



Sandblasted, Large-grit and Acid-etched Implant에 대한 후향적 임상 연구

조지호 · 김수관 · 문성용 · 오지수 · 박진주 · 정종원 · 윤대웅 · 양성수 · 정미애¹

조선대학교 치의학전문대학원 구강악안면외과학교실, ¹강원대학교 치위생학과

Abstract

Retrospective Study of Sandblasted, Large-grit and Acid-etched Implant

Ji-Ho Jo, Su-Gwan Kim, Seong-Yong Moon, Ji-Su Oh, Jin-Ju Park, Jong-Won Jung,
Dae-Woong Yoon, Seong-Su Yang, Mi-Ae Jeong¹

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Chosun University,
¹Department of Dental Hygiene, Kangwon National University

Purpose: This study evaluated the prognosis and survival rate of SLA (Sandblasted, Large-grit and Acid-etched) implants and it also evaluated the prosthodontic complications and the associated factors.

Methods: Twenty seven patients (14 men and 13 women, mean age: 54.9) who visited Chosun University Hospital Implant Center with the chief desire for placement of an implant in an edentulous area from March, 2008 to December 2008 and who received placement of a SLA implant (Implantium[®], Dentium Co., Korea) were selected for this study.

Results: The average follow-up period was 15 months and the study was based on the treatment records, radiographs and clinical examinations. A total of 69 implant cases were retrospectively assessed for the width and length of the implant, the primary and secondary stability, the combined surgery, the employed bone graft material and barrier membrane, the status of the opposing tooth, implant failure and the prosthetic complications. During the follow-up period (average: 15 months), the accumulative survival rate of the 69 implants in 27 patients was 100%. Complications such as infection, sinusitis and fixture exposure after surgery were seen for 5 implants in 4 patients. Complications such as screw loosening, contact loosening and peri-implant gingivitis after prosthodontic treatment occurred in 7 cases (10.14%).

Conclusion: This study reports placement of SLA implants may cause various complications, yet the final accumulative survival rate was 100%. The SLA implant (Implantium[®]) has an excellent clinical survival rate and outcome.

Key words: Complication, Dental implant, Survival rate

원고 접수일 2011년 2월 18일, 게재 확정일 2011년 4월 25일

책임저자 김수관

(501-759) 광주시 동구 서석동 375번지, 조선대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

Tel: 062-220-3815, Fax: 062-228-7316, E-mail: sgckim@chosun.ac.kr

RECEIVED February 18, 2011, ACCEPTED April 25, 2011

Correspondence to Su-Gwan Kim

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Chosun University, 375, Seosuk-dong, Dong-gu, Gwangju 501-759, Korea

Tel: 82-62-220-3815, Fax: 82-62-228-7316, E-mail: sgckim@chosun.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

골 유착 임플란트는 힘을 받는 임플란트 표면과 정상적인 생체의 골 사이에 구조적, 기능적으로 직접 연결되는 것을 기본 원리로 하고 있다. 골 유착의 개념을 Adell 등[1,2]은 Osseointegration이라 표현하였고, 완전 무치악 환자의 보철물 지지체로서 장기간의 임상 결과를 보고한바 있다. 그 연구에서 Adell 등[1,2]은 완전 무치악에 식립한 골 유착 임플란트를 15년 동안 추적 검사했으며, 상악에서 78%, 하악에서 86%의 생존율을 보였다고 보고하였다. 이후 최근 20년 동안 골 유착 임플란트는 많은 임상 연구를 통해 일반화되었으며, 완전 무치악뿐만 아니라 부분 무치악 환자에서도 널리 사용되고 있다.

