http://dx.doi.org/10.4047/jkap.2014.52.1.9

이종골 이식을 동반한 지르코니아와 타이타늄 임플란트의 골유착에 관한 연구

김성원 · 조인호*
단국대학교 치과대학 치과보철학교실

On the osseointegration of zirconia and titanium implants installed at defect site filled with xenograft material

Sung-Won Kim, In-Ho Cho*
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University, Cheonan, Korea

Purpose: The purpose of this study was to compare zirconia implants with titanium implants from the view point of biomechanical stability and histologic response on osseointegration when those were placed with xenograft materials. **Materials and methods:** Specimens were divided into two groups; the control group was experimented with eighteen titanium implants which had anodized surface and the experimental group was experimented with eighteen sandblasted zirconia (Y-TZP) implants. At the tibias of six pigs, implants were installed into bone defect sites prepared surgically and treated with resorbable membranes and bovine bone. Two pigs were sacrificed after 1, 4 and 12 weeks respectively. Each implant site was sampled and processed for histologic and histomorphometric analysis. The stability of implants was evaluated with a Periotest®. And the interfaces between bone and the implant were observed with a scanning electron microscope. **Results:** In stability analysis there was no significant difference between Periotest values of the control group and the experimental group. In histologic analysis with a light microscope after 4 weeks, there was new bone formation with the resorption of bovine bone and the active synthesis of osteoblasts in both groups. In bone-implant contact percentage there was significant difference between both groups ($P<.05$). In bone area percentage there was no significant difference between both groups. In analysis of both groups with a scanning electron microscope there was a gap between bone and a surface at 4 weeks and it was filled up with bone formed newly at 12 weeks. **Conclusion:** When accompanied by xenograft using membrane, bone to implant contact percentage of zirconia implants used in this experiment was significantly less than that of the titanium implants by surface treatment of anodic oxidation. So, it is considered that the improvement of zirconia implant is needed through ongoing research on surface treatment methods for its practical use. *(J Korean Acad Prosthodont 2014;52:9-17)*

Key words: Zirconia; Xenograft; Bone to implant contact percentage; Bone area percentage

서론

타이타늄은 치과용 임플란트 재료로 가장 널리 사용되고 있지만 어두운 회색 색상을 띠고 있어서 임플란트 주변의 점막이 얇거나 퇴축될 경우 심미적으로 좋지 않은 결과를 낳을 수 있다. 지르코니아는 이를 대체할 수 있는 임플란트의 재료로 생체 내에서 불활성이고 부식과 마모에 대한 저항성이 뛰어나며 높은 굴곡 강도와 파절 인성을 가지고 있어 초창기부터 정형외과의 고관절 수술에서 과두의 대체재료로 성공적으로 사용되어 왔다.[1] 지르코니아에 MgO, CaO, Y_2O_3와 같은 금속 산화물을 혼합한 Y-TZP (yttrium-stabilized tetragonal zirconia polycrystal)는 자연 치아와 유사한 색상을 가지면서 기계적 강도가 한층 높아졌기 때문에 심미적인 수복에 더욱 유리한 장점을 가진다.[1] 또한 지르코니아 임플란트의 골 반응에 관한 여러 연구에서 지르코니아 임플란트가 타이타늄 임플란트와 유사한 정도의 골 반응을 나타내고 있다고 보고하였다.[2,3]

최근에는 단순한 임플란트의 성공보다도 조금 더 빠른 골유착을 통해 치료기간을 단축하고 장기간의 성공률을 높이기 위

*Corresponding Author: In-Ho Cho
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University
119, Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, 330-714, Republic of Korea
+82 41 550 1971: e-mail, cho8511@dankook.ac.kr
Article history: Received October 25, 2013 / Last Revision November 14, 2013 / Accepted January 3, 2014

ⓒ 2014 The Korean Academy of Prosthodontics
ⓒⓒ 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.

한 연구들이 진행되고 있다. 이를 위하여 타이타늄 임플란트의 표면 성상 변화의 물리적 또는 화학적 방법들에 대한 다양한 연구들이 활발히 진행되고 있고,[4] 타이타늄과 마찬가지로 지르코니아도 골 조직 반응을 향상시키기 위해 그 표면에 샌드블라스팅이나 산 부식을 적용하여 미세한 거칠기를 재현하는 방법과 생체 활성을 가지는 칼슘포스페이트, 비스포스포네이트, 콜라겐과 같은 재료들을 피막하는 방법이 소개되어 왔다.[5] Kohal 등[3]은 샌드블라스팅한 지르코니아 임플란트가 표면처리하지 않은 선반가공된 지르코니아 임플란트보다 더 높은 기계적 안정성을 얻었다고 보고하였다.

지르코니아 임플란트가 주로 사용될 수 있는 전치나 소구치 부위의 경우, 심미적인 문제로 인하여 발치 후 임플란트를 바로 식립하고 임시 치아 수복까지 진행하는 경우에 임플란트와 협측 골 사이에 간격이나 골 결손이 발생될 수 있고 이는 나중에 임플란트 표면의 일부가 골에 의해 덮이지 않아서 치료의 실패로 이어질 수 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서 골 결손이 있고 골질의 양이 부족할 경우 골유도재생술(GBR, guided bone regeneration)을 이용하여 골 이식을 동반하는 방법이 추천된다.[6] 가공 처리한 우골(bovine bone)은 생체 적합성이 좋고 높은 골전도의 특성이 있으며 인간의 해면골과 유사한 다공성 구조나 생역학적인 골 소주 구조를 가지고 있어서 많은양의 골을 얻기 어려운 자가골이나 동종골의 단점을 보완할 수 있다.[7,8] 또한 흡수성 차폐막은 부가적인 수술이 필요 없는 장점으로 인해 임플란트 수술에서 선호되고 있다.[9]

임플란트의 골유착 정도를 정량적으로 평가하는 가역적인 방법은 페리오테스트법과 공진 주파수 분석기를 이용하는 방법이 있다.[10] 공진 주파수 분석기를 이용하는 방법은 지르코니아 임플란트와 같이 임플란트와 지대주에 변환기를 장착하기 어려운 경우 공진 주파수를 측정하기 힘들 것으로 사료된다. 이외에 비가역적 방법으로 실험 대상을 희생시켜, 시편을 채취하고, 이를 다양한 방법으로 조직학적 측정을 하는 조직형태 계측학적 분석 등이 있다.

