J Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg 2013;35(5):294-301

pISSN: 1225-4207 eISSN: 2233-7296

Original Article

토끼의 하악골체부에 식립된 임플란트 주위에서 Beta-tricalciumphosphate 골이식재의 골형성효과에 대한 조직계측학적 연구

편영훈 · 김일규 · 조현영 · 주상현 · 정범상 · 배상필 · 조현우

인하대학교 의과대학 치과학교실 구강악안면외과

Abstract

Histomorphometric Analysis on Bone Formation Effect of Beta-tricalciumphosphate around Dental Implants in Rabbit Mandibular Body: Pilot Study

Young-Hoon Pyun, Il-Kyu Kim, Hyun-Young Cho, Sang-Hyun Ju, Bum-Sang Jung, Sang-Pill Pae, Hyun-Woo Cho

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Section of Dentistry, Inha University School of Medicine

Purpose: The purpose of this study is to assess the effectiveness of beta-tricalciumphosphate (β -TCP) as a bone graft material on new bone formation and regeneration of mandible bone defect around dental implants.

Methods: Both mandibular sites of ten rabbits were exposed. The experimental subjects were divided into two groups. Rabbits in the control group (right site of the mandible) had dental implants around cortical bone defects, without treatment, while, in the experimental group (left site of the mandible), β -TCP was grafted into the bone defect around the implant. Rabbits were sacrificed after one, two, three, four, and eight weeks, and histomorphometric evaluation and analysis of the bone implant contact rate were performed using an optical microscope.

Results: Bone formation rates in the experimental group were greater than those in the control group from one to eight weeks, and percentages of implant surface contacted to bone were greater in the experimental group than in the control group from three weeks after implantation.

Conclusion: These results suggest that the bone formation activity around dental implants was increased by osteoconduction activity of β -TCP.

Key words: Implant, Beta-tricalcium phosphate, Osteoconduction

원고 접수일 2013년 1월 10일, 원고 수정일 2013년 6월 16일,
게재 확정일 2013년 9월 26일

책임저자 김일규

(400-711) 인천시 중구 인항로 27, 인하대학교 의과대학 치과학교실 구강악안면외과
Tel: 82-32-890-2470, Fax: 82-32-890-2475, E-mail: kik@inha.ac.kr

RECEIVED January 10, 2013, REVISED June 16, 2013,
ACCEPTED September 26, 2013

Correspondence to Il-Kyu Kim

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Section of Dentistry, Inha
University School of Medicine
27 Inhang-ro, Jung-gu, Incheon 400-711, Korea
Tel: 82-32-890-2470, Fax: 82-32-890-2475, E-mail: kik@inha.ac.kr

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

치과 임플란트는 현재 치과영역에서 무치악 혹은 부분 무치악 환자의 보철 수복을 위한 필수적인 술식으로서, 1969년 Brånemark 등[1]에 의해 소개된 이래 골유착성 임플란트 기술을 받은 환자들의 장기간 경과 관찰을 통하여 만족할 만한 연구결과들이 보고되고 있다. Albrektsson 등[2]에 의하면 임플란트의 생체 친화성, 골조직의 상태, 외과적 술식, 식립 후 임플란트에 가해지는 하중, 임플란트의 표면상태 및 디자인 등이 임플란트의 성공 여부에 영향을 줄 수 있는 요소라고 하였으며, 특히 임플란트의 안정적인 예후를 위해서는 임플란트가 식립될 부위의 충분한 골량과 양호한 골조직 상태가 필수적이라고 하였다.

