

미니돼지에서 발치 후 즉시 임플란트 매식시 치경부 표면처리가 골재생에 미치는 효과

조진용¹ · 김영준¹ · 유민기¹ · 국민석¹ · 오희균² · 박홍주¹

¹전남대학교 치의학전문대학원 구강악안면외과, ²전남대학교 치의학전문대학원 2단계 BK21, 전남대학교 치의학 연구소

Abstract (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2008;34:285-292)

THE EFFECT OF SURFACE TREATMENT OF THE CERVICAL AREA OF IMPLANT ON BONE REGENERATION IN MINI-PIG

Jin-Yong Cho¹, Young-Jun Kim¹, Min-Gi Yu¹, Min-Suk Kook¹,
Hee-Kyun Oh², Hong-Ju Park¹

¹Department of Oral & Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Chonnam National University,

²2nd Stage of Brain Korea 21 for School of Dentistry, Dental Science Research Institute

Purpose: The present study was performed to evaluate the effect of surface treatment of the cervical area of implant on bone regeneration in fresh extraction socket following implant installation.

Materials and methods: The four minipigs, 18 months old and 30 kg weighted, were used. Four premolars of the left side of both the mandible and maxilla were extracted. ø3.3 mm and 11.5 mm long US II plus implants (Osstem Implant co., Korea) with resorbable blasting media (RBM) treated surface and US II implants (Osstem Implant co., Korea) with machined surface at the top and RBM surface at lower portion were installed in the socket. Stability of the implant was measured with Osstell™ (Model 6 Resonance Frequency Analyser: Integration Diagnostics Ltd., Sweden). After 2 months of healing, the procedures and measurement of implant stability were repeated in the right side by same method of left side. At four months after first experiment, the animals were sacrificed after measurement of stability of all implants, and biopsies were obtained.

Results: Well healed soft tissue and no mobility of the implants were observed in both groups. Histologically satisfactory osseointegration of implants was observed with RBM surface, and no foreign body reaction as well as inflammatory infiltration around implant were found. Furthermore, substantial bone formation and high degree of osseointegration were exhibited at the marginal defects around the cervical area of US II plus implants. However, healing of US II implants was characterized by the incomplete bone substitution and the presence of the connective tissue zone between the implant and newly formed bone.

The distance between the implant platform (P) and the most coronal level of bone-to-implant contact (B) after 2 months of healing was 2.66 ± 0.11 mm at US II implants group and 1.80 ± 0.13 mm at US II plus implant group. The P-B distance after 4 months of healing was 2.29 ± 0.13 mm at US II implants group and 1.25 ± 0.10 mm at US II plus implants group. The difference between both groups regarding the length of P-B distance was statistically significant ($p < 0.05$). Concerning the resonance frequency analysis (RFA) value, the stability of US II plus implants group showed relatively higher RFA value than US II implants group.

Conclusion: The current results suggest that implants with rough surface at the cervical area have an advantage in process of bone regeneration on defect around implant placed in a fresh extraction socket.

Key words: Immediate implantation, Surface treatment, Osseointegration

I. 서 론

1977년 Brånemark 등¹⁾이 골유착의 개념을 발표한 이후 치과용 임플란트는 신뢰할 수 있는 치료법으로 널리 사용되고 있다. 최근에는 치유기간을 단축시켜 환자의 만족도를 증가시키고 심미적, 보철적으로 바람직한 결과를 얻기 위해 발치 후 즉시 식립 임플란트의 수요가 증가하고 있다.

발치 후 즉시 식립 임플란트는 Schulte²⁾가 알루미늄옥사이드 재질인 Tübingen 임플란트를 사용하여 8년간의 성공사례를 발

박 홍 주

501-757 광주광역시 동구 학동 5번지
전남대학교 치의학전문대학원 구강악안면외과학교실

Hong-Ju Park

Dept. of OMFS, School of Dentistry, Chonnam National Univ.
5 Hak-dong, Dong-gu, Gwangju, 501-757, Korea
Tel: 82-62-220-5439 Fax: 82-62-220-5437

E-mail: omspark@chonnam.ac.kr

표하면서 그 성공가능성을 제시하였으며 Krump와 Barnett⁹⁾은 임상 실험결과 기존의 식립방법과 즉시 임플란트 매식술의 성공률의 차이가 크지 않음을 보고하였다.

발치 후 즉시 임플란트를 식립하는 술식의 가장 큰 장점은 치아 발거로부터 최종 보철물 장착까지의 치료기간을 크게 단축하는데 있다. 장기간의 무치악 상태를 방지하거나 기존의 불만족스러운 보철물을 계속 장착한다는 것은 환자에게 심리적 육체적으로 큰 고통이기 때문에 이러한 점에서 치료기간의 단축은 매우 큰 의의가 있다. 그 외에도 수술 횟수를 줄임으로써 환자에게 가해지는 스트레스를 감소시킬 수 있으며 발치와를 이용하기 때문에 임플란트의 위치를 적절히 설정할 수 있어 보철물 장착시 심미적, 기능적인 면에서 더 나은 결과를 얻을 수 있다. 또한 발치와의 치유에 따른 치조골의 소실을 줄일 수 있어 치조골의 높이와 폭경을 더 많이 유지하면서 임플란트를 식립할 수 있다⁴⁾.