앞선 이론들을 참고하여 본 연구에서는 돼지의 경골에 이종골 이식과 함께 식립한 지르코니아 임플란트의 안정성과 조직학적 및 조직계측학적 평가를 타이타늄 임플란트와 비교하고자 하였다.

연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

실험동물은 몸무게 55-60 kg의 3-4개월 된 3원교잡종 돼지 6마리를 사용하였고, 모든 실험 과정이 단국대학교 동물윤리위원회에 의해 승인되었다(dku-10-037).

모든 임플란트는 직경 4.0 mm, 길이 8.0 mm로 표준화시켰고 Table 1과 같이 분류하였다. 대조군은 양극산화법으로 표면처리를 시행한 external connection type의 타이타늄 나사형 임플란트(IMPLANT M, Shinhung Co., Seoul, Korea)로 평균 표면 거칠기(Ra)는 약 0.70 ㎛였다. 실험군은 상용 Y-TZP 블록(Acucera Inc., Pocheon, Korea)을 external type의 나사형 임플란트 형태로 선반 가공하고 5 bar의 압력에서 50 ㎛ 크기의 알루미나 입자로 샌드블라스팅 하였으며 응력을 받은 결정 상의 복원을 위하여 1,000℃에서 5분간 열처리를 하였다. 그리고 에틸 알코올과 증류수의 순서로 각각 10분 간 초음파 세척을 한 후, 고압증기멸균기로 121℃에서 20분간 멸균한 후 평균 표면 거칠기가 약 0.29 ㎛인 지르코니아 임플란트를 제작하였다(Fig. 1).

골 이식을 위해서 가공처리된 우골을 이용한 이종골 이식재(BBP®, Oscotec Inc., Cheonan, Korea)와 콜라겐 성분의 흡수성 차폐막(CollaGuide™, Oscotec Inc., Cheonan, Korea)을 사용하였다.

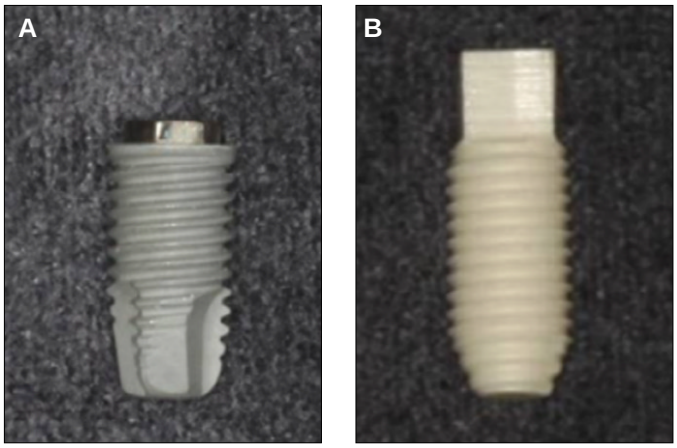

Fig. 1. Pictures of the titanium (A) and the zirconia (B) implant.

Table 1. Classification of control and experimental groups

Group	Material	Surface preparation	Surface roughness (Ra)	Weeks	Number
Control	Titanium (grade IV)	Anodic oxidation with Mg ion	0.70 ㎛	1	6
				4	6
				12	6
Experimental	3Y-TZP	Sandblasting with Al_2O_3	0.29 ㎛	1	6
				4	6
				12	6

* 3Y-TZP: 3% mol yttrium-stabilized tetragonal zirconia polycrystal.

2. 수술과정

실험동물에 진정제(Stresnil®, Janssen, Titusville, USA)와 마취 유도제(Zoletil, Virbac, Carros cedex, France)를 근육 주사하여 전신 마취 유도를 시행하였다. 기관내 삽관을 시행하고 전신 마취제(Forane®, JW Pharmaceutical, Seoul, Korea)의 흡입으로 전신마취를 유지하였다. 실험동물을 측와위로 눕히고 수술 부위인 좌, 우측 하지 경골 부위의 털을 모두 깎고 베타딘 용액으로 소독하였다. 수술 부위는 리도카인 국소마취제(Lignospan® standard, Septodont, Cambridge, Canada)로 충분한 국소 마취를 시행한 후 피부를 절개하고 근육과 신경의 손상이 없도록 근막을 박리하였다. 시야가 확보될 수 있도록 근육을 견인하고 경골의 근심부에 1개, 원심부에 5.0 mm 이상의 간격으로 2개 부위에 트레핀 버와 린드만 드릴을 사용하여 직경 8.0 mm, 깊이 4.0 mm인 원기둥 모양의 골 결손을 인위적으로 형성하였다(Fig. 2). 각 군의 임플란트 식립 위치가 동등한 분포를 이루도록 미리 계획하여 표준화하고, 골 결손부 정중앙에 각각의 정해진 임플란트를 제조사의 지시대로 식립하였다. 임플란트를 중심으로 골 결손부 내벽 사이의 폭 2 mm의 공간에 이종골 이식재를 채우고(Fig. 3) 타이타늄 임플란트에 지르코니아 임플란트의 상부 구조물 높이와 동일한 3 mm 높이의 치유 지대주를 체결하며 흡수성 차폐막으로 골 이식 부위를 2 mm 이상 충분히 덮은 후 근육과 피부를 각각 층상 봉합하였다(Fig. 4). Lars Sennerby의 On the bone tissue response to titanium implants 논문을 참고하여 희생 시기를 1주, 4주, 12주 후에 각각 2마리씩 희생시키고 임플란트와 주변 골조직을 포함하는 경골 블록을 채집하여 즉시 포르말린에 보관하여 고정시켰다.