중증의 치주질환, 외상, 종양 등의 다양한 원인으로 치아상실과 함께 치조골이 과도하게 위축된 경우 임플란트의 성공을 위해서는, 임플란트 식립과 동시에 치조골 재생이 시행되거나 혹은 식립 전에 미리 골이식이 시행되어 충분한 치조골 양이 확보되어야 한다[3]. 치조골 재생을 위해 사용할 수 있는 이식재료 중 자가골의 경우, 골재생, 골전도, 골유도능을 모두 만족시키며 생체적합성 및 면역반응에 유리한 장점이 있는 재료로 가장 최선의 재료로 사용할 수 있으나, 이식 후 골흡수 속도가 빠르고 공여부의 부가적인 수술을 요하며, 이식골의 채취량이 제한적일 수 있는 단점이 있다[4]. 동종골이나 이종골의 경우도 상악동 거상술, 치조골 증대술에 사용되어 임상적으로 성공적인 결과를 보여주고 있으나, 후천성면역결핍증후군의 발생, 혈액과 조직을 통한 전염 등의 문제를 발생시킬 수 있기 때문에 사용이 제한적이다[5,6]. 반면에 수산화인회석(hydroxyapatite, HA), 베타-삼칼슘 인산염(beta-tricalciumphosphate, β -TCP) 등의 합성 골대체체의 경우, 교차감염의 우려가 없고 생체친화성이 우수하며 공급에 제한이 없는 장점이 있으나, 골형성 촉진인자 등의 골재생을 일으키는 요소는 포함하지 않는다[7].

β -TCP는 무균상태의 미세기공을 가진 합성골 재료로서 생체 적합성 및 생분해성이 뛰어나고, HA보다 높은 용해도를 보이며 용해, 흡수의 과정을 거쳐 자가골로 치환된다고 알려져 있다[8]. 또한 큰 다공성의 β -TCP의 경우 세포의 부착과 성장을 유도하여 골의 성장을 촉진할 수 있다[9]. 반면에 골유도, 골재생 능력이 없기 때문에 직접적인 골형성을 일으킬 수는 없으며, 골형성세포가 역할을 할 수 있도록 환경을 조성해주는 지지체(scaffold)의 역할을 하게 된다.

기존의 후향적 연구들에서 위축된 상악구치부에 β -TCP 골이식재를 이용한 상악동 거상술과 동시에 임플란트를 식립한 후 만족할만한 생존율을 보고한 임상연구들이 있었으나, 무치악 부위에서 임플란트의 식립과 동시에 주위 골결손부위에 β -TCP를 이식하여 임플란트 주위의 골형성 정도를 관찰한 실험연구는 부족한 것으로 생각한다[10,11].

이에 본 연구에서는, 임플란트 주위에서 합성골 이식체인 β -TCP의 골조직의 재생 효과를 알아보기 위하여, 토끼의 하악골에 인위적으로 형성한 골결손부에 임플란트를 식립한 후, 임플란트 식립과 동시에 임플란트 주위의 골결손부에 β -TCP를 이식하여 임플란트 주위의 신생골 형성 정도 및 골재생 효과를 시기별로 평가하고자 하였다.

연구방법

1. 연구 재료

본 연구에서 사용된 이식재는 합성골 이식체인 β -TCP (Cowellmedi Co., Busan, Korea; particle size=500~1,000 μ m, porous size=200~300 μ m)이고, 하악골 골결손부 형성을 위해 사용한 가구는 내경 5 mm, 외경 6 mm의 관상톱(trephine bur; 3i Co., Palm Beach Gardens, FL, USA)을 사용하여 결손부를 형성하였다. 식립된 임플란트는 직경 3 mm, 길이 6 mm의 임플란트(Osstem Implant Co., Busan, Korea)를 사용하였다.

실험동물은 체중 3.0 kg 내외의 10마리의 건강한 웅성 뉴질랜드 토끼(New Zealand, white rabbits)를 사용하였으며, 고형 사료와 분리된 실내 사육실 등 동일한 조건하에서 사육 환경의 적응 기간을 거쳐서 건강상태의 이상 유무를 살핀 후 실험에 사용하였다.

2. 대조군과 실험군의 설정

β -TCP의 유효성을 판별하기 위해 토끼의 좌측 하악골을 대조군으로 설정하여, 대조군에는 두 곳의 골결손부위를 형성한 후 임플란트를 매식한 다음 다른 처치 없이 그대로 두었고, 동일한 토끼의 우측 하악골은 실험군으로 설정하여 역시 두 곳의 골결손부위를 형성한 후 임플란트를 식립한 다음, 임플란트 주위 골결손부위에 β -TCP를 이식하였다. 토끼 한 마리당 양측 하악골의 협측 두 부위씩 총 40부위를 실험 부위로 설정하였다.