임플란트 매식 후 치유형태 중 골유착이 가장 바람직한 치유형태로 인정되고 있다. Albrektsson 등⁵⁾은 골유착에 영향을 미치는 6가지 요인으로 임플란트 재료의 생체적합성, 디자인, 표면 특성, 환자의 골질 상태, 외과적 술식, 하중을 언급하였는데 이 중 표면 특성은 골유착에 영향을 주는 주된 요소이다. Brånemark이 개발한 초기 임플란트는 매끈한 표면을 기초로 하고 있으며, 오랜 기간 동안 임상 적용을 통하여 골유착성을 검증하였다. 그러나, 골유착을 보다 더 향상시키기 위해 표면 특성이 개선된 임플란트의 개발을 요구하게 되었고, 임플란트의 표면거칠기와 골결합에 대한 관계를 규명하기 위하여 많은 연구들이 진행되었다^{6,8)}. 이 연구들을 통해 임플란트의 표면거칠기가 증가 할수록 인접한 골에 대한 임플란트 표면적의 증가, 임플란트 표면에 대한 세포부착의 증가, 임플란트 표면에 존재하는 골량의 증가, 임플란트와 주변골의 기계생물학적 반응의 증가와 같은 연구결과가 밝혀짐으로써 표면거칠기를 증가시키기 위한 다양한 표면 처리 기술들이 개발되었다⁹⁾.

임플란트 표면처리는 물질을 표면에 첨가(addition)하거나 아니면 표면을 삭제(substraction)하는 방식으로 나눌 수 있다. 표면 첨가 방법으로 티타늄 플라즈마 분사법(titanium plasma spray, TPS), 수산화인회석 플라즈마 분사법(Hydroxyapatite coating) 등이 있고, 표면 삭제 방법으로는 미세입자 블라스팅(blasting), 산부식처리(acid etching) 등이 있으며, 최근의 방법으로 산화처리법(oxidation)이 소개되고 있다. 이 중 미세입자 블라스팅 방법은 SiC, Al₂O₃, glass, TiO₂ 입자 등을 뿌려서 표면을 깎는 방식으로 블라스팅 조건에 따라 표면의 불규칙한 함몰 정도가 결정된다. 그러나 입자들이 표면에 잔류하여 오염을 야기할 수 있으므로 최근에는 흡수성 재료인 인화칼슘을 이용하여 표면에 잔류물을 남기지 않는 resorbable blasting media (RBM)가 도입되고 있다.

임플란트가 기능 후 1년간 제 1나사선까지 치경부에서 골흡수가 발생한다는 것은 잘 알려진 사실이며, 이 때 거친 RBM 표면이 치은 외부로 노출되었을 경우 플라그 관리가 불리한 점을 보완하기 위해서 치경부는 매끈하고 그 하방은 거친 표면

을 갖는 hybrid surface가 사용되어져 왔다. Hybrid 디자인을 갖는 임플란트는 platform에서 하방으로 3 mm (two thread)까지 매끈한 표면으로 구성되어 플라그의 축적을 막아 연조직에 유리하도록 하였고, 그 하방으로는 거친 표면으로 골과의 접촉면적의 증가와 더불어 양호한 골치유가 발생할 수 있게 제작되었다. 그러나 발치 직후에는 임플란트와 골 사이에 어느 정도 공간이 생기게 되며 이 부위의 골형성 여부가 임플란트 성패를 좌우하게 되므로, 치경부에서도 최대한 많은 양의 골형성이 일어나야한다. 또한 최근 임플란트 디자인이나 표면처리에 의한 골유착 개념의 변화로 치경부에서 골소실을 최소화 하는 방향으로 연구가 진행되고 있다. 이에 본 연구는 임플란트를 발치 후 즉시 식립 했을 때 치경부의 표면처리가 골결손부의 재생에 미치는 영향에 대해 연구하고자 시행되었다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에는 체중 30 kg 내외의 18개월 가량 된 미니돼지 4마리를 이용하였으며, 실험기간 동안 각각 다른 우리에서 동일한 조건하에 사육하였다. 임플란트는 resorbable blasting media (RBM)로 표면처리한 직경 3.3 mm, 길이 11.5 mm의 US II 임플란트(Osstem Co., Korea)와 US II Plus 임플란트(Osstem Co., Korea)를 사용하였다. US II 임플란트는 platform에서 하방 3 mm (two thread)까지는 매끈한 표면이며 그 하방으로는 RBM 처리된 거친 표면으로 구성된 hybrid implant이고, US II plus 임플란트는 platform에서 부터 최하방까지 RBM 처리된 거친 표면으로 구성되어 있다(Fig. 1).