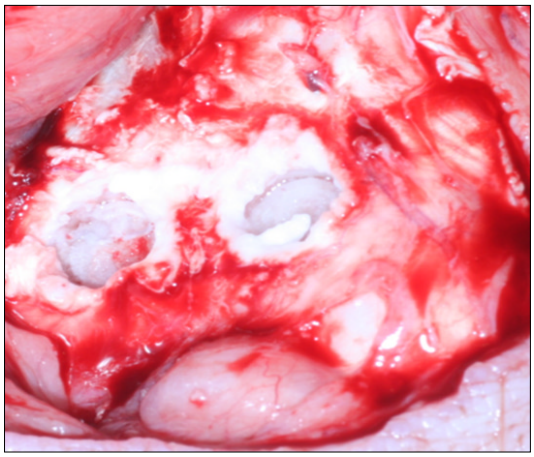

Fig. 2. Surgically prepared bone defect site.

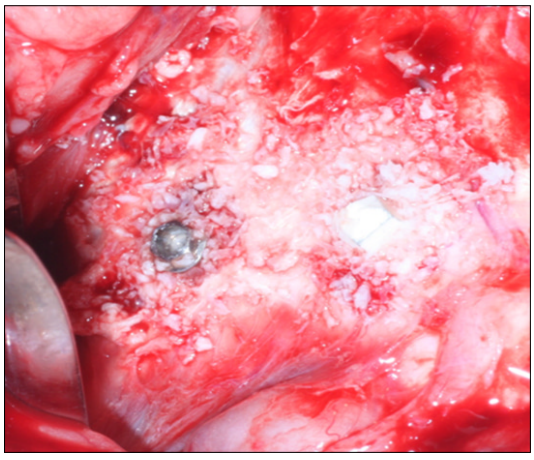

Fig. 3. Implants placed with xenograft material.

3. 페리오테스트를 이용한 임플란트 안정성 분석

페리오테스트(Periotest®, Siemens AG, Munich, Germany)는 수술 과정에서 식립 직후에 한 번 측정하고, 식립 1주, 4주, 12주 후 각각 2마리씩 피부를 절개 및 박리하여 다시 한 번 측정한 뒤에 희생시켰다. 5회 반복 측정 후 가장 높은 측정값과 가장 낮은 측정값을 제외한 3개의 평균값을 측정값으로 산정하였다.

4. 조직학적 분석

고정, 탈수, 치환, 포매, 절단, 연마의 과정을 거쳐 시편을 만들며 헤마톡실린-에오신(hematoxylin-eosin) 염색을 시행한 후, 광학현미경(Olympus BX, Olympus Co., Tokyo, Japan)으로 관찰하였다.

5. 조직계측학적 분석

1) 골-임플란트 접촉률(bone to implant contact percentage, BIC)

광학현미경을 이용하여 이종골 이식 부위에서 골과 가장 많이 접촉하고 있는 3개의 연속된 임플란트 나사산을 정하고, 이와 접촉되어 있는 골의 길이를 KAPPA ImageBase Control 2.3.5 (Olympus Co., Tokyo, Japan)로 측정하여 골-임플란트 접촉률을 백분율로 계산하였다.

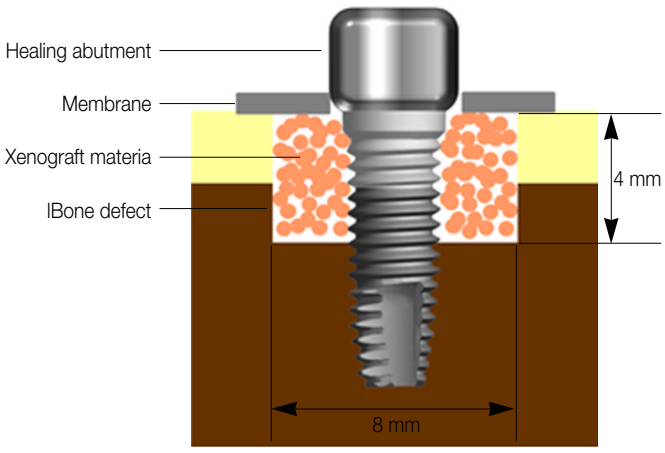

Fig. 4. Schematic drawing of the titanium implant at the bone defect site filled with bovine bone. The zirconia implant was installed in the same manner without placing the healing abutment.

2) 골 면적률(bone area percentage, BA)

골-임플란트 접촉률을 측정한 동일한 임플란트 나사산 내에서 100배의 배율에서 일정한 면적 내에 실제 골 조직이 차지하는 골의 면적을 KAPPA ImageBase Control 2.3.5로 측정하고 골 면적률을 백분율로 계산하였다.

6. 주사전자현미경 관찰

주사전자현미경(JSM-840 A, JEOL Ltd., Tokyo, Japan)으로 각 군의 임플란트 표면을 다양한 배율로 관찰하였다. 그리고 고정이 끝난 조직 블록은 절단, 치환, 건조의 과정을 거쳐 시편을 만들며 20 nm 두께로 백금 도금한 후에 주사전자현미경으로 15 kV에서 임플란트와 골 조직 사이의 계면을 관찰하였다.

7. 통계 처리

SPSS® Version. 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 독립 표본 t 검정, 분산분석, 다변량 분산분석, 사후검정인 Scheffe's test를 통해 신뢰구간 95%로 통계적 유의성을 검증하였다.

결과

실험동물들은 수술 후 생육 기간 동안 어떠한 감염의 징후나 합병증 없이 잘 회복되었지만 대조군의 1주 군 임플란트, 실험군의 4주 군 임플란트에서 각각 1개씩, 총 2개의 임플란트가 골유착 실패 및 소실로 실험에서 제외되었다.

1. 페리오테스트를 이용한 임플란트 안정성 분석

페리오테스트 측정값은 식립 직후에는 대조군과 실험군 모두 높은 값을 보였으나 시간이 지남에 따라 점차 임플란트의 안정성이 증가하는 추세를 보였다(Table 2). 이원 다변량 분산분석 결과 대조군과 실험군 간에 유의한 차이가 없었다.