3. 시술 과정

인하대학교 생명과학연구소의 관리 지침을 준수하여 연구소 내 수술실에서 모든 실험을 진행하였으며, 인하대학교 의과대학 실험동물위원회(Committee for the Care and Use of Laboratory Animals)의 방침 및 동물실험 관련 법규를 준수하였다(연구 승인 번호: 08-141).

실험동물은 전신 마취를 위하여 동물용 진정, 근육이완제인 2% Xylazine HCl (Rompun, 10 mg/kg; Bayer Korea Ltd., Seoul, Korea)과 전신 마취제 볼레티(Vibac, 0.2 mL/kg; Vibac Korea Ltd., Seoul, Korea)를 근육 주사하고, 부가적으로 출혈 감소와 국소 마취를 위해 1:100,000 epinephrine을 함유한 2%

lidocaine HCl (Yuhan Corporation, Seoul, Korea)을 수술 부위에 피하 주사하였다. 토끼의 하악골 부위를 제모하고 베타딘으로 소독한 후, 무균적 조건하에서 수술을 시행하였다. 토끼의 하악골 하연 부위를 #15 수술도를 이용하여 절개하고 전층판막을 거상하여 하악골 협측면의 중앙 부분을 노출시켰다. 노출된 하악골 협측면에 준비된 관상톱을 이용하여 충분한 양의 생리식염수를 주수하면서, 각각 직경 6 mm, 깊이 3 mm의 원형 결손부를 각 토끼마다 양쪽 하악골에 각각 두 부위씩 형성하였다(Fig. 1).

대조군은 직경 6 mm, 깊이 3 mm의 원형 골결손부 중앙부분에 충분한 양의 생리식염수로 냉각하면서 임플란트를 하악골의 피질골에 수직방향으로 식립하여, 임플란트의 총 길이 6 mm 중 하방 3 mm는 골 내에 위치하여 고정을 얻을 수 있도록 하였고, 임플란트의 상방 3 mm 주위로 임플란트와 피질골 사이에 1.5 mm의 골결손부위가 형성되도록 한 다음, 판막을 원래 위치에 고정시킨 후 4-0 black silk 봉합사로 봉합하였다. 실험군도 대조군과 동일한 방법으로 골결손부위의 형성 및 임플란트 식립을 시행하였고, 임플란트 주위의 골결손부위에 β -TCP를 이식한 후 판막을 봉합하였다(Fig. 2). 이후 술 후 동통 감소와 감염 방지를 위해 모든 토끼에게 Danpuron(진통제) 0.3 mL와 코라마이신(항생제) 0.3 mL를 근육 주사하였다.

4. 조직 표본 제작 및 관찰방법

실험동물에 각각의 임플란트를 매식 후 1주, 2주, 3주, 4주, 8주로 구분하여 각각 2마리의 토끼를 희생시켰다. 희생된 토끼의 하악골을 채취하여 70% 알코올 농도에서 고정시킨 후, bone trimmer를 이용하여 절단하고 Villanueva bone stain 용액에 일주일간 침적하였다.

조직 표본을 70% 알코올에서 60분, 80%에서 90분, 95%에서 90분으로 알코올의 농도를 증가시키면서 탈수를 시행하였다. 탈수된 조직 절편을 methylmethacrylate 레진에 포매하여 37.5°C

에서 30일간 경화시킨 후, 경조직 절단기(crystal cutter/diamond wheel)를 사용하여 식립된 임플란트의 정중부를 중심으로 조직 표본이 만들어지도록 400 μ m 두께로 절편을 자르고 grinding machine으로 80 μ m 두께가 되도록 연마한 후 손으로 경조직 연마지를 이용하여 50 μ m 두께의 표본을 만들어 광학 현미경으로 골형성 양상을 관찰하였다.

