되어 골질이 불량한 곳에서도 성공적으로 임플란트의 성공을 달성할 수 있다. 하지만, 다공성 임플란트는 치관부로 부티의 감염에 취약하여 치관부로 부티의 골흡수가 진행된다면 나사형 임플란트 보다 빠르게 진행되는 경우가 많고, 임플란트 식립이 malleting 등의 외력만으로 진행되기에 식립 직후 임플란트와 골과의 물리적 유착(physical osseointegration)력은 나사형 임플란트 보다 낮을 수 있다<sup>8)</sup>.

이에 본 연구에서는 현재 시판되고 있는 다공성 임플란트의 약점을 보강한 시험용 비드코팅 다공성 임플란트(bead-coated porous implants)를 제작하게 되었다. 시험용 다공성 임플란트는 external hexa type과 internal hexa

type의 두 종류로 제작하였으며, 상부에 일정한 폭의 평활면을 주어 치은과 임플란트와의 부착(transgingival seal)을 향상 시켰다. 또한 internal type에는 상부 평활면 상에 나사선을 만들어 임플란트의 초기 안정성을 향상시켰다. 본 연구는 이러한 새로운 임플란트 시제품의 생물학적 골유착을 조직검사를 통하여 확인하는데 그 목적이 있다.

## II. 실험방법 및 재료

### 1. 실험재료

실험을 위하여 체중 10 Kg 내외의 1-2년 잡종성견(mon-grel dogs) 4두를 암수 구별 없이 사용하였다. 실험동물은 수술 전 1주 동안 적응기간을 주기 위하여 고형사료와 물을 이용하여 사육하면서 구충제를 투여 하였고, 전 동물실험은 경상대학교 동물실험 윤리기준을 준수하며 이루어졌다.

동물실험용 임플란트는 자체 제작한 순수티타늄 fixture 표면에 Ti-6Al-4V 비드 (STARMET, USA)를 분사하는 방식으로 한국기계연구원에서 제작되었다. Ti-6Al-4V 비드는 plasma rotating electrode process (PREP)로 처리하였고 75-150  $\mu\text{m}$ 의 구형(spherical shape)을 가졌다. 임플란트는 internal hexa system (internal type)과 external hexa system (external type) 두 종류로 제작하였다(Fig. 1 & 2). 임플란트 표면에 polyvinylalcohol solution을 binder로 처리한 후  $10^{-5}$  torr의 진공상태에서 1250  $^{\circ}\text{C}$ 에서 2 시간동안 비드를 임플란트 표면에 소결(sintered)시켰다. Fig. 2는 진공소결 시킨 비드코팅 임플란트(bead-coated implants)를 보여준다. 소결 후 시제품 임플란트 표면은 400-500  $\mu\text{m}$  두께의 다공성(porous) 구조와 3-4 층의 비드층을 가지는 다공성 임플란트가 완성되었다. 임플란트 표면의 공극(pore) 크기는 50-150  $\mu\text{m}$  사이였고 전체 부피에서 다공성(porosity)은 약 30-40% 범위였다. Fig. 3은 비드코팅 층의 단면을 보여주는 것으로 비드들은 서로 삼차원적으로 연결되어 빈 공간(pore)을 형성하였다. 완성된 임플란트는 포장 후 ethylene oxide (E.O.) gas로 멸균처리 하였다.

### 2. 동물실험

실험동물을 ketamine (Ketalar<sup>®</sup>, 유한양행, 한국) 10 mg/kg과 2% xyline (Rompun<sup>®</sup>, 바이엘 코리아, 한국) 2.0 mg/kg을 혼합하여 정맥주사하여 전신마취를 시행하였다. 실험동물의 우측 대퇴부를 제모한 후 베타딘과 알코올로 소독하고, 1:100,000 에피네프린을 함유한 2% 리도카인 (광명제약, 한국)을 피하주사 하였다. 피부절개와 박리를 통해 성견의 대퇴골을 노출 시키고, 각 실험동물의 편측