2. 조직학적 분석

1주 차는 대조군과 실험군 모두 흡수되지 않은 이식재 입자들 (화살표), 혈종, 염증 세포들이 임플란트 주위로 많이 존재하였다(Fig. 5). 4주 차에는 대조군의 골 조직 주위에서 골양 조직(OS)을 활발하게 생산하는 조골세포(OB)와 골 소강을 형성하며 활발하게 골 흡수 활동을 하고 있는 파골세포(OC)를 확인할 수 있었다(Fig. 6). 실험군은 대부분의 임플란트 나사면에서 아직 골 조직이 접촉되지 않았으나(Fig. 7) 다수의 조골세포가 활성화되어 골 기질을 생산하는 양상이 관찰되었다. 12주 차에는 대조군에서 임플란트 나사면에 신생골이 형성되었으나 아직 불연속적으로 접촉된 것을 확인할 수 있었다(Fig. 8). 실험군의 임플란트 나사면은 골조직에 의해 많은 부분 둘러싸여 있었으나 접촉된 부위는 대조군에 비해 많지 않았다(Fig. 9).

Table 2. The mean and standard deviation of Periotest value

	1 week group		4 weeks group		12 weeks group	
	0 week	1 week	0 week	4 weeks	0 week	12 weeks
Control	9.7 ± 8.6	0.7 ± 3.1	5.3 ± 6.6	-4.7 ± 2.1	0.3 ± 5.1	-5.6 ± 2.3
Experimental	2.8 ± 3.5	0.8 ± 2.2	2.5 ± 5.3	-4.5 ± 1.1	1.1 ± 2.2	-3.3 ± 2.7

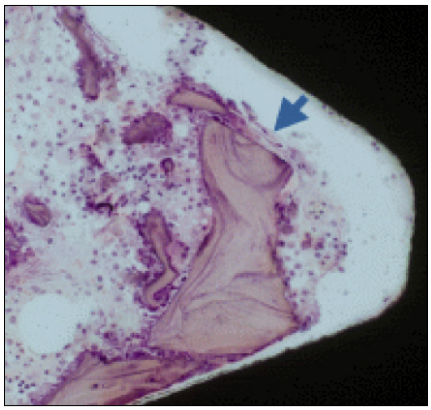

Fig. 5. A light micrograph of the control group taken 1 week after insertion of the implant (H-E staining; ×200). Bovine bone particles (arrow) were observed on the periphery of the threads.

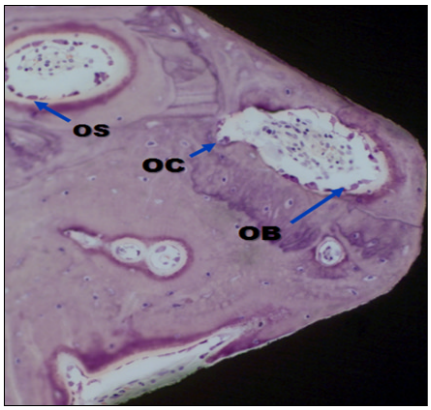

Fig. 6. A light micrograph of the control group taken 4 weeks after insertion of the implant (H-E staining; ×200). Osteoclasts (OC), osteoblasts (OB), osteoid (OS).

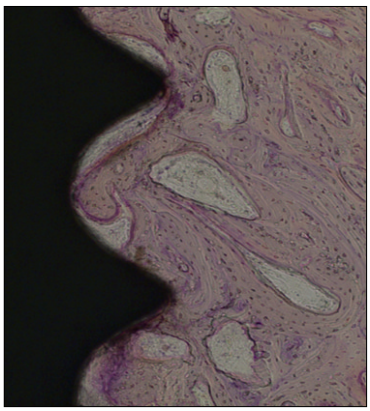

Fig. 7. A light micrograph of the experimental group taken 4 weeks after insertion of the implant (H-E staining; ×100) A lattice of newly formed bone was approaching the implant from the bone.

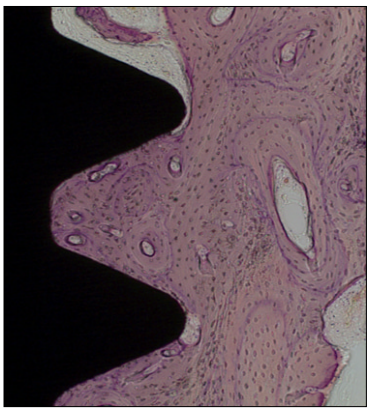

Fig. 8. A light micrograph of the control group taken 12 weeks after insertion of the implant (H-E staining; ×100). Scattered osteocytes were surrounded by the mineralized bone matrix. Remodelling was evident by formation of Harversian systems.

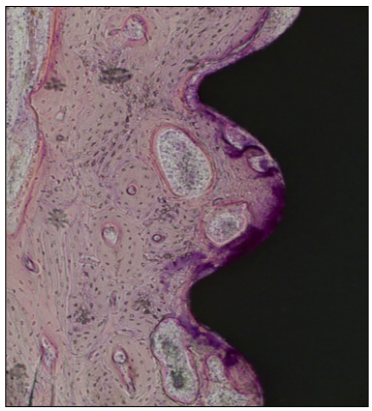

Fig. 9. A light micrograph of the experimental group taken 12 weeks after insertion of the implant (H-E staining; ×100). In this specimen there were only minor signs of bone remodelling.

3. 조직형태계측학적 분석

1) 골-임플란트 접촉률

시간에 따라 대조군이 실험군보다 많이 증가하는 양상을 보였고(Table 3, Fig. 10). 이원 배치 분산분석 결과 서로 간에 유의성이 있었고 특히 4주와 12주에서 유의성이 있었다(P<.05).

2) 골 면적률

시간이 경과함에 따라 대조군과 실험군 모두 크게 증가하는 양상을 보였고(Table 4, Fig. 11) 이원 배치 분산분석 결과 대조군과 실험군 사이에 유의성이 없었다.