5. 조직계측학적 분석

조직계측학적 분석은 광학현미경(OLYMPUS VANOXS; Olympus, Tokyo, Japan)에 CCD카메라(Polaroid DMC 2 digital microscope camera)를 부착하고 컴퓨터상에서는 조직형태 계측 프로그램(Image-Pro Plus V3.0)을 사용하였다. 나사선 사이의 골면적 비율은 100배의 배율로 임플란트 나사선 중 연속적으로 가장 골접촉이 잘 일어난 첫 번째, 두 번째, 세 번째 나사선을 컴퓨터 모니터에 나타나도록 한 후 조직형태 계측 프로그램(Image-Pro Plus V3.0)을 사용하여 골면적 비율을 측정하였다.

1) 골-임플란트 접촉률

골-임플란트 접촉률의 측정은 10배하에서 실시하였으며, 전체 총 나사선의 총 길이(M1~M2)를 측정한 후, 총 나사선의 길이에서 골접촉이 일어나지 않은 나사선의 길이를 뺀 값을 백분율로 표시하여 골-임플란트 접촉률을 구하였다(Fig. 3).

골임플란트 접촉률=

$$\frac{\text{골접촉이 일어난 임플란트 측면의 나사선 길이}}{\text{임플란트 측면의 전체 나사선 길이}} \times 100 (\%)$$

Fig. 1. Circular defect form in rabbit's mandible.

Fig. 2. Length and diameter of implant fixture around bone defects. B, bone; I, implant fixture; β , beta-tricalciumphosphate.

Fig. 3. Histologic micrograph of implant fixture and beta-tricalciumphosphate particles (white arrow heads). M1 to M2: total implant perimeter (Villanueva bone stain, $\times 10$).

2) 나사선 사이의 골면적 비율

나사선 사이의 골면적 비율은 100배의 배율로 관찰하였으며, 임플란트 나사선 중 연속적으로 가장 골접촉이 잘 일어난 첫 번째, 두 번째, 세 번째 나사선을 컴퓨터 모니터에 나타나도록 한 후, 모니터상에서 마우스를 이용하여 나사선과 나사선 사이의 윤곽을 선으로 둘러 싸이도록 그려 전체 면적을 측정 한 후, 각각의 골 형성된 부위의 면적을 측정하고 이 비율을 계산하여 나사선 사이의 골면적 비율을 구하였다(Fig. 4).

$$\text{골면적 비율} = \frac{\text{나사선과 나사선 사이의 골면적}}{\text{나사선과 나사선 사이의 총면적}} \times 100 (\%)$$

결 과

1. 광학 현미경 관찰

실험 1주의 대조군에서는, 초기 고정을 위해 골 내에 식립된 부분에서 골-임플란트 경계면 부위의 골접촉이 일부 관찰되었으나 접촉을 이루지 않은 부분도 있었으며, 임플란트 상부의 골결손 부위 주위에서는 골-임플란트 경계면에서 골 접촉이 관찰되지 않았다. 염증세포의 침윤은 보이지 않았다. 식립 2주에서도 임플란트가 식립된 기저골 일부분에서 골-임플란트 접촉이 관찰되었으나 그 양이 많지 않았고, 골결손부 주위로는 골-임플란트 접촉이 관찰되지 않았다. 식립 3주부터는 골결손부위의 임플란트 나사선 주위로 골형성이 관찰되었고, 골결손부 하방으로 많은 양의 골-임플란트 접촉부위가 관찰되었다. 식립 8주에서는 점진적인 골형성의 증가로 인한 많은 골형성이 관찰되었으며, 임플란트 나사선

Fig. 4. Morphometry of between the threads of implant fixtures (white lines) (Villanueva bone stain, $\times 100$).

사이에서 성숙된 치밀골로 채워진 양상이 관찰되었다(Fig. 5).

실험 1주의 실험군에서도 초기고정을 형성한 골 주위의 골-임플란트 경계면 부위의 골접촉 및 골결손 부위가 골이식재로 채워진 것이 관찰되었으나, 골이식재 주위의 골형성은 관찰되지 않았으며, 염증세포의 침윤은 보이지 않았다. 식립 2주에서도 기저골에 식립된 임플란트 주위로 부분적인 골-임플란트 접촉이 관찰되었으나 그 양이 많지 않았고, 골이식재 주변으로 약간의 골 형성이 관찰되었다. 식립 3, 4주에서는 골이식재 사이에서 더 많은 양의 골형성이 관찰되었다. 식립 8주에서는 나사선 사이가 성숙된 치밀골로 채워진 양상이었으며, 골이식재 주위로 더 많은 양의 골형성이 관찰되었다(Fig. 6).