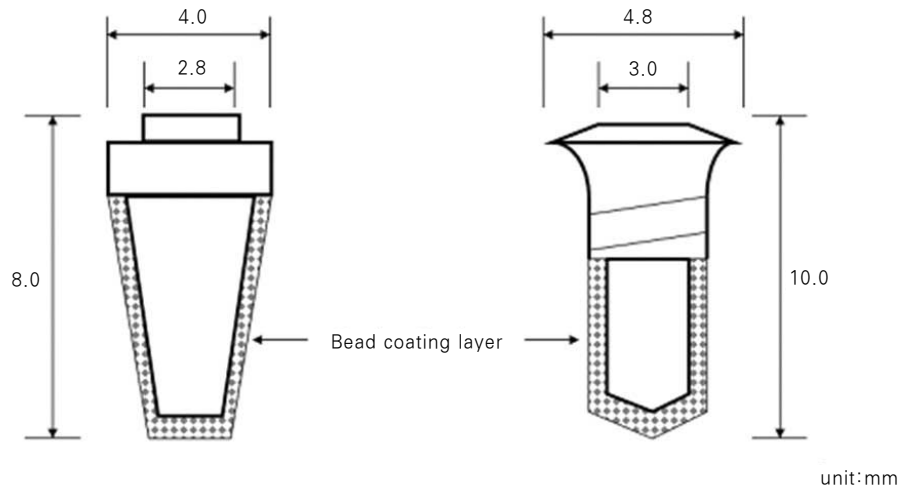


Fig. 1. Schematic diagram of implant system for bead coating.

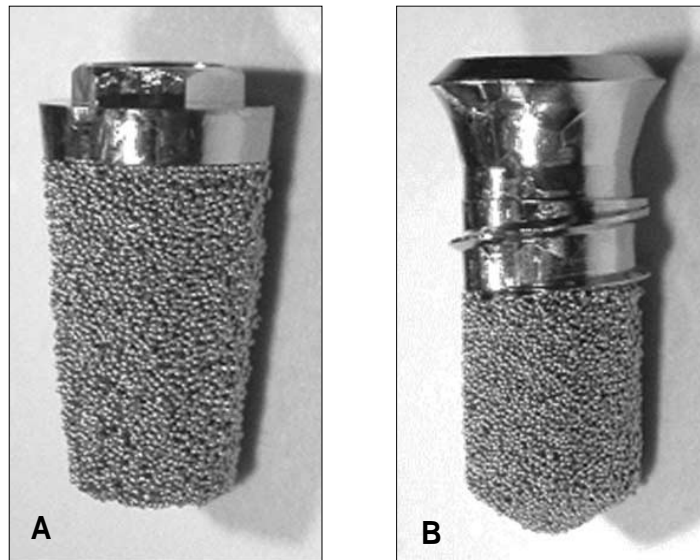


Fig. 2. Bead coated implants: external system (A) and internal system (B).

대퇴골에 external type과 internal type 각각 2개씩 총 4개의 실험용 임플란트를 식립하였다(Fig. 4). 식립은 drill kit로 2.5 mm의 최종 drilling 후 malleting으로 삽입하였다. 실험부위는 vicryl과 nylon으로 이중 봉합하였다. 술 후 5일간 1세대 cephalosporin (Cefazoline sodium®, 유한양행, 한국)을 20 mg/kg 용량으로 12시간 간격으로 근주 하였다.

### 3. 조직학적 검사

임플란트 식립 8주 후 4두의 실험동물 모두를 전신마취 상태에서 염산칼륨(KCl) 용액을 혈관으로 다량 투여하여 희생하였으며, 그 직후 임플란트를 식립한 우측 대퇴골을 블록절제 (block resection) 하였다. 임플란트를 포함한 실험 골조직은 10% 중성 포르말린 고정액 (neutral buffered formalin)에 24시간동안 고정하였으며, 이 후