4. 주사전자현미경 분석

1) 임플란트 표면 형태 분석

대조군인 타이타늄 임플란트 표면은 균일하고 오목 볼록한 다공성 양상을 보여주었고(Fig. 12A) 실험군인 지르코니아 임플란트 표면은 일정한 규칙성 없이 무정형의 입자들이 불규칙하

Table 3. The mean and standard deviation of bone to implant contact percentage

	Bone to implant contact (%)		
	1 week	4 week	12 week
Control group	0.54 ± 0.66	22.79 ± 8.12	54.96 ± 29.69
Experimental group	1.45 ± 1.70	5.24 ± 5.81	10.72 ± 13.28

Table 4. The mean and standard deviation of bone area percentage

	Bone area (%)		
	1 week	4 week	12 week
Control group	0.66 ± 1.76	28.01 ± 16.98	48.39 ± 21.19
Experimental group	3.04 ± 3.77	13.83 ± 11.61	42.32 ± 8.07

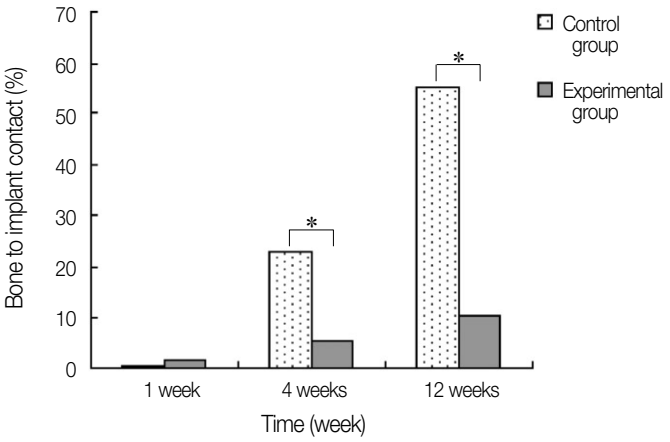

Fig. 10. Bone to implant contact percentage of each group. * represents significant difference between groups (P<.05).

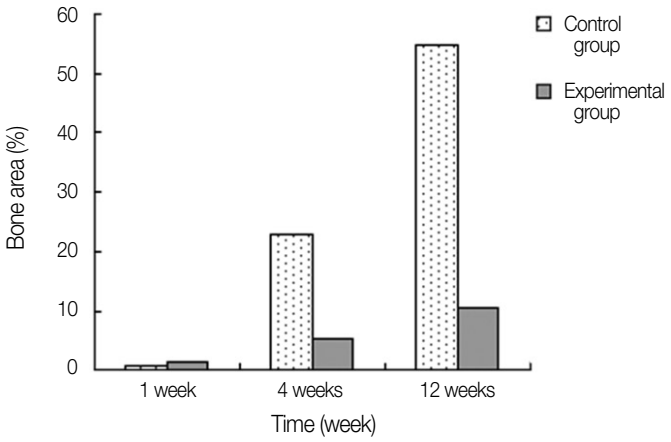

Fig. 11. Bone area percentage of each group.

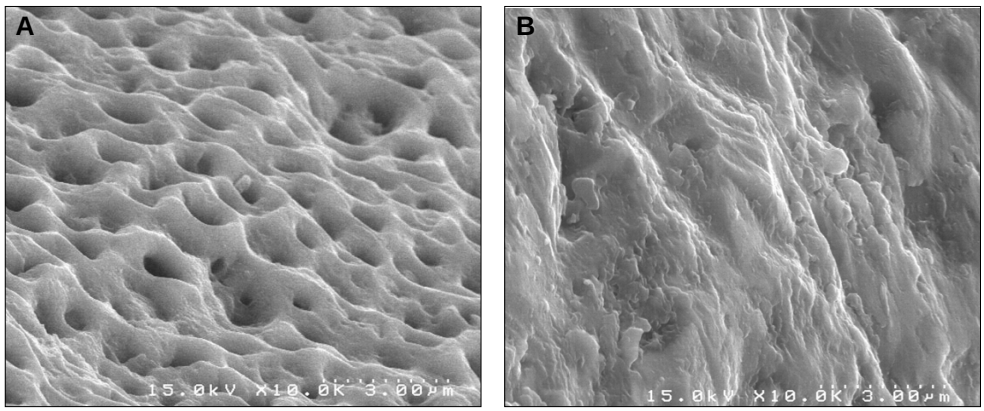

Fig. 12. Scanning electron micrographs of the implant surface (×10,000). A: The rough surface with regular sized pores on titanium. B: The surface with amorphous irregular crystal microstructure on zirconia.

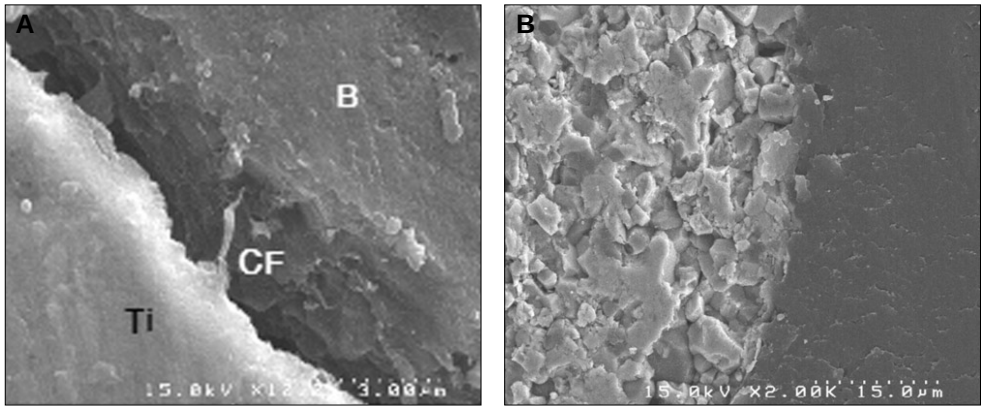

Fig. 13. Scanning electron micrographs of the interface between bone and implant surface at 12 weeks (A: control group, ×10,000, B: experimental group, ×2,000). A: collagen fiber (CF), titanium implant (Ti), bone (B), B: zirconia implant (Zr).