2. 조직계측학적 분석

1) 골-임플란트 접촉률

임플란트 식립 및 β -TCP의 이식 후, 대조군과 실험군에 있어서 각각의 골-임플란트 접촉률은 각각 식립 1주에 20.03%, 11.28%, 식립 2주에 31.76%, 25.55%, 식립 3주에 52.40%, 56.29%, 식립 4주에 55.67%, 67.17%, 식립 8주에 45.14%, 64.49%로 측정되었다. 식립 2주까지는 대조군의 골-임플란트 접촉률이 더 높았으나 식립 3주 이후부터는 실험군의 골-임플란트 접촉률이 더 높게 나타났으며, 식립 후 4주까지는 실험군, 대조군 모두 시간이 경과함에 따라 골-임플란트 접촉률이 증가하였으나 식립 후 8주에서는 약간 감소하였다(Table 1, Fig. 7).

2) 나사선 사이의 골면적 비율

나사선 사이의 골면적 비율은 임플란트 식립 및 β -TCP의 이식 후, 대조군과 실험군에 있어서 각각 식립 1주에 13.55%, 32.95%, 식립 2주에 34.18%, 58.45%, 식립 3주에 57.72%, 65.63%, 식립 4주에 63.59%, 72.99%, 식립 8주에 47.04%,

(Villanueva bone stain, x10)

(Villanueva bone stain, x100)

Fig. 5. Histologic micrographs in the control group. (A) 1 week, (B) 2 weeks, (C) 4 weeks, (D) 8 weeks.

(Villanueva bone stain, x10)

(Villanueva bone stain, x100)

Fig. 6. Histologic micrographs in the experimental group. (A) 1 week, (B) 2 weeks, (C) 4 weeks, (D) 8 weeks.

Table 1. Percentages of implant surface contacting bone trabeculae

Group	1 wk	2 wk	3 wk	4 wk	8 wk
Control group	20.03	31.76	52.40	55.67	45.14
Experimental group	11.28	25.55	56.29	67.17	64.49

Fig. 7. Diagram showing the percentages of implant surface having contacted with bone trabeculae.

77.92%로 측정되었다. 식립 1주부터 8주까지 모두 대조군보다 실험군에서 나사선 사이의 골면적 비율이 더 높게 측정되었고, 1주부터 4주까지는 대조군과 실험군 모두 시간의 경과에 따라 골면적 비율이 증가하였으나, 대조군의 경우 식립 8주에서 식립 4주에서보다 감소하였다(Table 2, Fig. 8)

고 찰

골결손부위의 골형성을 위해 주로 사용되는 합성골로 HA나 β -TCP 등이 있다. 이 중 HA는 생체친화성이 좋고 골전도성이 우수하나 골유도성, 골형성능력은 없는 재료이다[12,13]. 이러한 합성골 이식체는 골결손부에 인접한 부위의 뼈에서 새로운 골이 자라들어올 수 있도록 공간을 확보하는 지지체로서의 역할을 하는 재료이며, 다공성 구조를 갖고 있기 때문에 기공 구조 형태, 연결 기공의 크기(interconnected pore size) 등에 따라 다양한 골전도능력을 보이게 된다. 이 중 HA의 경우, 연결기공은 그 크기가 100 μ m 이상일 때 혈관이 자라서 들어갈 수 있고, 그 최적의 크기는 약 300 μ m라고 보고되고 있으며, 이러한 HA는 흡수기간이 긴 단점이 있다[14].