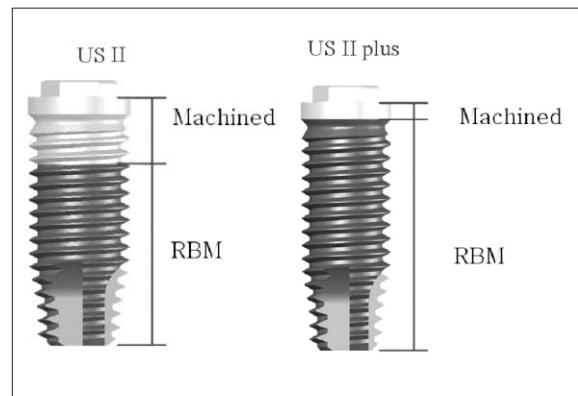


Fig. 1. Schematic drawing illustrating implants of US II and US II Plus. Machined surface has a roughness of 0.1~0.3 μm and resorbable blasting media (RBM) surface 1.2~1.8 μm

2. 실험방법

감염의 예방을 위해 수술 전후에 Epceline® (Dong-A Pharm, Korea, 40mg/kg body weight)을 정주하고 술후 3일간은 Clamox® (Sam Chun Dang Pharm, Korea, 250mg)를 경구투여 하였다. Rompun® (Bayer, Korea, 0.1mg/kg)과 Zoletil (Vibac Laboratories, France, 17mg/kg)을 정주하여 전신마취를 유도한 후 기관내삽관을 시행하고 1% Eufurane으로 전신마취를 유지하였다. 수술 후에는 연사료를 공급하였다. 수술부위에 국소마취제를 주입한 후 미니돼지의 좌측 상악과 하악의 제 1,2,3,4 소구치를 발거하였다. 2.0 mm twist drill까지 drilling 한 후, US II 임플란트와 US II plus 임플란트를 번갈아 가면서 임플란트의 platform이 발치와의 치조골정과 일치하도록 식립하였다. 상악과 하악의 발치와에 각각 4개씩 총 32개의 임플란트를 식립하였다(Fig. 2).

공명 진동수 분석 검사로서 Osstell™ (Model 6 Resonance Frequency Analyser: Integration Diagnostics Ltd., Sweden)을 이용하

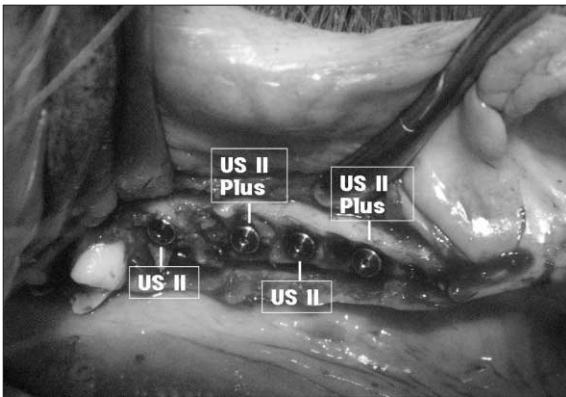


Fig. 2. Clinical photograph illustrating the recipient site after extraction and implant installation.



Fig. 3. Clinical photograph illustrating the primary stability measured by Osstell™.

여 식립 직후의 일차 안정성을 측정하고 Vicryl® 3-0 (Ethicon GmbH, Norderstedt, Germany)을 이용하여 봉합하였다(Fig. 3). 2개월의 치유기간을 가진 후 좌측에 식립한 임플란트의 안정성을 측정하였다. 이 때 미니돼지의 우측 상악과 하악에 좌측과 동일한 방법으로 임플란트 32개를 식립하고 일차 안정성을 측정하였다. 실험 시작 4개월 후에 모든 임플란트의 안정성을 측정하고 미니돼지를 희생하여 조직학적 검사를 시행하였다.

3. 조직학적 검사

조직학적 검사를 위해 각 시편을 Schaffer's solution (2/3 of 96% ethanol + 1/3 of 37% formaldehyde)에 고정후 탈회를 거치지 않고, 일련의 탈수과정을 거친 다음 methylmethacrylate에 포매 및 경화시켰다. 각 임플란트가 매식된 골 시편에서 diamond saw를 이용하여 임플란트의 가장 두꺼운 부분에서 장축방향으로 300 μm의 두께로 2개 또는 3개의 표본을 절단한 다음 grinder-polisher (Metaserv, Buehler, USA) 연마기를 이용하여 50 μm 두께의 표본이 될 때까지 grinding하였다. 조직학적인 관찰을 위해 시편을 H&E 염색 후 광학현미경을 이용하였으며, 임플란트 주변의 골유착 정도와 치유 양상을 관찰하였다.