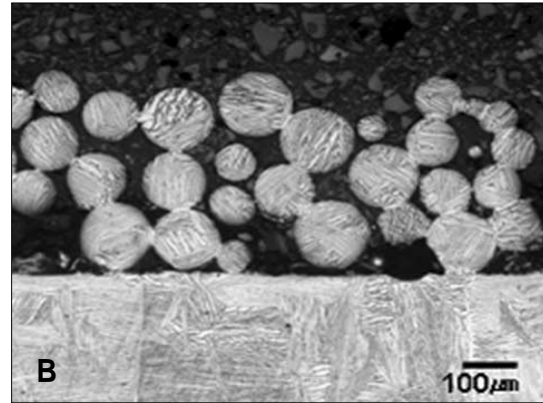
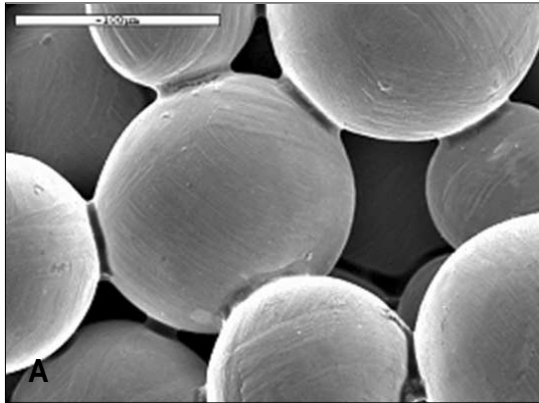


Fig. 3. Surface (A) and cross-sectional views (B) of bead-coating layer.

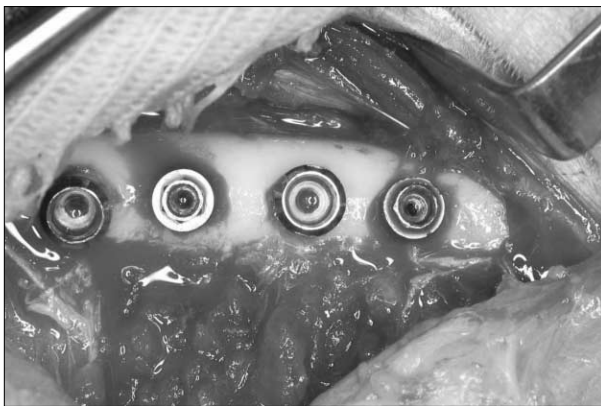


Fig. 4. The new developed Ti-6Al-4V bead-coating porous implants were implanted in the canine's femur.

5% 질산용액에 1주일 정도 탈회하였는데, 손으로 만져보아 탈회 정도를 가늠하였다. 그 후 경조직 절단기 (Struers minitom, Germany)로 시편을 약 100-150  $\mu\text{m}$  두께로 절단하고, 얇은 시편을 얻기 위해 다시 절편을 연마하여 40-50  $\mu\text{m}$ 의 두께로 만들었다. 절편을 절단하여 염색없이 임플란트 표면과 골과의 밀착 정도를 현미경상에서 관찰하였다. 이후 교원질의 생성 정도에 따른 광화된 골조직과 비광화된 골조직을 관찰하기 위하여 modified Goldner's trichrome 염색을 실시하였다. 이 염색법은 광화가 완료된 골에서는 초록색으로 염색되고, 광화가 덜된 골에서는 적색으로 염색된다. modified Goldner's trichrome 염색의 간단한 과정은 조직절편을 xylene에서 탈파라핀 후 hematoxylin(영동 제약, 한국)에 5분간 핵염색을 시행하고, 흐르는 물에 10분간 수세하며, Ponceau/acid fushin/azophloxine/acetic acid (Sigma, USA) 용액에서 5분간 염색하였다. 이 후 0.2 % aqueous acetic acid 용액에서 행구고 orange

G/phosphomolybdic acid (Sigma, USA) 용액에서 3분간 감별한다. 다시 0.2 % aqueous acetic acid에 행구고, light green/acetic acid (Sigma, USA) 용액에서 5분간 염색한다. 이 후 0.2 % aqueous acetic acid에 행구고, 95 % alcohol에 탈수한다. xylene을 통해 청명하고 balsam으로 봉입한 후 광학 현미경하에서 조직을 관찰하였다.