최근에는 임플란트의 표면처리에 대한 많은 임상연구가 이루어져 다양한 방법의 표면처리가 발전하였다[3]. 최근 표면 처리 방법에 대한 연구가 활발히 진행되는 이유는 임플란트와 골의 결합에 있어 임플란트 표면이 중요한 역할을 하기 때문으로[4,5], 임플란트는 표면 처리 방식은 Turned surface (Machine milled type), Titanium plasma-sprayed (TPS) surface, HA coated surface, Blasted surface, Acid etching surface, Blasted and etched surface, Anodizing oxidation surface 등이 있다. Turned surface는 순수한 기계 가공만으로 이루어진 전통적인 표면 방식으로, 세포의 부착과 증식을 증진시킨다[6-8]. Titanium plasma-sprayed (TPS) surface는 Titanium 입자를 플라즈마 토치로 전부 혹은 부분적으로 녹인 다음 임플란트 표면에 뿌리는 방식을 통해 Turned surface에 비해 표면적을 6배 증가시킴으로써 초기 고정력이 우수하고, 골 유착이 향상된다[9]. HA coated surface는 임플란트 표면에 수산화 인회석을 plasma spray시켜 depression, undercut, porosity를 가진 불규칙한 형태로 만듦으로써 골 형성과 임플란트의 골 유착을 촉진시키는 방식으로 많은 연구에서 좋은 임상적 결과를 보인다[10-17]. Blasted surface는 Al₂O₃, TiO₂, HA 등의 특정 입자의 매질을 분사하여 표면을 거칠게 형성하는 방식으로 표면적을 증가시킴으로써 골 유착을 향상시켰다[18-20]. 최근에는 입자들이 표면에 잔류하여 오염을 야기할 수 있으므로 흡수성인 Resorbable blasting media (RBM)을 사용하기도 한다[21]. Acid etched surface는 임플란트 표면을 염산이나 황산으로 부식시키는 방식이며, Blasting과 함께 Blasted and etched surface를 만들기도 한다. Blasting한 후 acid etching 함으로써 blasting시 잔존하는 입자들을 산으로 세척하여 표면 오염을 줄이고 아울러 산부식

효과로 인해 작은 함몰을 형성하는 대표적인 방식이 Sandblasted Large-grit Acid etching (SLA) surface인데, 초기 골유합이 관찰된다는 많은 보고들이 있다[22,23]. Anodizing oxidation surface는 전기 화학적으로 임플란트를 oxidation시켜 표면의 산화막 두께를 증가시키고 다공성으로 수많은 함몰부를 가지므로 내마모성 및 표면적이 증가하여, 임플란트와 생체 골 사이의 골유합의 가능성을 증가시킨다[24,25].

본 연구에서는 Sandblasted Large-grit Acid etching (SLA) surface를 가진 Implantium[®] (Dentium Co., Seoul, Korea) implant 식립 후 임상적 결과 및 예후, 합병증과 그에 따른 처치방법에 대해 알아보려고 한다.

연구방법

2008년 3월부터 2008년 12월 사이에 임플란트 식립을 주소로 조선대학교 치과병원 임플란트 센터에 내원하여 SLA implant를 식립 받은 27명의 환자, 69개의 임플란트를 대상으로 했으며, 평균 추적 검사 기간은 15개월(11~18개월)이었다. 임플란트는 Implantium[®], implant (Dentium Co., Seoul, Korea)로 SLA surface를 가진 root form implant이며 상단에 double micro-thread design을 채택하였고 abutment-fixture의 연결방식은 internal conical sealing connection이다.

술자에 의한 오차를 최소화하기 위해 한명의 구강악안면외과 의사에 의해 식립된 Implantium[®] (Dentium Co., Seoul, Korea)를 대상으로 하였다. 임플란트 식립 후 환자는 주기적인 내원을 통해 임상적 검사를 시행하였으며, 필요 시 예방치과에 의뢰하여 구강위생교육 및 관리를 시행하였다. 전신질환을 가진 환자 중 조절되지 않는 당뇨, 골다공증을 포함한 골대사 질환, 출혈 관련 질환이 있는 환자, 조절되지 않는 신경정신학적 문제가 있는 환자, 두경부에 방사선 치료를 받은 기왕력이 있는 환자, 기타 소모성 질환을 갖은 환자는 연구 대상에서 제외하였다. 골 이식과 동시에 임플란트를 식립한 동시식립의 경우와 단순 임플란트 식립의 경우를 대상으로 하였으며, 자연 식립의 경우는 제외하였다.