TCP는 α , β , γ 의 3개의 상이 있는데, α 상은 높은 수화성을 이용해서 치과용 접착제로 이용되며, β 상은 골충전제로 이용되고 있다. 이 중 β -TCP는 인산 칼슘계로 흡수가 느리거나 거의 되지 않는 HA와는 달리 생체 내에서 분해되어 소멸되며 골조직과 화학적으로 결합하는 흡수성 골이식 재료이며, 이러한 TCP는

Table 2. Percentages of bone formation area inside the threads

Group	1 wk	2 wk	3 wk	4 wk	8 wk
Control group	13.55	34.18	57.72	63.59	47.04
Experimental group	32.95	58.45	65.63	72.99	77.92

Fig. 8. Diagram showing the percentages of bone formation area inside the threads.

초기에 분해되어 TCP 주위의 Ca, P 이온의 농도를 높이고, 증가된 Ca, P 이온들에 의해 새로운 골형성을 자극하게 된다[15,16].

β -TCP는 기공의 크기와 형태 그리고 이식된 부위에 따라 흡수 속도에 영향을 받게 된다[17]. Ghanaati 등[17]에 의하면 β -TCP의 다공성 형태에서 기공의 크기가 큰 경우 골이식체의 중심부로 골전구세포 등의 침투가 수월하여 골형성을 촉진할 수 있으나, 기공의 크기가 작은 경우에는 지지체로서의 역할밖에 하지 못한다고 하였다. Chazono 등[18] 역시 β -TCP 내로 혈관과 줄기세포의 침투 및 신생골로 대체되기 위해서는 기공의 크기가 100 μ m보다 커야 하며, 기공의 크기가 클수록 β -TCP의 흡수가 잘 이루어진다고 보고하였다. 이식된 부위가 기능적으로 하중을 받는 부위인지 받지 않는 부위인지도 β -TCP의 흡수 속도에 영향을 줄 수 있는데, Handschel 등[19]은 동물실험에서 하중을 받지 않는 부위의 β -TCP 주변에는 골모세포가 더 적게 발견되었으며, 파골세포 역시 적게 발견되어 골개조에 영향을 줄 수 있음을 보고하였다.

Lu 등[20]에 의하면 β -TCP의 분해는 파골세포에 의한 세포성 흡수과정 혹은 체액에 의한 화학적 용해과정에 의해서 일어날 수 있으며, 대체로 초기에는 물리적, 화학적인 용해 혹은 분해 과정을 거치는 과정에 의해서 주로 이루어지고, 후반기로 갈수록 파골세포와 식세포에 의한 분해 과정에 의해 흡수가 일어날 수 있다고 하였으나, 반면에 Zerbo 등[21]은 파골세포 혹은 식세포 등에 의한 흡수는 제한적이라고 보고하였다. Szabó 등[22]은 β -TCP를 이식하고 6개월이 지난 후에도 일부 β -TCP의 과립이

신생골에 매입되어 잔존해 있음을 관찰하였고, 순수 β -TCP는 생체에서 완전히 흡수되기까지 약 12~18개월이 걸린다고 보고하였다. 본 연구에서 사용한 β -TCP는 입자 크기가 500~1,000 μm 이면서 기공 크기가 200~300 μm 인 비교적 큰 기공구조를 갖는 β -TCP로서, 골결손부에 임플란트 식립 후 β -TCP 이식을 동시에 시행하여 8주간의 골형성 정도를 관찰하였는데, 8주의 관찰기간 동안 파골세포에 의한 β -TCP의 명확한 흡수양상은 관찰되지 않았고, 다만 시간이 지남에 따라 β -TCP 입자 사이로 골형성이 점차 증가되며, 점차 많은 양의 골이 나사선 사이에 형성됨에 따라 임플란트 표면과 접촉이 이루어지는 양상을 관찰할 수 있었다. 본 실험에서 β -TCP의 흡수가 관찰되지 않은 것은 Handschel 등[19]의 보고에서와 같이 임플란트의 식립 및 β -TCP의 이식이 하중을 받지 않는 부위로 이루어졌기 때문일 수 있을 것으로 생각된다. 다른 원인으로는 실험의 총 관찰기간이 Szabó 등[22]의 연구에서 보고한 6개월에 비해 짧았기 때문일 수 있을 것으로 생각되며, 따라서 임플란트 주위로 이식된 β -TCP의 완전한 흡수 및 신생골로 대체되는 효과를 관찰하기 위해서는 더 긴 기간의 관찰이 필요할 것으로 생각한다.