#### 4. 조직형태계측학적 분석

골접촉율(bone implant contact ratio)은 임플란트 표면과 골과의 특정 접촉부위를 선택하여 광학현미경 소견을 digital camera (Olympus BH60, Japan)로 촬영하여 영상분석 소프트웨어(AxioVision 4.3, Germany)에 저장하고 전체 임플란트 표면의 길이에 대한 골접촉부 길이의 비율을 백분율로 표시 하였다. 골접촉율은 식립된 16개의 임플란트 (4두  $\times$  4개) 모두에서 골접촉이 가장 좋은 두 부위씩을 각각 선택하여 측정하였다. external type과 internal type으로 나누어 각각 군의 평균과 표준편차를 구하였으며, t-test를 이용하여 두 type간의 차이를 검증하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 육안적 소견

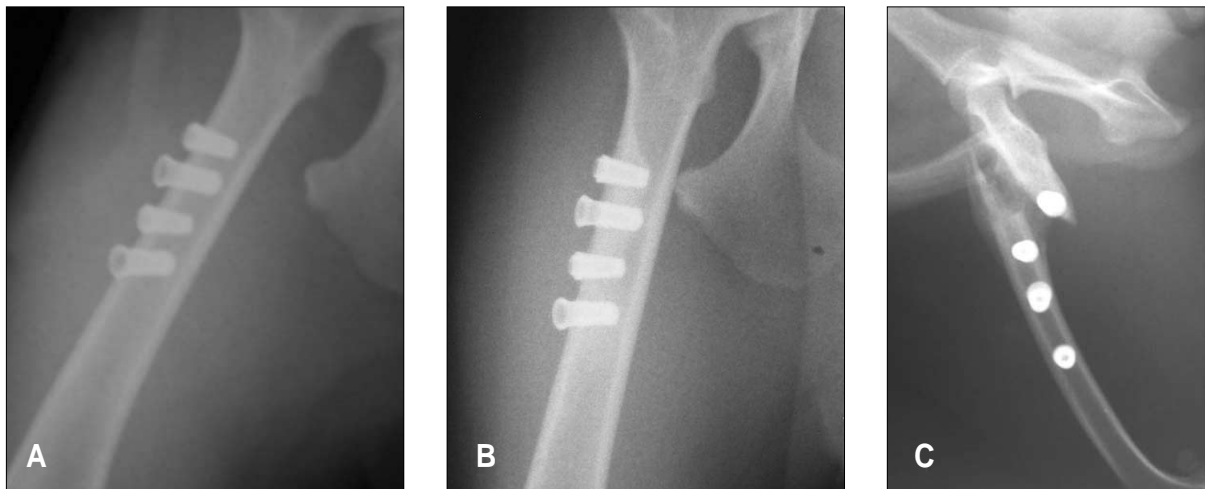
4두의 실험동물에 각각 4개씩 총 16개의 임플란트를 식립하였고, 식립시 초기 안정성을 얻지 못한 경우는 없었으며, 12주 동안 매식부위에 감염이나 임플란트의 노출된 소견은 없었다. 실험동물 4두 중 1두에서 임플란트 식립 후 치유과정동안 대퇴골의 골절이 관찰 되어 부목(splint)처치 후 운동을 제한하였으며, 8주 후 식립된 실험용 임플란트는 모두 성공적인 골유착을 보였다.