상악동 거상술 및 임플란트 식립 후 환자는 주기적인 내원을 통해 임상적 검사를 시행받았으며, 진료기록지, 방사선 사진 및 임상검사를 토대로 총 69개의 임플란트를 임플란트의 길이 및 직경, 식립된 임플란트의 안정성, 수술 방법, 사용된 골이식제의 종류, 차폐막의 사용 유무 및 그 종류, 대합치의 상태, 임플란트 생존율, 수술후 합병증 및 보철 수복후의 합병증에 대해 조사하였다. Implant stability는 OsstellTM (Integration Diagnostics, Gothenburg, Sweden)을 이용하여 ISQ (Implant Stability Quotient) 값을 측정하였으며, 1에서 100사이의 숫자로 기록하였는데, 100이 가장 안정적인 고정력을 나타낸다. 임플란트 생존

Table 1. Age distribution

	Age of patients (years)						Total
	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	
Men	3	0	2	2	5	2	14
Women	0	0	3	5	4	1	13

Table 2. Distribution according to location

Area	No. of implants
Upper teeth	
Incisor	11
Canine	7
1st premolar	3
2nd premolar	4
1st molar	3
2nd molar	1
Lower teeth	
Incisor	8
Canine	8
1st premolar	3
2nd premolar	6
1st molar	8
2nd molar	7
Total	69

Table 3. Distribution according to diameter and length

Diameter (mm)	No. of implants	Length (mm)	No. of implants
3.4	6	8	10
3.5	1	10	36
3.8	27	12	18
4.1	1	14	5
4.3	32		
4.8	2		
Total	69	Total	69

율은 Buser 등[26]에 의한 기준을 따라 평가하였다. 즉, 1) 각 임플란트의 임상검사시 동요도가 없을 것, 2) 동통이나 주관적인 이상 감각이 없을 것, 3) 임플란트 주위에 염증이 없을 것, 3) 임플란트 주위로 지속적인 방사선 투과상이 없을 것 등을 기준으로 하였다. 임플란트 탈락의 경우 실패로 간주하였다.

결 과

연구 대상은 27명의 환자, 69개의 임플란트였다. 환자의 나이 분포는 20세에서 78세로 평균 나이는 54.9세였으며, 50대와 60대가 각각 7명(25.9%), 9명(33.3%)으로 가장 많았고, 남자가 14명(51.9%), 여자는 13명(48.1%)이었다(Table 1). 임플란트가 식립된 위치는 상악 절치가 11명(15.9%)으로 가장 많았고, 하악 절치, 하악 견치, 하악 제1대구치가 각각 8개(11.6%)로 두번째로 많았으며, 다음은 상악 견치와 하악 제2대구치가 각각 7개(10.1%)로 많았다(Table 2). 사용한 임플란트는 모두 Sandblasted Large-grit Acid etching (SLA) surface를 갖는 Implantium® (Dentium Co., Seoul, Korea) implant로, 길이는 8~14 mm로, 10 mm의 임플란트가 36개(52.2%)로 가장 많았고, 12 mm는 18개(26.1%), 8 mm는 10개(14.5%), 14 mm는 5개(7.2%) 순서로 많이 사용되었으며, 직경은 3.8 mm와 4.3 mm가 각각 27개(39.1%)와 32개(46.4%)로 많이 사용되었다(Table 3).

Table 4. Types of surgery

Type	No. of implants
Sinus bone graft	10
BAOSFE	0
OSFE	0
GBR	32
Simple implant placement	27
Total	69

BAOSFE, bone added osteotome sinus floor elevation; OSFE, osteotome sinus floor elevation; GBR, guided bone regeneration.

Table 5. Types of bone grafts

Bone graft	No. of implants
No	27
Bio-Oss®	5
AutoBT ⁺	3
Tutoplast®	20
Allomatrix®	8
Bio-Oss®+AutoBT ⁺	6
Total	69

Bio-Oss®, Geistlich-Pharma, Wolhusen, Switzerland, Anorganic bovine bone material; AutoBT⁺, Korea Auto-teeth & Bone Bank, Korea, Autogenous tooth powder; Tutoplast®, Tutogen Medical GmbH, Germany, Mineralized cancellous bone allograft; Allomatrix®, Wright Medical Technology, Inc., USA, Demineralized cancellous bone allograft.

Table 6. Types of barrier membranes

Membranes	No. of implants
No	42
COPIOS® Pericardium membrane	18
Bio-Gide®	3
OsseoGuard™	6
Total	69

COPIOS® Pericardium membrane, TUTOGEN Medical GmbH, Germany; Bio-Gide®, Geistlich Pharma Ag, Switzerland; OsseoGuard™ Biomet 3i, USA.