Uckan 등[23]은 50명의 환자에서 위축된 상악구치부에 β -TCP 골이식재를 이용한 상악동 거상술과 동시에 식립된 121개의 임플란트의 2년 반 동안 관찰한 결과, 99.17%의 생존율을 보고하여 β -TCP를 이용해서 상악동거상술과 임플란트 식립을 동시에 시행하는 방법이 성공적이라고 보고하였으며, 또한 Somanathan과 Simůnek[10]도 50명의 환자를 대상으로 β -TCP를 이용해 상악동거상술을 시행한 후 101개의 임플란트를 식립한 후향적 연구에서 성공적인 결과를 얻었다고 보고하였다. Jeon 등[11]은 위축된 하악구치부 치조골의 수직적 골증대를 위해 임플란트 식립과 동시에 임플란트 주위로 혈소판농축혈장이 적용된 β -TCP를 이식하고, 임플란트와 β -TCP를 덮는 비흡수성 막을 적용하여 성공적인 임플란트 주위의 골증대를 보인 증례를 보고하였는데, β -TCP와 함께 적용된 혈소판농축혈장으로 인해 골이식재의 위치 안정성이 증가될 수 있고, 골이식과 동시에 식립된 임플란트가 골이식재 사이에서 기동역할을 해서 비흡수성막과 골이식재에 가해질 수 있는 수직적 힘에 대한 방어적인 역할을 할 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 임플란트 주위의 골결손부위에 β -TCP 이식 이외에 흡수성 혹은 비흡수성 막을 위치시키는 등의 β -TCP의 위치적 안정성을 증가시키기 위한 추가적인 처치를 하지 않았음에도 불구하고, 시간의 경과함에 따라 대조군에 비해 실험군에서 더 많은 양의 골-임플란트 접촉률 및 나사선 사이의 골형성률을 관찰할 수 있었다.

본 실험에서 나사선 사이의 골면적 비율의 경우, 시간이 지남에 따라 실험군과 대조군 모두에서 증가하는 것으로 관찰되었으며, 1주부터 8주 모두에서 실험군에서 더 높은 골면적이 관찰되었는데, 이러한 결과는 β -TCP의 골전도 효과가 실험 결과에 영향을

주었을 것으로 생각된다. 골-임플란트 접촉률의 경우, 실험군과 대조군 모두 1주부터 8주까지 접촉률이 증가하는 양상을 보였으며, 식립 3주부터 실험군에서 더 많은 양의 골-임플란트 접촉률이 관찰되었는데, 이러한 결과는 실험 개체수가 적어 이와 같은 실험군과 대조군 간의 차이를 인정하기 어렵기는 하나, 식립 초기 2주간은 신생골 형성이 많지 않아 단위면적당 골형성과 골-임플란트 접촉률 간에 직접적인 연관성은 없을 것으로 판단되며, 식립 3주경부터 β -TCP의 골전도능력에 의한 신생골 형성효과가 골-임플란트 접촉률에 영향을 준 것으로 생각한다.

결론

이상의 결과로 보았을 때, 지지체로 사용된 β -TCP는 골형성을 유도하며, 인공골 대체재료로서 임플란트 식립과 동시에 임플란트 주위의 골결손 부위를 회복하기 위한 골이식재로서 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각한다.

Acknowledgements

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었다.