4. 조직형태계측학적 분석

각 시편에서 치경부의 골유착에 대한 평가를 위해 조직형태계측학적 평가를 시행하였다. 시편 제작시 임플란트 주위의 골이 일부 소실된 부위는 제외하였다. 각 시편에서 임플란트 나사부위를 40배 확대하여 digital image로 저장한 다음 임플란트 platform과 골-임플란트 접촉점의 최상방점 사이의 거리를 측정하였다(Fig. 4).

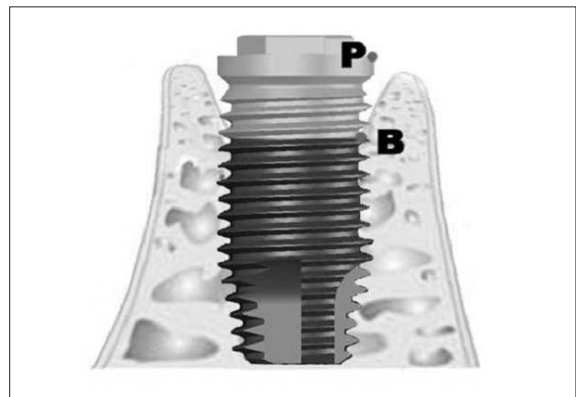


Fig. 4. Schematic drawing illustrating the landmarks used for the clinical measurements. P, platform of implant; B, most coronal level of contact between bone and implant.

5. 통계학적 분석

모든 측정치들의 정규성 검정을 시행하였다. 각 군간의 공명 진동수 분석값에 대하여 평균비교를 위해 대응표본 T 검정을 시행하였다. 각각의 통계적 분석은 Windows용 SPSS V12.0을 이용하였으며, 95% 신뢰수준으로 통계처리하였다.

III. 실험 결과

1. 육안적 소견

임프란트가 매식된 부위는 육안적으로 상처의 열개나 감염 및 골절 등의 소견 없이 잘 치유되어 있었다. 임프란트도 모두 외부로 노출되거나 특이한 염증 소견 없이 골내에서 잘 치유된 소견을 보였다(Fig. 5).



Fig. 5. Clinical photograph illustrating the healing state.

2. 조직학적 소견

두 그룹 모두 임프란트의 치근단 부위에서 임프란트 나사면에 층판골 유형의 성숙한 골로 잘 채워져 있었고 양호한 골유착 상태를 보였다. US II plus 임프란트군에서는 임프란트 치경부에서 풍부한 신생골 형성과 골유착을 관찰할 수 있었다(Fig. 6a). 그러나 US II 임프란트군에서는 상응하는 부위에 형성된 신생골과 임프란트 사이에 결합조직이 존재하고 있었다(Fig. 6b).

3. 조직형태계측학적 평가

임프란트 매식 후 2개월의 치유기간을 갖은 우측 상악과 하악의 임프란트에서 임프란트 platform(P)과 골-임프란트 접촉점의 최상방점(B) 사이의 거리를 측정한 결과, US II 임프란트군에서 2.66 ± 0.11 mm (range from 1.12 to 3.74 mm), US II plus 임프란트군에서 1.80 ± 0.13 mm (range from 0.78 to 4.06 mm)로 US II plus 임프란트군에서 더 평균적으로 짧은 거리를 나타내었으며 두 그룹 사이에 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$)(Table 1, Fig. 7). 4개월의 치유기간을 갖은 좌측 상악과 하악의 임프란트에서 P-B 사이의 거리를 측정한 결과, US II 임프란트군에서 2.29 ± 0.13 mm (range from 0.99 to 3.75 mm), US II plus 임프란트군에서 1.25 ± 0.10 mm (range from 0.39 to 2.64 mm)로 US II plus 임프란트군에서 평균적으로 더 짧은 거리를 나타내었으며 두 그룹 사이에 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$)(Table 1, Fig. 7). 두 그룹 모두에서 시간이 지날수록 P-B 사이의 거리는 감소하였다.