## 2. 방사선적 소견

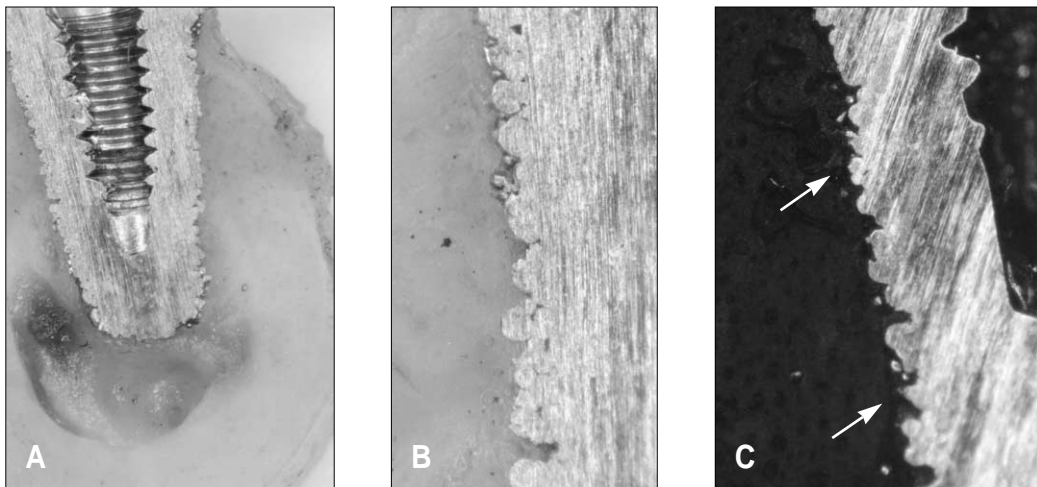
방사선학적 검사를 위하여 임플란트 식립 직후와 희생 직전에 임플란트 식립부위인 우측 대퇴골을 일반촬영 하였으며, 1두의 실험동물에서 임플란트 식립 후 치유과정동안 대퇴골의 골질이 관찰 되었지만 식립된 임플란트의 안정성은 잘 유지되었다. 일반 방사선 검사로는 임플란트 식립 직후와 희생 직전에 임플란트 주변골에 특별한 차이점은 관찰 되지 않았으며, external과 internal type 모두에서 양호한 골유착 소견이 관찰되었다(Fig. 5).

## 3. 조직학적 소견

조직표본을 제작 후 무염색으로 임플란트와 골과의 접촉면을 직접 관찰하였을 때, 임플란트 표면에 다른 조직의 개재 없이 골과 완전히 결합한 것을 관찰 할 수 있었다(Fig. 6. A & B). 임플란트 식립 후 8주의 짧은 치유기간에도 modified Goldner's trichrome 염색시 임플란트와 골과의 접촉면에 녹색발현의 광화가 완료된 신생골이 다량 관찰되었다(Fig. 6. C).



**Fig. 5.** Routine radiographic examination. (A) Immediately after implantation in the femur. (B) After 8 weeks of implantation. Good osseointegration was observed in the cortical and marrow bones. (C) The one animal's femur was fractured after implantation, but the stability of implants was maintained during 8 weeks.



**Fig. 6.** (A & B) Histologic sections demonstrating a well-defined osseointegration adjacent to the porous-surfaced implants after 8 weeks of healing (A:  $\times 10$  magnification, B:  $\times 60$  magnification). (C) Modified Goldner's trichrome stain showing the green colored new generated mature bones at the implant surface (arrows,  $\times 60$  magnification).

**Table 1.** Bone implant contact (BIC) ratio in the two type of bead-coating implants

	Maximum value	Minimum value	Mean $\pm$ SD
External type	95.5 %	64.6 %	84.6 % $\pm$ 11.5
Internal type	94.8 %	59.7 %	81.5 % $\pm$ 12.6

#### 4. 조직형태계측학적 평가

external type의 골접촉율은 최고 95.5 %, 최저 64.6 %로 평균 84.6 %  $\pm$  11.5 였다. internal type의 골접촉율은 최고 94.8 %, 최저 59.7 %로 평균 81.5 %  $\pm$  12.6 였다. 두 type간에 통계적으로 유의한 차이 ( $p < 0.05$ )는 없었다(Table 1).