References

1. Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969;3:81-100.
2. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981;52:155-70.
3. Brånemark PI, Lindström J, Hallén O, Breine U, Jeppson PH, Ohman A. Reconstruction of the defective mandible. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1975;9:116-28.
4. Enneking WF, Eady JL, Burchardt H. Autogenous cortical bone grafts in the reconstruction of segmental skeletal defects. *J Bone Joint Surg Am* 1980;62:1039-58.
5. Sculean A, Stavropoulos A, Windisch P, Kogevich T, Karring T, Gera I. Healing of human intrabony defects following regenerative periodontal therapy with a bovine-derived xenograft and guided tissue regeneration. *Clin Oral Investig* 2004;8:70-4.
6. Hallman M, Nordin T. Sinus floor augmentation with bovine hydroxyapatite mixed with fibrin glue and later placement of nonsubmerged implants: a retrospective study in 50 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:222-7.
7. Merckx MA, Maltha JC, Stoelinga PJ. Assessment of the value of anorganic bone additives in sinus floor augmentation: a review of clinical reports. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2003;32:1-6.
8. Ogose A, Hotta T, Hatano H, et al. Histological examination of beta-tricalcium phosphate graft in human femur. *J Biomed Mater Res* 2002;63:601-4.

9. Jung UW, Choi SY, Pang EK, Kim CS, Choi SH, Cho KS. The effect of varying the particle size of beta tricalcium phosphate carrier of recombinant human bone morphogenetic protein-4 on bone formation in rat calvarial defects. *J Periodontol* 2006; 77:765-72.
10. Somanathan RV, Simůnek A. Evaluation of the success of beta-tricalciumphosphate and deproteinized bovine bone in maxillary sinus augmentation using histomorphometry: a review. *Acta Medica (Hradec Kralove)* 2006;49:87-9.
11. Jeon IS, Heo MS, Han KH, Kim JH. Vertical ridge augmentation with simultaneous implant placement using β -TCP and PRP: a report of two cases. *J Oral Maxillofac Sur Med Pathol* 2013;25:226-31.
12. Proussaefs P, Lozada J. The use of intraorally harvested autogenous block grafts for vertical alveolar ridge augmentation: a human study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:351-63.
13. Tencer AF, Woodard PL, Swenson J, Brown KL. Mechanical and bone ingrowth properties of a polymer-coated, porous, synthetic, coralline hydroxyapatite bone-graft material. *Ann N Y Acad Sci* 1988;523:157-72.
14. Le Huec JC, Clément D, Brouillaud B, *et al*. Evolution of the local calcium content around irradiated beta-tricalcium phosphate ceramic implants: in vivo study in the rabbit. *Biomaterials* 1998;19:733-8.
15. Hoexter DL. Bone regeneration graft materials. *J Oral Implantol* 2002;28:290-4.
16. Wang S, Zhang Z, Zhao J, *et al*. Vertical alveolar ridge augmentation with beta-tricalcium phosphate and autologous osteoblasts in canine mandible. *Biomaterials* 2009;30:2489-98.
17. Ghanaati S, Barbeck M, Orth C, *et al*. Influence of β -tricalcium phosphate granule size and morphology on tissue reaction in vivo. *Acta Biomater* 2010;6:4476-87.
18. Chazono M, Tanaka T, Kitasato S, Kikuchi T, Marumo K. Electron microscopic study on bone formation and bioresorption after implantation of beta-tricalcium phosphate in rabbit models. *J Orthop Sci* 2008;13:550-5.
19. Handschel J, Wiesmann HP, Stratmann U, Kleinheinz J, Meyer U, Joos U. TCP is hardly resorbed and not osteoconductive in a non-loading calvarial model. *Biomaterials* 2002;23:1689-95.
20. Lu J, Descamps M, Dejou J, *et al*. The biodegradation mechanism of calcium phosphate biomaterials in bone. *J Biomed Mater Res* 2002;63:408-12.
21. Zerbo IR, Bronckers AL, de Lange G, Burger EH. Localisation of osteogenic and osteoclastic cells in porous beta-tricalcium phosphate particles used for human maxillary sinus floor elevation. *Biomaterials* 2005;26:1445-51.
22. Szabó G, Suba Z, Hrabák K, Barabás J, Németh Z. Autogenous bone versus beta-tricalcium phosphate graft alone for bilateral sinus elevations (2- and 3-dimensional computed tomographic, histologic, and histomorphometric evaluations): preliminary results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:681-92.
23. Uckan S, Deniz K, Dayangac E, Araz K, Ozdemir BH. Early implant survival in posterior maxilla with or without beta-tricalcium phosphate sinus floor graft. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:1642-5.