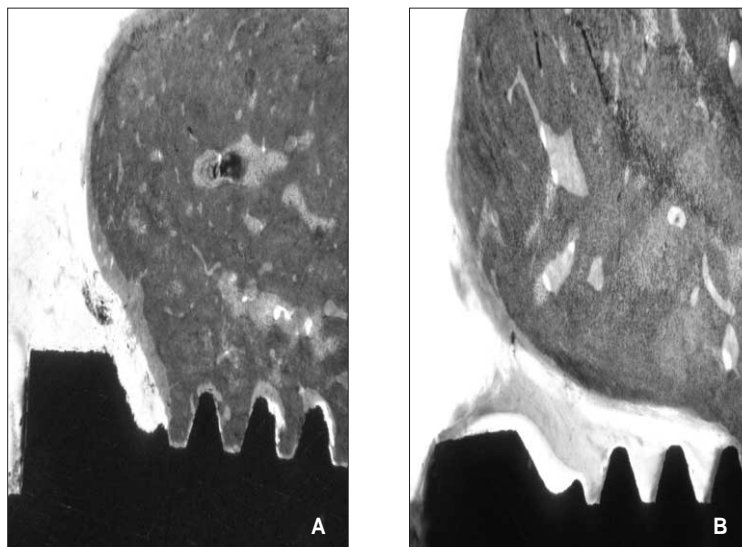


Fig. 6. The ground sections illustrate the result of healing. A, The defect adjacent to coronal portion of US II plus implants is filled with newly formed bone. B, The defect adjacent to coronal portion of US II implants is separated from the implant surface by a connective tissue.

Table 1. The mean distance between implant platform (P) and the most coronal level of bone-to-implant contact (B)

	after 2 months	after 4 months
US II implants group	2.66 (0.11)	2.29 (0.13)
US II plus implants group	1.80 (0.13)	1.25 (0.10)

(standard deviation)

* $p < 0.05$

Table 2. RFA for US II and US II plus after implantation, 2 months, and 4 months

	after implantation	after 2 months	after 4 months
US II implants group	64.89 (7.72)	69.98 (4.18)	69.92 (3.70)
US II plus implants group	67.92 (6.55)	74.46 (3.72)	73.44 (5.12)

Mean implant stability quotient (ISQ) values (standard deviation)

* $p < 0.05$

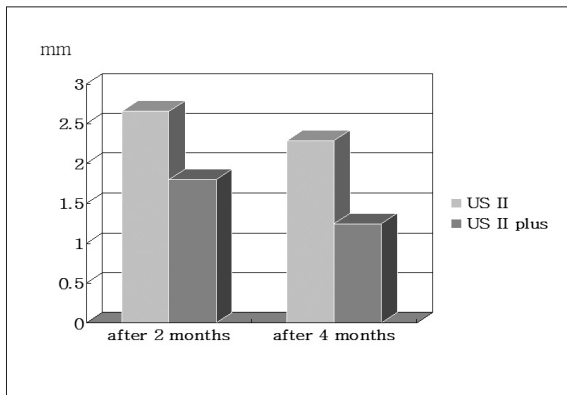


Fig. 7. The mean distance between implant platform (P) and the most coronal level of bone-to-implant contact (B).

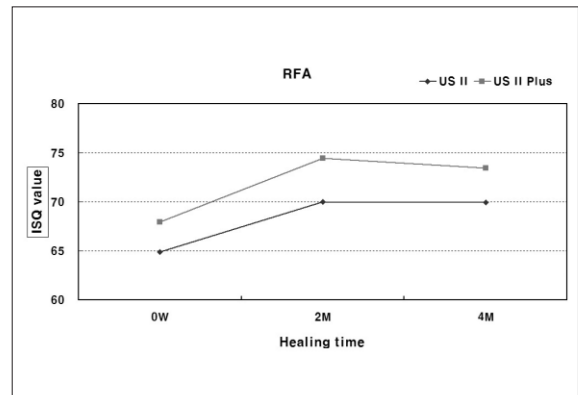


Fig. 8. Mean values of implant stability measured by Osstell™.

4. 공명 진동수 분석기(Osstell™)을 이용하여 측정된 임플란트 안정성

미니돼지의 소구치를 발거하고 임플란트를 식립한 후 4개월까지 2개월 간격으로 공명 진동수 분석값(Resonance Frequency Analysis, RFA)을 측정한 결과 관찰기간 내내 US II plus 임플란트군이 US II 임플란트군 보다 높은 값을 나타냈으며, 임플란트 식립 직후와 식립 2개월 후에는 두 그룹 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 두 그룹 모두 식립 2개월 후에는 공명 진동수 분석값이 높아지는 경향을 보였으나 식립 4개월 후에는 거의 변화를 보이지 않았다(Table 2, Fig. 8).

IV. 고 찰

임플란트 주변의 골재생은 다양한 임플란트 표면과 관련이 있다. Wennerberg 등¹¹⁾은 적절한 거친 표면을 가진 임플란트가 비틀림제거력(removal torque value), 골접촉률 등에서 매끈한 표면보다 우수하다고 하였다. 이러한 표면의 거칠기는 표면 삭제방법(sandblasting, acid etching), 또는 첨가방법(titanium plasma spraying, Hydroxyapatite coating)을 통해 얻을 수 있다. 그 중 aluminium oxide(Al₂O₃)로 blasting 하는 경우 알루미늄 이온이 임플란트의 표면에 남아서 정상적인 치유를 방해할 수 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 최근에는 Hydroxyapatite (HA) 입자를 사용해서 sandblasting하는 기술이 적용되어 왔으며 이는 HA 입

자가 표면에 남아있더라도 HA가 생체 적합성이 뛰어나고 골 재생능력이 있어서 문제를 일으키지 않기 때문이다¹¹⁻¹³. 본 연구에서 사용된 US II 임프란트는 임프란트 platform 하방 3 mm는 매끈한 표면을, 그 하방으로는 HA 입자를 이용하여 RBM 처리된 거친표면을 가지며, US II plus 임프란트는 모든 나사면이 RBM 처리된 표면을 갖는다. 본 연구 결과 RBM 처리된 부위에서 특이한 염증 소견은 관찰되지 않았으며 임프란트 나사면에 증판골 유형의 성숙한 골로 잘 채워져 있었고 양호한 골 유착 상태를 보였다.

