

성견 경골에서 표면처리방법이 다른 4종의 임플란트 골유착에 관한 비교연구

홍후석 · 김태희 · 류승희 · 국민석 · 박홍주 · 오희균
전남대학교 치과대학 구강악안면외과학교실, 치의학연구소

Abstract (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2005;31:46-54)

COMPARATIVE STUDY OF OSSEOINTEGRATION OF 4 DIFFERENT SURFACED IMPLANTS IN THE TIBIA OF DOGS

Who-Suk Hong, Tae-Hee Kim, Seong-Hee Ryu, Min-Suk Kook,
Hong-Ju Park, Hee-Kyun Oh

*Department of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Dental Science Research Institute,
Chonnam National University*

Purpose: This study was performed in order to compare the osseointegration of 4 different surfaced implants in the dog's tibia which has thick dense cortical bone and loose marrow space.

Materials & methods: Four mongrel dogs and four different surface types of implants, smooth surfaced AVANA implants, RBM surfaced AVANA implants, HA-coated Steri-Oss implants and SLA Bicon implants, were used in this study. The animals were divided into 4 groups on the basis of implant surface characteristics: Control group, RBM group, HA group, and SLA group. Three implants of each group were installed into the metaphysis of tibia of adult dogs. The animals were sacrificed at 8 weeks after implantation. The undecalcified specimens were prepared for histological examination and histomorphometric analysis of implant-bone contact ratios.

Results: Radiographically and histologically good osseointegration of implant was observed in the dense cortical bone, but poor osseointegration was observed in the marrow space. Histologically more bone apposition to implant surface was found in rough surfaced groups than the smooth surfaced, Control group. In histomorphometric findings of cortical bone the average bone-implant contact ratios of HA group (95.4%, $p<0.01$), RBM group (87.1%, $p<0.05$), and SLA group (86.0%, $p<0.05$) were significantly higher than that of Control group (75.9%). In marrow space the average bone-implant contact ratios of HA group (76.1%, $p<0.01$) and SLA group (45.4%, $p<0.05$) were significantly higher than that of Control group (29.6%). The ratio of RBM group was higher than that of Control group but there was no significantly difference between RBM group and Control group.

Conclusion: These results suggest that the rough surfaced implants can obtain the better osseointegration than the smooth surfaced implant in the cortical and marrow space and that HA-coated implants can obtain the best osseointegration in the marrow space among them.

Key words : Implant surface, Osseointegration, Poor quality bone

I. 서 론

골유착에 있어서 중요한 결정인자로 임플란트 표면의 형태가 보고되고 있다¹⁾. 선반가공하여 평활한 표면(smooth, machined surface)을 가진 Branemark 임플란트 등의 티타늄 임플란트는 가장 오래된 유형의 임플란트로서 우수한 생체적합성

과 조직 안정성을 가지고 있어 많이 사용되어 왔다²⁾. 그러나 평활한 표면을 가진 Branemark 임플란트를 골밀도가 낮은 type IV 골에 매식한 경우에 성공율이 55~85%로 낮은 것으로 보고되고 있다³⁾. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 임플란트의 초기 안정성과 골유착을 증가시키기 위해 임플란트 표면 구조를 개선하려는 여러 연구들이 시행되어 온바 근래에는 다양하게 표면처리된 임플란트 제품들이 개발되어 시판되고 있다. Predecki 등⁴⁾은 불규칙한 표면을 가진 임플란트에서 보다 빠른 골성장과 우수한 기계적 접착을 관찰할 수 있었다고 하였다. 특히, 골밀도가 낮은 골에서 성공율과 골-임플란트 접촉율(bone to implant contact, BIC)은 평활한 표면을 가진 임플란트보다 거친 표면을 가진 임플란트에서 더 높다고 하였다⁵⁾. 임플란트 표면을 거칠게 형성하는 방법은 수산화인회석 피복(hydrox-

오 희 균

501-757, 광주광역시 동구 학동 5번지
전남대학교 치과대학 구강악안면외과

Hee-Kyun Oh

Dept. of OMFS, College of Dentistry, Chonnam National Univ.
5 Hak-Dong, Dong-Ku, Gwangju, 501-757, Korea
Tel : 82-62-220-5439 Fax : 82-62-228-8712
E-mail : hkoh@chonnam.ac.kr

yapatite coated, HA)⁶⁷⁾, 산부식(acid etched)⁶⁸⁾, 입자분사(blasted)^{69,70)}, 입자분사후 산부식(sandblasted with larger-grit and acid etched: SLA)⁷¹⁾ 등이 사용되어 시판되고 있으나 이들 임프란트 종류들의 표면처리방법에 따른 골유착 효과와 성공율에 관해서는 다소 논란이 되고 있다.