골 이식 없이 임플란트만 식립한 경우는 27개(39.1%)였고, 임플란트 식립과 동시에 Sinus bone graft를 시행한 경우는 10개(14.5%), Guided bone regeneration (GBR)을 시행한 경우는 32개(46.4%)였다(Table 4). 사용된 골 이식재는 Bio-Oss® (Geistlich-Pharma, Wolhusen, Switzerland), AutoBT⁺ (Korea Auto-teeth & Bone Bank, Seoul, Korea), Tutoplast® (Tutogen Medical GmbH, Neunkirchen am Brand, Germany), Allomatrix® (Wright Medical Technology Inc., Arlington, TN, USA)였고, Tutoplast®를 사용한 경우가 20개(28.9%)로 가장 많았다(Table 5). 골 이식과 함께 사용한 차단막은 COPIOS® Pericardium membrane (Tutogen Medical GmbH, Neunkirchen am Brand, Germany), Bio-Gide® (Geistlich Pharma Ag, Wolhusen, Switzerland), OsseoGuard™ (Biomet 3i, Warsaw, USA) 등 다양했으며, 전체 대상 임플란트 중 27개(39.1%)에서

사용되었는데, 이 중 Pericardium[®]이 18개(26.1%)로 가장 많이 사용되었다(Table 6).

모든 대상 임플란트에서 식립 직후 및 2차 수술 시에 Osstell[™] (Integration Diagnostics, Gothenburg, Sweden)를 이용하여 ISQ (Implant Stability Quotient) 값을 측정하였는데, 식립 직후의 ISQ 값을 primary stability, 2차 수술 시의 ISQ 값을 secondary stability로 기록하였다. 식립한 임플란트의 primary stability는 평균 ISQ 70.9 (42~85)였으며, secondary stability는 평균 ISQ 73.5 (51~86)로 임플란트 안정성의 향상이 관찰되었다(Fig. 1).

임플란트 식립 후 발생한 합병증은 5명(7.2%)에서 관찰되었는데, 감염이 2예(2.9%), 지대주 노출이 2예(2.9%), 상악동염이 1예(1.4%)에서 발생하였다(Table 7). 상악동염이 발생한 1증례는 61세 남자 환자로 고혈압과 당뇨의 기왕력이 있었다. 상악동

거상술 도중 상악동막의 천공이 발생하여 콜라겐 막을 이용해 폐쇄한 후, 상악동염이 관찰되어 상악동 세척 및 항생제 요법을 통해 치료되었다. 지대주 노출이 발생한 2예는 77세와 59세의 여자 환자로 모두 2차 수술 시의 골재생성을 통해 성공적으로 치료되었다. 임플란트 식립 후 감염이 발생한 환자는 66세 여자 환자로 2개의 임플란트에서 협착누공을 통해 농의 배출이 관찰되었으며 간헐적 통증을 호소하였으나, 항생제 요법 및 드레싱으로 조절되었다(Table 8). 2차 수술은 7개월 이내에 시행되었으며, 하중부여 시기는 2차 수술 후 2개월 이내였다. 임플란트 보철 완성 후 평균 15개월 동안 추적검사가 시행되었으며, 누적 생존율은 100%로 나타났다.

7예(10.1%)에서 보철 후 screw loosening, contact loosening

Table 7. Postoperative complications

Types	No. of implants
Infection	2
Fixture exposure	2
Maxillary sinusitis	1
Total (69)	5 (7%)

Table 9. Types of complications after prosthodontic delivery

Types	No. of implants
Screw loosening	2
Screw-retained prosthesis contact loosening	2
Food retention	0
Delayed implant failure	0
Peri-implant gingivitis	2
Soft tissue biting	1
Prosthesis dislodgement	0
Total	7 (10%)

Table 8. Postoperative complications

Age	Sex	PMH	Location	D/L	Surgery	Complication
77	F	Ischemic stroke	#43	3.4/10	GBR	Fixture exposure
66	F		#22	3.4/10	GBR	Infection
			#23	4.3/10	GBR	Infection
61	M	HTN, DM	#15	4.3/10	Simple implantation	Maxillary sinusitis
59	F	HTN	#15	4.3/10	Lateral window sinus bone graft	Fixture exposure

HTN, hypertension; DM, diabetes mellitus; D, diameter; L, length; GBR, guided bone regeneration.