고 거칠게 산재된 모습을 보여주었다(Fig. 12B).

2) 골-임플란트 계면 분석

4주 차에서는 대조군은 골 조직이 일부에서 임플란트 표면과 접촉하는 양상을 보인 반면 실험군은 대부분 접촉을 이루지 않고 사이에 좁은 빈 공간이 존재하였다. 12주차에서 대조군은 계면 사이에 골 형성과 관련된 콜라겐 섬유가 관찰될 정도로 임플란트 표면 위에 골 침착이 활발하였고(Fig. 13A) 실험군도 많은 부분에서 밀접한 접촉을 이루고 있었다(Fig. 13B).

고찰

최근에는 지르코니아가 다른 세라믹 재료보다 기계적 성질이 뛰어나고 주변 조직과 생체적합성이 우수하며 치아와 유사한 색상과 투과성을 지니고 있어서 타이타늄을 대체할 수 있는 재료로 소개되고 있다.[1] 심미적인 장점을 가지는 지르코니아 임플란트가 주로 사용되는 전치나 소구치 부위는 대부분 치조제의 양과 질이 좋지 않거나 발치 후 즉시 임플란트를 식립하는 과정이 선호되므로 발치 후에 발치와의 외형을 보존하고 임플란트 주변의 골 결손을 치료하는 골유도재생술(GBR)을 동반하는 방법이 적절하며 차폐막과 골전도성 골 이식재를 같이 사용하는 것이 추천된다.[7] 본 연구에서는 골전도성이 우수한 대표적인 이종골 이식재인 우골과 부가적인 제거 수술이 필요 없는 흡수성 차폐막을 사용하였다 그리고 예전의 동물연구에서 GBR과 함께 임플란트를 식립하고 골-임플란트 접촉률을 측정하였을 때와 유사한 결과를 보였다. Neugebauer 등[11]은 미니피그의 하악에 발치 후 인위적으로 형성한 골 결손에서 SLA (sandblasted and acid-etched) 타이타늄 임플란트를 식립하고 다양한 골 이식재를 적용하였을 때 하중이 가해지는 조건에서 4개월 후에 14-17%의 골-임플란트 접촉률을 보고하였다.

본 연구에서는 해부학 및 생리학적으로 인간과 유사하고 비용 측면에서 경제적이며 많은 수의 실험동물의 희생을 필요로

하지 않는 윤리적인 이유에서 돼지를 선택하였다.[12] 돼지의 1일 골재생률은 1.2-1.5 ㎛로서 1.5-2.0 ㎛인 개보다 인간의 1.0-1.5 ㎛에 더 가까우므로 임상 전 실험동물로서 매우 가치가 있다.[11] 이번 연구에 이용된 돼지의 경골은 치조골만큼 치밀하고 강하며 넓은 영역에 걸쳐 일정한 골 형상을 유지하여 임플란트 식립 부위의 골 특징이 특별한 경우가 많지 않으므로 실험모델의 표준화에 유리하다고 사료된다. 또한 인위적으로 형성된 골 결손 부위의 형태나 크기와 같은 인자들이 조직학적 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 서로 5 mm이상 떨어진 채로 골 결손을 형성하였고[13] 임플란트와 골 결손 변연 사이의 주변 틈새는 1 mm 이상의 골 결손의 너비가 존재할 때 골조직의 치유 결과가 의미가 있다는 연구를 참조하여 2 mm의 너비를 유지하였다.[14]

본 연구의 페리오테스트 측정값은 대조군과 실험군 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았다. Park 등[10]은 페리오테스트 검사의 유효성에 대한 정량화된 분석이 어렵고, 페리오테스트 한 가지 방법만으로 임플란트 안정성의 평가가 어렵다는 문제를 지적하였다. 따라서 위의 결과에서 유의성의 없음이 단적으로 대조군과 실험군 사이에 차이가 없음을 시사한다고 보기는 어렵다고 사료된다.

지르코니아와 타이타늄 임플란트의 골 반응을 비교한 이전의 연구들은 대부분 지르코니아가 타이타늄과 비슷하거나 조금 떨어지는 골 반응을 보고하고 있다. Schultze-Mosgau 등[15]의 연구에서 미니피그의 하악에 표면 처리하지 않은 지르코니아와 타이타늄 콘을 식립하고 6개월 후에 골-임플란트 접촉률을 비교하였을 때 서로 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다고 하였고, Kohal 등[3]은 원숭이의 상악에 임플란트를 식립하고 하중이 있는 조건에서 5개월 후에 골-임플란트 접촉률을 분석한 결과, SLA 타이타늄 임플란트가 73%를 나타내어 샌드블라스팅한 지르코니아 임플란트의 68%보다 더 높게 나타났다고 보고하였다. 위의 연구들에서 식립 후 4주에서 10개월 후에 평가된 지르코니아 임플란트의 평균 골-임플란트 접촉률은 거의 모든 실험군에서 평균 60% 이상으로 이는 성공적인 골 유착을 의미한다. 본 연구 결과의 조직계측학적 분석 수치와 많은 차이를 보이는 이유는 골 결손의 유무, 평가 기간의 차이, 표본 수의 차이, 골질의 차이, 서로 다른 실험동물과 수술 부위 때문으로 사료된다.