### Ⅳ. 고 찰

임플란트의 성공률을 높이기 위해 다양한 표면처리 기술이 발전하였고, 아직까지 어떠한 표면처리가 보다 우수한 임플란트와 골의 유착을 야기하는지는 확실하게 규명되지 않았다. 하지만, 많은 연구들에서 평활표면(smooth surface) 보다는 거친표면(rough surface)이 우수한 골유착을 보인다고 결론 되었다. 거친표면 중 비드코팅 다공성 표면 임플란트는 나사형 임플란트 보다 골과의 접촉면적이 넓기 때문에 성공적인 골유착에 필요한 임플란트의 길이를 줄일 수 있고, 따라서 해부학적으로 치조골이 부족한 부위에서도 골이식술 없이 짧은 임플란트만 식립하여도 성공률을 높일 수 있다고 하였다<sup>9,10</sup>. 또한 소결(sintered) 다공성 임플란트는 표면에 높은 골전도성이 있기에<sup>14</sup> 상악동저 증강술과 동시에 식립될 때 특별한 골이식술 없이 상악동 점막만 거상 시켜도 임플란트 주변으로 충분한 골이 형성된다고 하였다<sup>15</sup>. 이는 상악동저에 이식재를 사용하지 않고 임플란트 침부에 의한 Schneiderian 막의 텐팅(tenting) 작용만으로도 혈중에서나 주변조직에서의 골화전구세포(osteoprogenitor cells)들이 다공성 임플란트 표면에 쉽게 이주 할 수 있기 때문이라 하였다<sup>16</sup>.

Simmons 등<sup>9</sup>은 본 연구에서와 유사하게 Ti-6Al-4V 코팅 다공성 표면에서 다른 표면처리 임플란트 보다 빠른 골유착과 임플란트 안정성을 보였다고 하였는데, 이렇게 다공성 임플란트가 골유착성이 우수한 이유는 다공성 표면사이의 빈 공간은 임플란트 식립 직후에 fibrin scaffold가 빠르고 안정적으로 형성되게 하며<sup>17</sup>, 이러한 fibrin scaffold는 골화세포(osteogenic cells)가 임플란트 표면에 빨리 도달하게 하며, 결과적으로 빠른 골화세포의 이주는 보다 빠른

골기질 생성과 광화과정을 완성하고 조기에 임플란트의 골유착을 이룬다<sup>9</sup>. 이러한 이유 외에도 다공성 표면 주변의 국소적인 역학적 환경(local mechanical environment)이 골형성에 보다 유리한 작용을 한다고도 하였다<sup>7</sup>. 이는 임플란트 식립 직후 다공성 임플란트의 표면과 골과의 접촉면 사이에서는 다른 표면처리 임플란트에서 보다 낮은 distortional strain과 hydrostatic stress가 적용되며, 이는 임플란트와 골과의 접촉면에서 골형성을 촉진 시킨다는 이론으로<sup>9</sup>, 이는 또한 Pauwels<sup>18</sup>와 Carter 등<sup>19</sup>이 제안한 국소적인 역학적 환경이 임플란트 주변의 조직 재생에서 세포 분화와 발현 및 조직 합성 등에 직접적인 영향을 미친다는 이론에 바탕을 둔 것이다.

다공성 임플란트가 이러한 골유착과 안정성의 조기 완성이라는 장점이 있는 반면, 몇 가지의 단점 또한 보고되고 있는데, 첫째는 비드를 소결시켜 임플란트 표면에 부착하는 과정에서 임플란트 표면의 물리적 성질이 약해질 수 있고, 이는 비드 부착면에 외력의 집중이 가해지게 되면 임플란트의 골유착 파괴를 야기 할 수 있다. 따라서 요즘은 electro-discharged compaction (EDC) 라고 알려진 과정을 통해 다공성 임플란트 표면의 물리적 특성을 강화시킬 수 있다. EDC는 고전압과 고전류 밀도를 임플란트 표면에 적용시켜 다공성 표면의 물리적 특성을 강화시키는 방법이다<sup>8</sup>. 둘째는 비드 부착 다공성 임플란트는 치은부위로(transgingival) 부터의 감염 및 골흡수에 취약하다고 알려져 있다. 이러한 문제점은 fixture 상부에 일정부분 평활면을 가지는 machined cap을 만들어 치은과 임플란트를 직접부착(transgingival seal) 시켜 구강내 감염원이 다공성 표면으로 침투하는 것을 막을 수 있다. 세 번째 다공성 임플란트의 단점은 다공성 임플란트의 비드로 주로 이용되는 Ti-6Al-4V 합금은 aluminum과 vanadium 이온이 유리되는데, 이는 세포배양 실험에서 골화세포의 분화와 발현에 해로운 작용을 하여 광화된 골기질 침착을 방해한다고 하였다<sup>20</sup>. 하지만, 다른 연구에서 Ti-6Al-4V 비드 표면에서 유리되는 이온에 의한 화학적 영향보다는 다공성 표면에 의한 기하학적인 영향이 더 크기에 Ti-6Al-4V 비드를 부착한 다공성 임플란트의 골유착력이 다른 표면처리 임플란트 보다 월등히 우수하다고 하였다<sup>9</sup>.