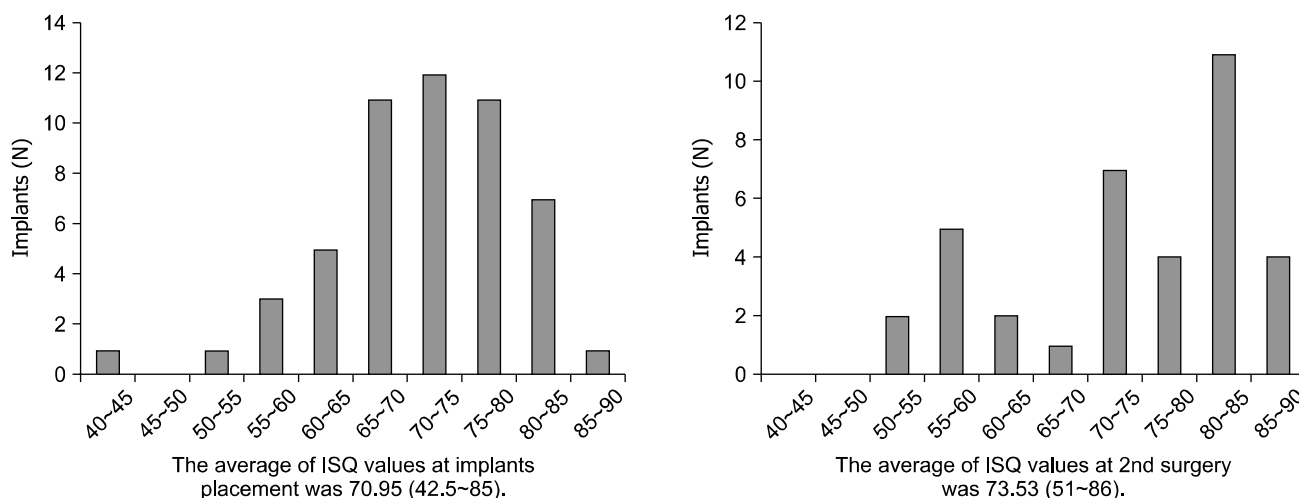


Fig. 1. Implant Stability Quotient (Osstell[™]).

Table 10. Status of opposing tooth and prosthetic complication

	Complications		Total
	No	Yes	
Natural tooth	12	2	14
Crown	10	1	11
Implant	3	0	3
Bridge	5	3	8
Edentulous state	32	1	33
Total	64	7	69

ing, peri-implant gingivitis, soft tissue biting이 관찰되었다 (Table 9). 2개(2.9%)의 임플란트에서 screw loosening을 보였으며 crown을 철거한 후 내부를 세척하고 torque driver를 사용하여 나사를 다시 조여 해결하였다. Peri-implant gingivitis는 2개의 임플란트(2.9%)에서 나타났는데, 치은 부종 및 출혈이 관찰되었고 curettage 및 chlorhexidine을 이용한 드레싱을 통해 해결하였다. Contact loosening은 2개의 임플란트(2.9%)에서 나타났으며, porcelain을 추가하거나 re-fabrication을 통해 해결하였고, 1개의 임플란트에서 나타난 soft tissue biting은 특별함 처치 없이 시간이 지남에 따라 적응되었다. 대합치는 무치악이 가장 많았고, 자연치 crown순이었으며, 대합치의 상태와 임플란트의 보철 후 합병증과는 연관성이 관찰되지 않았다(Table 10).

고찰

임플란트의 표면 특성은 임플란트의 osseointegration에 중요한 영향을 미친다는 것은 이미 많은 연구에서 보고되었다 [4,5,27]. HA coating, blasting, etching 등에 의해 표면이 거칠어진 임플란트는 machined surface를 갖는 임플란트에 비해 생체 골과의 접촉이 우수하며, osseointegration 역시 뛰어나다 [4,28,29]. 따라서 표면이 거친 임플란트가 임상적으로도 좋은 결과를 낸다고 할 수 있다 [30]. 임플란트 표면의 거칠기를 증가시키기 위한 방법은 다양하게 발전해 오고 있는데, Titanium plasma-sprayed (TPS), HA coating, Blasting, Acid etching, Blasting and etching, Anodizing oxidation 등의 방법으로 표면 거칠기를 증가시킨 임플란트들이 상품화 되어 사용되고 있다 [3]. 이 중 Blasting and etching 방법은 blasting한 후 acid treatment를 시행한 방법으로 blasting 시 잔존하는 입자들을 산으로 세척하여 표면 오염을 줄이고 아울러 산 부식 효과로 인해 작은 함몰을 형성하는 방법으로, Sandblasted Large-grit Acid etching (SLA) surface implant인 Implantium® (Dentium Co., Seoul, Korea) implant도 이와 같은 표면처리를 한 것이다.