본 연구의 상용 타이타늄 임플란트의 표면 처리에 사용된 양극산화법은 산화막의 물리적 성질과 생물학적인 성질을 개선시킬 수 있는 매우 유용한 표면 처리 방법[16]이다. 반면 샌드블라스팅한 지르코니아 임플란트의 표면은 이에 비해 상당히 낮은 표면 거칠기를 가지고 있다. Gahlert 등[17]은 원자력간 현미경(atomic force microscope)을 이용하여 측정한 평균 표면 거칠기에서 샌드블라스팅한 지르코니아 임플란트는 0.56 ㎛로 SLA 타이타늄 임플란트의 1.15 ㎛보다 절반에 가깝게 낮았고 표면처리하지 않은 지르코니아 임플란트의 0.13 ㎛보다 조금 높게 나왔다고 보고하였다. 표면 거칠기는 타이타늄 임플란트 뿐만 아니라 지르코니아 임플란트의 골유착이나 생역학적 안정성에 중요한 영향을 미치므로 더 많은 표면 처리의 개선이 필요하다. Langhoff 등[5]은 양의 골반에서 각기 다양한 종류의 표면처리를 시행한 타이타늄 임플란트들과 SLA 지르코니아 임플란트의 골-임플란트 접촉률을 2주 후에 비교한 결과 77%의 지르코니아 임플란트가 57-61%의 타이타늄 임플란트들보다 높은 골-임플란트 접촉률을 나타냈다고 보고하였고, Schliephake 등[18]은 미니피그의 하악에서 산 부식으로 표면 처리한 지르코니아 표면은 샌드블라스팅한 표면보다 유의성 있게 더 높은 표면 거칠기를 나타냈고 타이타늄은 지르코니아보다 유의성 있게 더 높은 표면 거칠기를 보였으며 식립 13주 후의 골-임플란트 접촉률에서 타이타늄 임플란트가 다른 두 지르코니아 임플란트보다 유의성 있게 높았다고 보고하였다.

타이타늄과 지르코니아는 재료 기질의 생체 친화성에서 크게 차이가 나지 않으므로 이들 표면 위의 골 형성과 관련한 세포들의 활동은 재료의 유형보다 표면 거칠기가 크게 영향을 미칠 수 있다.[19] 재료의 거친 표면은 유사 조골 세포의 부착, 증식, 분화, 기질 생성, 광화에 유리하다.[20,21] 표면을 거칠게 처리한 임플란트는 그 표면 위에 직접적인 골 침착을 보여 주지만 표면 처리하지 않은 임플란트는 인접한 골 조직으로부터 신생골의 내적 성장에 의해 결합되는 양상을 보인다.[22] 본 연구에서도 거친 표면을 가진 타이타늄 임플란트는 표면 상에 직접 일어나는 골 형성으로 높은 골-임플란트 접촉률을 보인 반면 상대적으로 부드러운 표면을 가진 지르코니아 임플란트는 임플란트 표면보다 주변 골 조직에서 성장하는 신생골에 의해 높은 골 면적률을 보였다. 본 연구에서 조직학적으로 지르코니아가 타이타늄과 유사한 골유착 과정을 보임에도 불구하고 지르코니아 임플란트의 골-임플란트 접촉률이 타이타늄 임플란트보다 유의하게 낮은 이유는 재료의 고유한 성질 때문이 아니라 임플란트의 표면 성상과 낮은 표면 거칠기가 골유착에 영향을 미쳤던 것으로 사료된다. 추가적으로 지르코니아 임플란트의 제조와 세척 과정에서 샌드블라스팅에 의해 남은 알루미나 입자의 오염이 임플란트 표면의 골 침착을 저하시켰을 가능성도 있다고 생각된다.

결론

지르코니아 임플란트는 돼지 경골에서 GBR을 통한 이종골 이식을 시행하였을 경우, 골유착의 기계적 안정성과 주변 골조직에서 성장하여 형성되는 골 면적의 양에 대해서는 타이타늄 임플란트와 유의한 차이가 없었으나 임플란트 표면에 골조직이 직접 침착하는 과정은 타이타늄 임플란트보다 유의하게 느리게 진행되는 양상을 보였다. 따라서 차폐막을 이용한 이종골 이식을 동반하는 경우 본 실험에 사용된 지르코니아 임플란트의 골-임플란트 접촉률은 양극산화 표면처리를 한 타이타늄 임플란트에 크게 미치지 못하므로 지르코니아 임플란트의 실용화를 위해서는 표면 처리 방법 등에 대한 지속적인 연구를 통한 개선이 필요하다고 사료된다.