즉시 식립 임프란트는 골과 임프란트 사이에 빈 공간이 존재하여 이 공간으로 연조직이 투입되어 골유착을 방해할 수 있으므로 이 공간에서 신생골의 형성여부는 임프란트 성패를 좌우할 수 있다. Stentz 등¹⁴은 5 mm 깊이와 3 mm 너비의 틈을 인위적으로 형성하여 HA coated surface 임프란트와 매끈한 표면의 임프란트를 식립한 후 냉동-건조 탈회골(freeze-dried and demineralized bone)과 비흡수성막을 사용하여 골 결손부를 수복하고 골 형성 양상을 비교하였다. 4개월의 치유기간 후에 매끈한 표면을 가진 임프란트 주위의 골 결손부는 최소한의 신생골 형성과 골 유착이 일어난 반면, HA coated surface 임프란트 주위에서는 상대적으로 많은 양의 신생골이 골 결손부를 채우고 있었다. Davies¹⁵는 거친 표면을 가진 임프란트는 초기 치유기간동안 임프란트 표면과 혈병사이의 접촉을 유지시켜 치유에 이상적인 환경을 제공한다고 주장하였다. 이것은 거친 표면의 임프란트가 매끈한 표면의 임프란트와는 대조적으로 골 모세포의 부착과 증식을 자극한 결과이다. Berglundh 등¹⁶은 sandblasted, large grit, acid etched (SLA) 표면과 타이타늄 표면에서 일어나는 골의 흡수와 침착은 비슷하지만 골유착의 정도와 비율은 SLA 표면에서 더 우수하다고 발표하였다. 임프란트 표면적의 증가는 생역학적으로 골-임프란트 결합을 향상시키는 것으로 보이며, 불규칙적인 임프란트의 표면은 임프란트와 인접한 골세포에 영향을 주어서 증식과 분화를 증가시킬 수 있고 osteocalcin과 같은 골성장에 관련된 요인들도 거친 표면에서 더 증가된다^{17,18}.

본 연구에서는 미니돼지의 소구치를 발치하고 치경부의 표면처리가 서로 다른 두 종류의 임프란트를 즉시 식립하여 자연적으로 형성된 임프란트와 골 사이의 결손부가 치유되는 양상을 비교하였다. US II 임프란트군은 결손부에서 풍부한 신생골의 형성과 골유착이 관찰되었으나, 대부분의 US II plus 임프란트군은 임프란트 상방의 매끈한 표면과 골조직사이에 결합조직이 존재하는 형태로 치유되었다. 또한, 본 연구에서 측정된 P-B 사이의 평균 거리는 2개월의 치유기간 후, US II 임프란트군에서 2.66 ± 0.11 mm, US II plus 임프란트군에서 1.80 ± 0.13 mm로 US II plus 임프란트 군에서 더 많은 골유착이 관찰되었다. 4개월의 치유기간 후, 좌측 상악과 하악의 임프란트에서 P-B 사이의 거리는 US II 임프란트군에서 2.29 ± 0.13 mm, US II plus 임프란트군에서 1.25 ± 0.10 mm로 US II plus 임프란트 군에서 더 많은 골유착이 관찰되었다. 이상의 결과는 기존

에 보고된 Botticelli 등¹⁹의 실험 결과와 유사하다. Botticelli 등¹⁹은 6마리의 개를 사용하여 임프란트와 주변골 사이에 1~1.25 mm 크기의 인위적인 결손부를 형성하고 SLA 표면의 임프란트와 매끈한 표면의 임프란트를 식립하였다. 4개월의 치유기간 후 임프란트의 변연과 골-임프란트 접촉점의 최상방점간의 거리를 측정한 결과 SLA 표면의 임프란트는 0.84 ± 0.37 mm, 매끈한 표면의 임프란트는 3.39 ± 0.52 mm를 나타내었다. 본 연구에서 측정된 P-B 사이의 거리는 RBM 처리되지 않은 0.75 mm의 platform의 높이까지 계산되어 US II plus 임프란트군의 결과가 Botticelli의 SLA 표면의 임프란트의 결과보다 더 높은 수치를 나타낸 반면 US II 임프란트는 하방에 RBM 처리되어 있는 hybrid 구조를 가지고 있어 Botticelli의 매끈한 표면의 임프란트보다 더 낮은 수치를 나타낸 것으로 사료된다.