SLA surface implant의 양호한 임상적 결과에 대해서는 이미 많은 연구들이 보고되었다. Gokcen-Rohling 등 [31]은 SLA sur-

face implant 식립 후 5년간의 추적 검사를 통한 후향적 임상 연구에서 양호한 성공률과 생존율을 보고한바 있다. 사용된 임플란트는 ITI (Straumann AG, Waldenburg, Switzerland)였으며 상악에서 91.00%, 하악에서 97.81%의 성공률을 보고하였다. Penarrocha 등도 441개의 ITI implant를 대상으로 2.3년간의 후향적 임상 연구에서 96.2%의 성공률을 보고한바 있다 [32]. 본 연구에서는 SLA implant의 임상적 효용성을 후향적 연구를 통해 알아보고자 하였다. 사용한 임플란트는 Implantium® (Dentium Co., Seoul, Korea) implant로 평균 15개월의 추적 검사결과 누적 생존율은 100%였다. 이전의 연구보다 높은 성공률을 보이는 것은 연구 대상의 수가 적은 것과 추적 검사 기간이 짧은 것이 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

임플란트 식립 후 발생한 감염이나 peri-implantitis는 임플란트 실패의 주요한 원인으로 알려져 있는데, peri-implantitis의 이환율에 대해 Berglundh 등 [33]은 0~14%, Renvert 등 [34]은 16%의 이환율을 나타낸다고 하였으며, 두 보고 모두에서 임플란트 식립 후 시간이 지날수록 이환율은 증가한다고 하였다. 본 연구에서는 평균 15개월의 검사 기간에 peri-implantitis를 나타낸 경우는 없었고, 임플란트 식립 후 감염이 발생한 경우는 2개 (2.9%)에서 나타났다. 상악동 점막의 천공은 1명에서 나타났는데, Pikos [35]는 상악동 점막의 천공은 상악동 수술 중 가장 흔한 합병증이라고 보고하였다. 상악동 거상술이나 임플란트 식립 중 발생한 상악동 점막의 천공이 모두 상악동염으로 발전하지는 않지만, 상악동 점막이 천공될 경우 상악동염의 발생 가능성은 높아진다 [36,37]. 상악동 점막이 천공되었을 때, 5 mm 이하의 작은 천공인 경우 상악동 점막 거상 과정에서 점막의 접합 현상에 의해 자연치유를 기대해 볼 수 있겠으나 그보다 큰 천공(5~10 mm)은 흡수성 콜라겐 막을 이용한 폐쇄가 필요할 것이다. Pikos [35]는 10 mm 이상의 큰 천공에는 cross-linked type I collagen membrane을 이용한 폐쇄가 효과적이라고 보고하였다. 본 연구에서는 1명의 환자에서 5 mm 정도의 천공이 발생하여 흡수성 콜라겐 막을 이용해 폐쇄한 후 통상의 방법으로 임플란트 식립 및 골이식을 시행하였으나 급성 상악동염이 발생하였고, 상악동 세척과 항생제 치료를 통해 성공적으로 치료되었다. Misch [38]는 예방적 항생제의 전신적 투약, 국소적 항생제 적용 및 glucocorticosteroids 투약이 상악동 점막 천공 후 감염을 줄일 수 있으며, 만약 감염이 발생하였다면 세균 배양 및 감수성 검사의 적응증이 되며, 경험적 항생제 및 anticongestants의 처방이 필요하다고 보고하였다.

임플란트의 성공률에 있어서 대합치가 미치는 영향에 대한 연구는 많지 않다. Chung 등 [39]은 대합치와 임플란트 성공률 사이에 특이할 만한 연관성이 없다고 보고한바 있으며, 본 연구에서도 대합치의 상태에 상관없이 누적 생존율이 100%로 나타났으며, 보철 후 합병증도 특이할 만한 연관성이 없었다.