다공성 임플란트에서 중요한 요소 중 하나는 표면 공극 (pore) 크기가 골형성과 임플란트의 안정성에 중요한 영향을 미친다는 점이다<sup>21)</sup>. 본 연구에 사용된 임플란트 시제품 역시 비드 크기는 75-150  $\mu\text{m}$  였고, 비드 사이의 공극 크기는 50-150  $\mu\text{m}$  였는데, 이는 Bobyn 등<sup>21)</sup>이 주장한 다공성 임플란트 표면의 공극 크기가 50-400  $\mu\text{m}$  정도가 임플란트 골유착 향상에 가장 적절하다고 한 연구에 부합되었다. 또한 본 연구에 사용된 시제품은 다공성 임플란트의 단점을 보완하기 위하여 임플란트 상부에 machined cap을 만들어 치은과 완전부착을 유도하였으며, Internal type에는 이러한 machined cap에 나사선을 주어 임플란트 초기 안정성을 향상시켰다. 순수 티타늄 fixture에 Ti-6Al-4V 비드를 진공소결 방식으로 부착하였지만, 동물실험에서 malleting으로 삽입 후 조직검사상 비드의 파괴나 골유착의 실패 등은 관찰 되지 않았다. 이는 진공소결 방식이 임플란트 표면 비드에 대한 충분한 물리적 강도를 유지하는 방법으로 판단되며, Ti-6Al-4V 금속이온 유리가 골유착을 파괴할 정도는 아니라는 다른 연구결과와 일치하는 결과였다. 또한, 본 연구의 modified Goldner's trichrome 염색에서 임플란트 주변에 다량의 녹색발현의 광화가 완료된 신생골이 관찰되었는데, 이는 임플란트 식립 후 8주라는 짧은 치유기간임에도 다공성 임플란트 주변의 신생골이 광화가 완료되었음을 의미한다.

## V. 결 론

본 연구는 순수 티타늄 fixture에 Ti-6Al-4V 비드를 진공소결 방식으로 부착하고 상부에 machined cap을 부착한 다공성 임플란트의 시제품을 제작하였으며, 이 시제품의 골유착 상태를 검사하기 위하여 성견 4두의 대퇴골에 총 16개의 임플란트를 식립하였다. 8주 후 실험동물을 희생하여 조직표본을 제작하였고, 조직소견에서 다공성 임플란트 표면에 신생골이 완전히 밀착한 소견을 보였다. Modified Goldner's trichrome 염색에서는 본 시제품 다공성 임플란트와 골과의 사이에 다량의 신생골이 광화가 완료되어 관찰되었다. 조직형태계측학적 평가에서 골-임플란트 접촉율은 external type이 84.6% 였고, internal type이 81.5%로 비교적 높은 골접촉을 보였다.

향후 본 시제품 임플란트에 부하(load)를 가한 후의 안정도 검사와 장기간의 예후 관찰 등이 필요하리라 사료되지만, Ti-6Al-4V 비드를 진공소결한 다공성 임플란트가 짧은 치유기간에도 확실하고 빠른 골유착을 보임을 알 수 있었다.