References

1. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. Biomaterials 1999;20:1-25.
2. Scarano A, Di Carlo F, Quaranta M, Piattelli A. Bone response to zirconia ceramic implants: an experimental study in rabbits. J Oral Implantol 2003;29:8-12.
3. Kohal RJ, Weng D, Bächle M, Strub JR. Loaded custom-made zirconia and titanium implants show similar osseointegration: an animal experiment. J Periodontol 2004;75:1262-8.
4. Song YS, Cho IH. Surface characteristics and stability of implants treated with alkali and heat. J Korean Acad Prosthodont 2008; 46:490-9.
5. Langhoff JD, Voelter K, Scharnweber D, Schnabelrauch M, Schlottig F, Hefti T, Kalchofner K, Nuss K, von Rechenberg B. Comparison of chemically and pharmaceutically modified titanium and zirconia implant surfaces in dentistry: a study in sheep. Int J Oral Maxillofac Surg 2008;37:1125-32.
6. Nyman S. Bone regeneration using the principle of guided tissue regeneration. J Clin Periodontol 1991;18:494-8.
7. Hämmerle CH, Olah AJ, Schmid J, Flückiger L, Gogolewski S, Winkler JR, Lang NP. The biological effect of natural bone mineral on bone neoformation on the rabbit skull. Clin Oral Implants Res 1997;8:198-207.
8. Lim JH, Lim JH, Lim HS, Cho IH. The effect of various graft materials on the stability of implant and peri-implant tissue response in rabbit tibia. J Korean Acad Oral Maxillofac Implantol 2001;5:41-64.
9. Hämmerle CH, Jung RE, Yaman D, Lang NP. Ridge augmentation by applying bioresorbable membranes and deproteinized bovine bone mineral: a report of twelve consecutive cases. Clin Oral Implants Res 2008;19:19-25.
10. Park C, Lim JH, Cho IH, Lim HS. A study on the measurement of the implant stability using resonance frequency analysis. J Korean Acad Prosthodont 2003;41:182-206.
11. Neugebauer J, Iezzi G, Perrotti V, Fischer JH, Khoury F, Piattelli A, Zoeller JE. Experimental immediate loading of dental implants in conjunction with grafting procedures. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2009;91:604-12.
12. Wang S, Liu Y, Fang D, Shi S. The miniature pig: a useful large animal model for dental and orofacial research. Oral Dis 2007; 13:530-7.
13. Jang ES, Park JW, Kweon H, Lee KG, Kang SW, Baek DH, Choi JY, Kim SG. Restoration of peri-implant defects in immediate implant installations by Choukroun platelet-rich fibrin and silk fibroin powder combination graft. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010;109:831-6.
14. Akimoto K, Becker W, Persson R, Baker DA, Rohrer MD, O'Neal RB. Evaluation of titanium implants placed into simulated extraction sockets: a study in dogs. Int J Oral Maxillofac Implants 1999;14:351-60.
15. Schultze-Mosgau S, Schliephake H, Radespiel-Tröger M, Neukam FW. Osseointegration of endodontic endosseous cones: zirconium oxide vs titanium. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000;89:91-8.
16. Lee SH, Cho IH. Surface characteristics and bioactivity of anodically oxidized titanium surfaces. J Korean Acad Prosthodont 2007;45: 85-97.
17. Gahlert M, Gudehus T, Eichhorn S, Steinhauser E, Kniha H, Erhardt W. Biomechanical and histomorphometric comparison between zirconia implants with varying surface textures and a titanium implant in the maxilla of miniature pigs. Clin Oral Implants Res 2007;18:662-8.
18. Schliephake H, Hefti T, Schlottig F, Gédet P, Staedt H. Mechanical anchorage and peri-implant bone formation of surface-modified zirconia in minipigs. J Clin Periodontol 2010;37:818-28.
19. Yamashita D, Machigashira M, Miyamoto M, Takeuchi H, Noguchi K, Izumi Y, Ban S. Effect of surface roughness on initial responses of osteoblast-like cells on two types of zirconia. Dent Mater J 2009;28:461-70.
20. Lincks J, Boyan BD, Blanchard CR, Lohmann CH, Liu Y, Cochran DL, Dean DD, Schwartz Z. Response of MG63 osteoblast-like cells to titanium and titanium alloy is dependent on surface roughness and composition. Biomaterials 1998;19:2219-32.
21. Nishimoto SK, Nishimoto M, Park SW, Lee KM, Kim HS, Koh JT, Ong JL, Liu Y, Yang Y. The effect of titanium surface roughening on protein absorption, cell attachment, and cell spreading. Int J Oral Maxillofac Implants 2008;23:675-80.
22. Rocchietta I, Fontana F, Addis A, Schupbach P, Simion M. Surface-modified zirconia implants: tissue response in rabbits. Clin Oral Implants Res 2009;20:844-50.

이종골 이식을 동반한 지르코니아와 타이타늄 임플란트의 골유착에 관한 연구

김성원 · 조인호*

단국대학교 치과대학 치과보철학교실

연구 목적: 본 연구에서는 외과적으로 형성한 골 결손부에 이종골 이식과 함께 식립한 지르코니아 임플란트의 골유착에 대한 기계적 안정성과 조직학적 반응을 타이타늄 임플란트와 비교하고자 하였다.

연구 재료 및 방법: 6마리 돼지의 경골에 인위적으로 형성한 골 결손 부위에 대조군인 18개의 상용 타이타늄 나사형 임플란트와 실험군인 18개의 샌드블라스팅한 지르코니아(Y-TZP) 나사형 임플란트를 각각 식립하고 차폐막을 이용하여 이종골을 이식하였으며 1주, 4주, 12주 후에 각각 2마리씩 희생시켜 조직 시편을 제작하였다. 식립 직후와 식립 1주, 4주, 12주 후에 각각 페리오테스트를 이용하여 임플란트의 안정성을 측정하였고, 광학현미경으로 조직학적 관찰과 조직계측학적 분석을 하였으며 주사전자현미경으로 임플란트의 표면 특성과 골-임플란트 계면을 관찰하였다.

결과: 페리오테스트를 이용한 임플란트 안정성 분석 결과, 대조군과 실험군 사이에 유의한 차이가 없었고, 조직학적 분석 결과, 각 군 모두 4주에 이식골의 재흡수와 조골세포의 활발한 활동에 의해 신생골이 형성되기 시작하였다. 골-임플란트 접촉률 분석 결과, 대조군과 실험군 사이에 유의한 차이가 있었으며($P<.05$), 특히 4주와 12주에서 실험군과 대조군 사이에 2시점에서 유의한 차이를 보였다($P<.05$). 골 면적률 분석 결과, 대조군과 실험군 사이에 유의한 차이가 없었다. 주사전자현미경 관찰 결과, 대조군은 균일한 다공성의 거친 표면을 나타냈고 실험군은 무정형 입자들이 불규칙하게 산재된 표면을 보여 주었다. 각 군 모두 4주에 임플란트 표면과 골 조직 사이에 빈 공간이 관찰되었고 12주에는 일부 공간에서 골 조직으로 채워진 양상을 보였다.

결론: 차폐막을 이용한 이종골 이식을 동반하는 경우 본 실험에 사용된 지르코니아 임플란트의 골-임플란트 접촉률은 양극산화 표면처리를 한 타이타늄 임플란트에 크게 미치지 못하므로 지르코니아 임플란트의 실용화를 위해서는 표면 처리 방법 등에 대한 지속적인 연구를 통한 개선이 필요하다고 사료된다. *(대한치과보철학회지 2014;52:9-17)*

주요단어: 지르코니아; 이종골 이식; 골-임플란트 접촉률; 골 면적률

*교신저자: 조인호

330-716 충청남도 천안시 신부동 산 7-1 단국대학교 치과대학 보철학교실

041-550-1971: e-mail, cho8511@dku.edu

원고접수일: 2013년 10월 25일 / 원고최종수정일: 2013년 11월 14일 / 원고채택일: 2014년 1월 3일

ⓒ 2014 대한치과보철학회

ⓒⓒ 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.