본 연구에서 누적 생존율이 100%를 보이고 보철 후 peri-implantitis가 관찰되지 않은 점은 증례의 수가 적고 추적 검사기간이 짧았기 때문으로 생각되나 Sandblasted Large-grit Acid etching (SLA) surface implant 식립 후 단기간의 임상적 결과 및 예후는 양호하다고 할 수 있다. 향후 더 많은 증례를 바탕으로 장기간의 임상적 결과에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

결론

본 연구에서는 Sandblasted Large-grit Acid etching (SLA) surface의 Implantium® (Dentium Co., Seoul, Korea) implant를 식립 후 단기간의 임상적 결과 및 예후, 합병증, 그에 따른 처치방법에 대해 알아보고자 하였다. 69개의 임플란트 중 임플란트 식립 후 7.2%에서 감염, 지대주 노출, 상악동염의 합병증이 나타났고, 보철 후 10.1%에서 나사풀림 등의 합병증이 나타났으나 15개월간의 추적검사 기간 동안 Sandblasted, Large-grit and Acid-etched (SLA) implant는 양호한 임상적 결과 및 100%의 생존율을 나타내었다.

References

1. Adell R, Lekholm U, Roçler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
2. Adell, R, Eriksson B, Lekholm U, Brånemark PI, Jemt T Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:347-59.
3. Wennerberg A, Albrektsson T, Andersson B. Design and surface characteristics of 13 commercially available oral implant systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:622-33.
4. Cochran DL. A comparison of endosseous dental implant surfaces. *J Periodontol* 1999;70:1523-39.
5. Shalabi MM, Gortemaker A, Van't Hof MA, Jansen JA, Creugers NH. Implant surface roughness and bone healing: a systematic review. *J Dent Res* 2006;85:496-500.
6. Martin JY, Schwartz Z, Hummert TW, et al. Effect of titanium surface roughness on proliferation, differentiation, and protein synthesis of human osteoblast-like cells (MG63). *J Biomed Mater Res* 1995;29:389-401.
7. Pebé P, Barbot R, Trinidad J, et al. Countertorque testing and histomorphometric analysis of various implant surfaces in canines: a pilot study. *Implant Dent* 1997;6:259-65.
8. Postiglione L, Di Domenico G, Ramaglia L, et al. Behavior of SaOS-2 cells cultured on different titanium surfaces. *J Dent Res* 2003;82:692-6.
9. Buser D, Mericske-Stern R, Bernard JP, et al. Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:161-72.
10. Takeshita F, Iyama S, Ayukawa Y, Akedo H, Suetsugu T. Study of bone formation around dense hydroxyapatite im-