임프란트 표면에 수산화인회석(hydroxyapatite, HA)층을 첨가함으로써 우수한 초기 치유를 관찰할 수 있었으나⁷²⁾, 다른 여러 연구자들은 HA 층의 표면 침식⁷³⁾ 및 HA가 임프란트 표면에서 탈락 및 흡수되어 높은 실패율과 임프란트 주위 골소실이 관찰되었다고 보고하였다⁷⁴⁾. Buser 등⁷⁵⁾은 다양한 임프란트 표면 상태, 즉 sandblasting, HA, TPS, acid-etching에 대하여 직접적인 골접촉율을 분석한 결과 산부식(HCl/H₂SO₄ acid-etching)과 sandblasting에 의해 표면 처리된 경우가 가장 우수한 골접촉율을 나타냈다고 하였다. 입자분사(blasting)방식은 Al₂O₃, TiO₂ 등의 입자를 분사하여 임프란트의 표면을 거칠게 하는 방법으로서, 분사하는 입자크기를 다르게 하여 표면 거칠기를 조절할 수 있는 장점이 있는 반면 분사된 입자가 임프란트 표면에 잔존하는 단점이 있다⁷⁶⁾. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 흡수되는 blasting media 즉 HA 입자를 사용한 방법이 RBM(resorbable blasted media)이다⁷⁷⁾. RBM은 180 × 425 μm 크기의 거친 수산화인회석 입자로 분사하여 임프란트 표면에 잔존하지 않고, 거친면을 형성한다⁷⁸⁾. 또한, sandblasting과 산처리를 함께 시행한(sandblasted larger-grit and acid etched: SLA) 임프란트가 Straumann Institute에 의해 제안되었는데, 이는 순수한 임프란트 표면에 큰 입자로 sandblasting하여 거친 표면을 형성한 후 acid etching을 시행한 것이다⁷⁹⁾. Buser 등⁸⁰⁾은 화학적 산처리만 시행한 임프란트에 비하여 SLA 처리한 임프란트가 모든 관찰기간을 통하여 제거 회전력(removal torque value: RTV)이 유의하게 높게 나타났으며, 다른 모든 형태의 임프란트에 비하여 더 빠른 골유착이 관찰된다고 보고하였다.

임프란트의 표면특성과 더불어 임프란트 매식부의 골질 또한 양호한 골유착을 얻기 위하여 매우 중요한 요인이다. Lekholm과 Zarb⁸¹⁾은 악골의 골질을 임상적으로 type I에서 type IV까지 4단계로 분류하였으며 이 분류법이 임상에서 골질을 분류하는데 많이 사용되고 있다. Type I 골은 대부분 두꺼운 치밀골로 구성되어 있으며, 반면에 type IV 골은 얇은 치밀골과 밀도가 낮은 소성(loose) 망상골로 대부분 이루어져 있다. Type II와 type III는 type I과 type IV 사이의 중간 형태의 골질을 가진 경우이다. 몇몇 학자들^{82,83)}은 임프란트 성공율과 골질과 주요한 상관관계가 있으며 소성 망상골로 주로 이루어진 type IV 골에 임프란트 매식시 실패율이 높다고 하였다.

현재 임상에서 많이 사용되고 있는 임프란트 표면처리방법은 평활한 선반가공된 임프란트와 HA 피복, RBM 및 SLA 처리된 임프란트 등이다. 이런 임프란트들에 대한 불량한 골질에서의 골유착에 관한 연구가 아직까지 많지 않은 실정이다. 그러므로 이런 골밀도가 낮은 소성 골수강을 가진 불량한 골질의 골에 임프란트를 매식시 임프란트의 표면처리방법에 따른 골유착 양상을 비교 평가해 보는 것이 임상자들에게 임프란트

선택에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구는 임프란트에 부하가 없는 치유조건하에서 현재 시판중인 표면처리방법이 각각 다른 4종류의 임프란트를 치밀한 피질골과 소성 골수강을 가진 불량한 골질을 가진 성견의 경골에 매식한 후 골유착 양상을 상호 비교 평가하고자 시행하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

실험동물로는 체중 20kg 내외의 성견 4마리를 선택하여 2주 동안 일정한 조건하에서 사육하여 사용하였다. 임프란트는 비교적 많이 사용되고 있는 시판중인 임프란트 중에서 표면처리방법이 각각 다른 4종의 임프란트를 선택하여 사용하였다. 즉, 선반가공하여 평활한 표면(machined smooth surface)을 갖는 AVANA 임프란트(AVANA®, Osstem Inc., Korea), 흡수성입자분사(resorbable blast media: RBM)방식의 표면을 가진 AVANA 임프란트(AVANA®, Osstem Inc., Korea), 수산화인회석(hydroxyapatite: HA)으로 피복(coated)된 표면을 가진 Steri-Oss 임프란트(Steri-Oss®, Nobel Biocare., Sweden) 및 입자분사 후 산부식(sandblasted larger-grit and acid etched implant: SLA) 처리된 표면을 가진 Bicon 임프란트(Bicon®, Bicon Inc., USA)를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 실험동물의 분류