## 참고문헌

1. Lee SC, Song WS : Histomorphometric and removal torque values comparison of rough surface titanium implants. J Kor Maxillofac Plast Reconstr Surg 23 : 396, 2001.
2. Kwak JW, Kim TH, Park HJ et al : Effect of implant surface characteristics on osseointegration in the ilium of dogs. J Kor Maxillofac Plast Reconstr Surg 26 : 531, 2004.
3. Predecki P, Auslaender BA, Stephan JE et al : Attachment of bone to threaded implants by ingrowth and mechanical interlocking. J Biomed Mater Res 6 : 401, 1972.
4. Martinez H, Davarpanah M, Missika P et al : Optimal implant stabilization in low density bone. Clin Oral Implants Res 12 : 423, 2001.
5. Buser D, Schenk RK, Steinemann S et al : Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. J Biomed Mater Res 25 : 889, 1991.
6. Hong WS, Kim TH, Ryu SH et al : Comparative study of osseointegration of 4 different surfaced implants in the tibia of dogs. J Kor Oral Maxillofac Surg 31 : 46, 2005.
7. Manioutoplous C, Pilliar R, Smith D : Threaded versus porous surface design for implant stabilization in bone endodontic implant model. J Biomed Mater Res 20 : 1309, 1986.
8. Qui J, Dominichi JT, Lifland MI : Composite titanium dental implant fabricated by electro-discharge compaction. Biomaterials 18 : 153, 1997.
9. Simmons CA, Valiquette N, Pilliar RM : Osseointegration of sintered porous-surfaced and plasma spray-coated implants : an animal model study of early postimplantation healing response and mechanical stability. J Biomed Mater Res 47 : 127, 1999.
10. Simmons CA, Meguid SA, Pilliar RM : Differences in osseointegration rate due to implant surface geometry can be explained by local tissue strains. J Orthoped Res 19 : 187, 2001.
11. Pilliar RM : Porous-surface metallic implants for orthopedic applications. J Biomed Mater Res 21 : 1, 1987.
12. Kariagiennes M, Westerman R, Hamilton A : Investigation of long term performance of porous metal implants in non-human primates. J Oral Implant 10 : 189, 1982.
13. Deporter DA, Watson PA, Pilliar RM et al : A histological assessment of the initial healing response adjacent to porous-surfaced titanium alloy dental implants in dogs. J Dent Res 65 : 1064, 1986.
14. Tache A, Gan I, Deporter DA et al : Effect of surface chemistry on the rate of osseointegration of sintered porous-surfaced Ti-6Al-4V implants. Int J Oral Maxillofac Impl 19 : 19, 2004.
15. Rahmani M, Shimada E, Rokni S et al : Osteotome sinus elevation and simultaneous placement of porous-surfaced implants: a morphometric study in rabbits. Clin Oral Impl Res 16 : 692, 2005.
16. Watzek G, Haas R : Internal augmentation of the alveolar crest with the sinus membrane for guided bone regeneration. Oral Maxillofac Surg Clin North Am 13 : 511, 2001.
17. Davies JE : Mechanism of endosseous integration. Int J Prosthodont 11 : 391, 1998.

18. Pauwels F : Biomechanics of the locomotor apparatus, Berlin, Springer-Verlag, 1980, p.518.
19. Carter DR, Giori NJ : Effect of mechanical stress on tissue differentiation in the bony implant bed, Toronto, University of Toronto Press, 1991, p.367.
20. Thomson GJ, Puleo DA : Ti-6Al-4V ion solution inhibition of osteogenic cell phenotype as a function of differentiation time-course *in vitro*. Biomater 17 : 1949, 1996.
21. Bobyn J, Pilliar R, Cameron H et al : The optimum pore size for the fixation of porous surface metal implants by the ingrowth of bone. Clin Orthop 176 : 52, 1980.

저자 연락처

우편번호 602-739  
부산시 서구 아미동 1-10  
부산대학교 치과대학 구강악안면외과  
김종렬

원고 접수일 2007년 10월 4일  
게재 확정일 2008년 1월 16일

**Reprint Requests**

**Jong-Ryoul Kim**

Department of Oral & Maxillofacial Surgery, School of Dentistry  
Pusan National Univ. Ami-dong 1-10, Seogu, Busan, 602-739, Korea  
Tel: +82-51-240-7434 Fax: +82-51-244-8334  
E-mail: jorkim@pusan.ac.kr

Paper received 4 October 2007  
Paper accepted 16 January 2008