- plants using light microscopy, image processing and confocal laser scanning microscopy. *Biomaterials* 1997;18:317-22.
11. Ishizawa H, Fujino M, Ogino M. Mechanical and histological investigation of hydrothermally treated and untreated anodic titanium oxide films containing Ca and P. *J Biomed Mater Res* 1995;29:1459-68.
12. Gotfredsen K, Wennerberg A, Johansson C, Skovgaard LT, Hjørting-Hansen E. Anchorage of TiO₂-blasted, HA-coated, and machined implants: an experimental study with rabbits. *J Biomed Mater Res* 1995;29:1223-31.
13. De Lange GL, De Putter C, De Wijs FL. Histological and ultrastructural appearance of the hydroxyapatite-bone interface. *J Biomed Mater Res* 1990;24:829-45.
14. Inoue T, Matsuzaka K, Yoshinari M, Abiko Y, Shimono M. Implant-bone tissue interface. *Bull Kanagawa Dent College* 1999;27:132-41.
15. Tamura M, Tanaka O, Maida T. A 5-year clinical study of hydroxyapatite (HA)-coated implants. *J Jpn Prosthodont Soc* 1997;41:620-8.
16. Kent JN, Block MS, Finger IM, Duerra L, Larsen H, Misiek DJ. Biointegrated hydroxyapatite-coated dental implants: 5-year clinical observations. *J Am Dent Assoc* 1990;121:138-44.
17. Mimura K, Watanabe K, Okawa S, Kobayashi M, Miyakawa O. Morphological and chemical characterizations of the interface of a hydroxyapatite-coated implant. *Dent Mater J* 2004;23:353-60.
18. Diniz MG, Soares GA, Coelho MJ, Fernandes MH. Surface topography modulates the osteogenesis in human bone marrow cell cultures grown on titanium samples prepared by a combination of mechanical and acid treatments. *J Mater Sci Mater Med* 2002;13:421-32.
19. Taborelli M, Jobin M, François P, et al. Influence of surface treatments developed for oral implants on the physical and biological properties of titanium. (I) Surface Characterization. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:208-16.
20. Takeuchi M, Abe Y, Yoshida Y, Nakayama Y, Okazaki M, Akagawa Y. Acid pretreatment of titanium implants. *Biomaterials* 2003;24:1821-7.
21. Jeong R, Marin C, Granato R, et al. Early bone healing around implant surfaces treated with variations in the resorbable blasting media method. A study in rabbits. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2010;15:119-25.
22. Cochran DL, Buser D, ten Bruggenkate CM, et al. The use of reduced healing times on ITI implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: early results from clinical trials on ITI SLA implants. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:144-53.
23. Buser D, Schenk RK, Steinemann S, Fiorellini JP, Fox CH, Stich H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1991;25:889-902.
24. Larsson C, Emanuelsson L, Thomsen P, et al. Bone response to surface modified titanium implants - studies on the tissue response after 1 year to machined and electro-polished implants with different oxide thicknesses. *J Mater Sci Mater Med* 1997;8:721-9.
25. Larsson C, Thomsen P, Aronsson BO, et al. Bone response to

- surface-modified titanium implants: studies on the early tissue response to machined and electropolished implants with different oxide thicknesses. *Biomaterials* 1996;17:605-16.
26. Buser D, Weber HP, Brägger U. The treatment of partially edentulous patients with ITI hollow-screw implants; presurgical evaluation and surgical procedures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:165-75.
 27. Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surfaces: Part 1--review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. *Int J Prosthodont* 2004;17:536-43.
 28. Wennerberg A, Ektessabi A, Albrektsson T, Johansson C, Andersson B. A 1-year follow-up of implants of differing surface roughness placed in rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:486-94.
 29. Abrahamsson I, Berglundh T, Linder E, Lang NP, Lindhe J. Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:381-92.
 30. Khang W, Feldman S, Hawley CE, Gunsolley J. A multi-center study comparing dual acid-etched and machined-surfaced implants in various bone qualities. *J Periodontol* 2001;72:1384-90.
 31. Gokcen-Rohlig B, Yaltirik M, Ozer S, Tuncer ED, Evlioglu G. Survival and success of ITI implants and prostheses: retrospective study of cases with 5-year follow-up. *Eur J Dent* 2009;3:42-9.
 32. Penarrocha M, Guarinos J, Sanchis JM, Balaguer J. A retrospective study (1994-1999) of 441 ITI[®] implants in 114 patients followed-up during an average of 2.3 years. *Med Oral* 2002;7:144-55.
 33. Berglundh T, Persson L, Klinge B. A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years. *J Clin Periodontol* 2002;29(Suppl 3):197-212; discussion 232-3.
 34. Renvert S, Lessem J, Lindahl C, Svensson M. Treatment of incipient peri-implant infections using topical minocycline microspheres versus topical chlorhexidine gel as an adjunct to mechanical debridement. *J Int Acad Periodontol* 2004;6(4 Suppl):154-9.
 35. Pikos MA. Maxillary sinus membrane repair: report of a technique for large perforations. *Implant Dent* 1999;8:29-34.
 36. Doud Galli SK, Lebowitz RA, Giacchi RJ, Glickman R, Jacobs JB. Chronic sinusitis complicating sinus lift surgery. *Am J Rhinol* 2001;15:181-6.
 37. van den Bergh JP, ten Bruggenkate CM, Disch FJ, Tuinzing DB. Anatomical aspects of sinus floor elevations. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:256-65.
 38. Misch CM. The pharmacologic management of maxillary sinus elevation surgery. *J Oral Implantol* 1992;18:15-23.
 39. Chung DM, Oh TJ, Lee J, Misch CE, Wang HL. Factors affecting late implant bone loss: a retrospective analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:117-26.