발치 후에 치조골에서는 많은 변화가 일어나며, 대부분의 재형성(remodeling)은 초기 3개월의 치유기간 동안 일어난다²⁰. Araujo와 Lindhe²¹는 발치와벽의 remodeling을 포함한 발치창의 치유를 관찰한 결과 bundle bone이 발치와의 내부와 치조골 변연의 상당부분을 차지하고 있으므로, bundle bone의 흡수와 새로운 골로의 교체가 치조골정의 수직적 흡수를 야기한다고 주장하였다. 또한 치조골의 외면에서는 임프란트 식립시 피관을 거상하므로 골막이 분리되어 치조골 외면의 흡수가 일어나므로 치조골정의 수직적 흡수는 더욱 가속화된다. Araujo 등²²은 5마리의 비글견에 임프란트를 발치 후 즉시 식립하고 3개월 경과하여 관찰하였을 때 상당한 협축 골흡수가 일어난다고 하였다. 본 연구에서도 일부 임프란트에서 설축 또는 협축의 더 많은 쪽 골이 흡수되는 소견을 보였다. 또한 본 연구에서 두 그룹 모두에서 4개월의 치유기간을 가진 임프란트가 2개월의 치유기간을 가진 것보다 더 많은 골 형성을 보였다. 이는 발치 후 치조골의 변화가 2개월 이상 지속되는 것을 시사하며 Schropp 등²⁰의 주장과 일치한다.

임프란트는 디자인 및 매식될 부위의 골질에 따라 다양한 안정성을 보이는데, 이러한 다른 정도의 안정성에 의해 미래의 임상적 성과가 좌우된다²³. 공명 진동수 분석(RFA)은 임상적으로 임프란트의 안정성과 골유착을 측정할 수 있는 방법이며 비파괴적으로 반복측정이 가능하므로 하중이 가해지는 동안 임프란트 안정성의 변화도 기록할 수 있다. 임상적으로 공명 진동수 분석값은 골치유동안 임프란트 안정성의 변화와 상관관계를 나타낸다^{24,25}. 또한, Rasmusson 등²⁶은 조직형태측학적 연구결과 공명 진동수 분석값이 골-임프란트 접촉의 위치와 관련이 있음을 증명하였다. 이러한 연구 결과들은 임프란트 식립 후 골치유와 골유착에서의 변화를 평가하는데 공명 진동수 분석값의 사용을 지지해준다. Meredith 등²⁴은 20명의 환자에서 임프란트 식립에서부터 기능 후 6개월 까지 상악과 하악 임프란트에서 안정성을 비교하였다. 초기 안정성은 하악에서 implant stability quotient (ISQ) 66, 상악에서 ISQ 58로 측정되었다. 그러나 상악에 식립된 임프란트는 ISQ 61까지 꾸준히 증가한 반면 하악에 식립된 임프란트는 식립시기부터 abutment 연결

시점인 3개월에서 5개월 후 또는 로딩 6개월이 지난 후에도 변화를 보이지 않았다. 본 연구에서는 US II 임플란트군에서 식립시 ISQ 64.89 ± 7.72 를, US II plus 임플란트군에서 ISQ 67.92 ± 6.55 로 충분히 높은 초기 안정성을 보였으며, 식립 2개월 후에는 US II 임플란트군에서 69.98 ± 4.18 를, US II plus 임플란트군에서 74.46 ± 3.72 로 증가하는 경향이 있었으나 식립 4개월 후에는 거의 변화가 없었다. 이는 이미 높은 초기 안정성을 가지고 있는 임플란트는 치유기간을 통해 이차적 안정성이 더 높아지지는 않음을 시사한다.

임플란트와 골 사이의 결손부가 치유되는 기전에 중요한 역할을 하는 다른 하나는 결손부의 수평적 거리이다. Wilson 등²⁷⁾은 titanium-plasma-sprayed implant를 식립했을 때, 임플란트 표면과 발치와벽 사이의 거리가 2 mm 를 초과하는 경우 이상적인 골유착이 일어나지 않는다고 발표하였다. 본 연구에서는 발치와와 임플란트 사이에 형성된 수평적 골결손 정도는 고려하지 않았으며, 이는 실험 결과에 어느 정도 영향을 끼쳤으리라 생각된다.

향후 임플란트와 발치와벽 사이의 수평적 결손 거리가 발치 후 즉시 식립 임플란트의 골유착에 미치는 영향과 즉시 식립 임플란트에 하중이 가해진 후 골흡수에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

임플란트 치경부의 표면처리가 골치유에 미치는 영향을 알아보기 위해 미니돼지의 발치와에 임플란트를 즉시 식립한 후 조직학적 관찰, 조직형태측분석 및 공명 진동수 분석을 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 미니돼지의 발치와에 임플란트를 즉시 식립하고 2개월과 4개월 후 조직학적인 관찰을 시행한 결과 임플란트의 기저에서 상부에 이르기까지 비교적 고른 골접촉을 하고 있었으며 이물반응이나 염증세포의 침윤은 관찰되지 않았다.
2. 2개월의 치유기간 후 우측의 상악과 하악의 임플란트에서 P-B 사이의 거리는 US II 임플란트군에서 2.66 ± 0.11 mm, US II plus 임플란트군에서 1.80 ± 0.13 mm로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).
3. 4개월의 치유기간 후 좌측 상악과 하악의 임플란트에서 P-B 사이의 거리는 US II 임플란트군에서 2.29 ± 0.13 mm, US II plus 임플란트군에서 1.25 ± 0.10 mm로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).
4. 공명 진동수 분석값을 측정된 결과 관찰기간 내내 US II plus 임플란트군이 US II 임플란트군보다 높은 값을 나타냈으며, 임플란트 식립 직후와 식립 2개월 후에는 두 그룹 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

이상의 결과들은 치경부까지 RBM 처리된 임플란트가 발치 후 즉시 식립시 형성된 골 결손부의 재생에 더 유리함을 시사한다.

참고문헌

1. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom U, Hellen O, Oman A: Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1977;16:1-132.
2. Schulte W: The intraosseous Al₂O₃(Frialit®) Tübingen implant. Developmental status after 8 years. *J Quintessence Int* 1984;15:9-26.
3. Krump JL, Barnett BG: The immediate implant: a treatment alternative. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:19-23.
4. Schwartz-Arad D, Chaushu G: The ways and wherefores of immediate placement of implants into fresh extraction sites: a literature review. *J Periodontol* 1997;68:915-923.
5. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindstrom J: Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981;52:155-170.
6. Cooper LF: A role of surface topography in creating and maintaining bone at titanium endosseous implants. *J Prosth Dent* 2000;84:522-534.
7. Gottlander M, Albrektsson T: Histomorphometric studies of hydroxyapatite-coated and uncoated CP titanium threaded implants in bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:399-404.
8. 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 Implant* 1997;12:486-494.
9. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J: Resolution of bone defects of varying dimension and configuration in the marginal portion of the peri-implant bone. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2004;31:309-31.
10. 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 of Oral Maxillofac Implants* 1999;14:351-360.
11. Wennerberg A, Albrektsson T, Andersson B, Krol J: A histomorphometric and removal torque study of screw-shaped titanium. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:24-30.
12. Cochran DL, Schenk RK, Lussi A, Higginbottom FL, Buser D: Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: A Histomorphometric study in canine mandible. *J Biomed Mater Res* 1998;40:1-11.
13. Denissen HW, Kalk W, Nieuport HM, Maltha JC, Hoofe A: Mandibular bone response to plasma-sprayed coatings of hydroxyapatite. *Int J Prosthodont* 1990;3:53-58.
14. Stentz WC, Mealey BL, Gunsolley JC, Waldrop TC: Effects of guided bone regeneration around commercially pure titanium and hydroxyapatite-coated dental implants. II. Histologic analysis. *J Periodontol* 1997;68:933-949.
15. Davies JE: Mechanisms of endosseous integration. *Int J Prosthodont* 1998;11:391-401.
16. Berglundh T, Lindhe J, Jonsson K, Ericsson I: The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissues in the dog. *J Clin Periodontol* 1994;21:129-193.
17. 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;15:381-392.
18. Marinho VC, Celletti R, Bracchetti G: Sandblasted and Acid-etched Dental Implants: A histologic study in Rats. *Int J Oral Maxillofac Implant* 2003;18:75-81.
19. Botticelli D, Berglundh T, Persson LG, Lindhe J: Bone regeneration at implants with turned or rough surfaces in self-contained defects. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:448-455.

20. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T: Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:313-323.
21. Araujo MG, Lindhe J: Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212-218.
22. Araujo MG, Sukekava F, Wennstrom JL, Lindhe J: Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005; 32:645-652.
23. Sennerby L, Roos J: Surgical determinants of clinical success of osseointegrated oral implants: a review of the literature. *Int J Prosthodont* 1998;11:408-20.
24. Meredith N: Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont* 1998;11:491-501.
25. Barewall RM, Oates TW, Meredith N, Cochran DL: Resonance frequency measurement of implant stability *in vivo* on implants with a sandblasted and acid-etched surface. *Int J Oral Maxillofac implants* 2003;18:641-651.
26. Rasmusson L, Meredith N, Cho IH, Sennerby L: The influence of simultaneous versus delayed placement on the stability of titanium implants in onlay bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;28:224-231.
27. Wilson T Jr, Schenk R, Buser D, Cochran D: Implants placed in immediate extraction sites: A report of histologic and histometric analysis of human biopsies. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:333-341.