실험군은 매식된 임프란트의 표면처리방법에 따라 4군으로 분류하였다. 즉, 선반가공하여 평활한 표면을 갖는 AVANA 임프란트를 매식한 것을 대조군(n=3), RBM 방법으로 표면처리한 AVANA 임프란트를 매식한 것을 RBM군(n=3), HA로 피복된 표면을 가진 Steri-Oss 임프란트를 매식한 것을 HA군(n=3), 그리고 SLA 방법으로 표면 처리된 Bicon 임프란트를 매식한 것을 SLA군(n=3)으로 각각 분류하였다. 각 군당 3개씩의 임프란트를 사용하여 총 12개의 임프란트를 매식하였다.

2) 임프란트의 매식

각 동물에서 기관 삽관에 의한 전신마취 유도 후 좌측 경골(tibia) 중앙부위(metaphysis)의 전방에 절개를 가하고 골막하 박리하여 경골을 노출하였다. 임의적으로 서로 종류가 다른 임프란트 3개를 선택하여 생리식염수의 점적 하에 각 임프란트 회사의 drilling protocol에 따라 1 cm 간격으로 임프란트를 매식하였다. 매식 후 3-0 Vicryl로 창상을 층별 봉합하였다. 수술 부위의 감염 예방을 위해 술 후 3일 동안 항생제(Peracillin®, 삼성 제약, 한국)를 근육주사하였다.

3) 실험동물의 희생과 임상적 및 방사선적 검사

술 후 8주째에 실험동물을 희생시킨 다음 임프란트의 노출, 감염 등의 이상 소견에 대한 임상적 검사를 시행한 후 임프란

트가 매식된 좌측 경골을 절단하여 채취한 후 임프란트의 위치와 장축을 확인하기 위하여 교합필름으로 방사선 사진을 촬영하였다. 경골 중앙부 전방에 절개를 가하여 골막하 박리하고 경골을 노출하였다. 노출된 경골에서 매식된 임프란트의 위치를 확인하고 각 시편에 1개의 임프란트가 포함되도록 임프란트와 주위 골조직을 종절단하였다. 종절단된 골시편의 임프란트 골유착 상태와 임프란트 위치를 확인하기 위하여 교합필름으로 각각의 골시편에 대한 방사선 사진을 다시 촬영하였다. 방사선 사진상에서 매식된 임프란트와 주위 골조직과의 골부착 상태를 검사한 다음 임프란트 매식 위치와 장축을 확인하였다.

4) 조직학적 검사

조직학적 검사를 위해 각 시편을 Schaffer's solution(2/3 of 96% ethanol + 1/3 of 37% formaldehyde)에 고정한 후 탈회를 거치지 않고, 일련의 탈수과정을 거친 다음 methylmethacrylate에 포매 및 경화시켰다. 각 임프란트가 매식된 골 시편에서 diamond saw를 이용하여 임프란트의 가장 두꺼운 부분에서 장축방향으로 300 μm의 두께로 2개의 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, 임프란트 주변의 골유착 정도를 관찰하였다.

5) 조직형태계측학적 분석

각 시편에 대한 조직형태계측학적 평가는 경골을 피질골과 골수강 두 부분으로 구분하여 시행하였다. 시편 제작시 임프란트 주위의 골이 일부 소실된 부위는 제외하였다. 각 시편에

서 임프란트 나사부위를 40배 확대하여 digital image로 저장한 다음 Scion image(Scion corp., USA)를 이용하여 임프란트와 골계면사이의 골접촉율에 대한 조직형태계측학적 분석을 시행하였다. 통계학적 검증은 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 평균을 비교하였다.

$$\text{골접촉율(\%)} = \frac{\text{골과 직접 접촉하는 나사산의 총길이}}{\text{나사산의 총길이}} \times 100$$

III. 결 과

1. 육안적 소견

임프란트가 매식된 부위는 8주 동안 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.

2. 방사선적 소견

경골의 피질골은 매우 두꺼운 방사선 불투과성 소견을 보였으며, 골수강은 매우 높은 방사선 투과상이 관찰되었다. 골수강 내부에서는 골소주의 형태는 관찰할 수 없었다. 모든 임프란트는 경골 내에 잘 위치되어 있었으며, 피질골의 두께에 따라 임프란트가 골수강 내로 노출된 정도는 다양하게 관찰되었다. 모든 군에서 두꺼운 피질골에서는 양호한 골유착 소견을 나타냈으나 골수강 내의 임프란트 주위에는 뚜렷한 골유착 소견이 관찰되지 않았다(Figs. 1A, 2A, 3A, 4A).

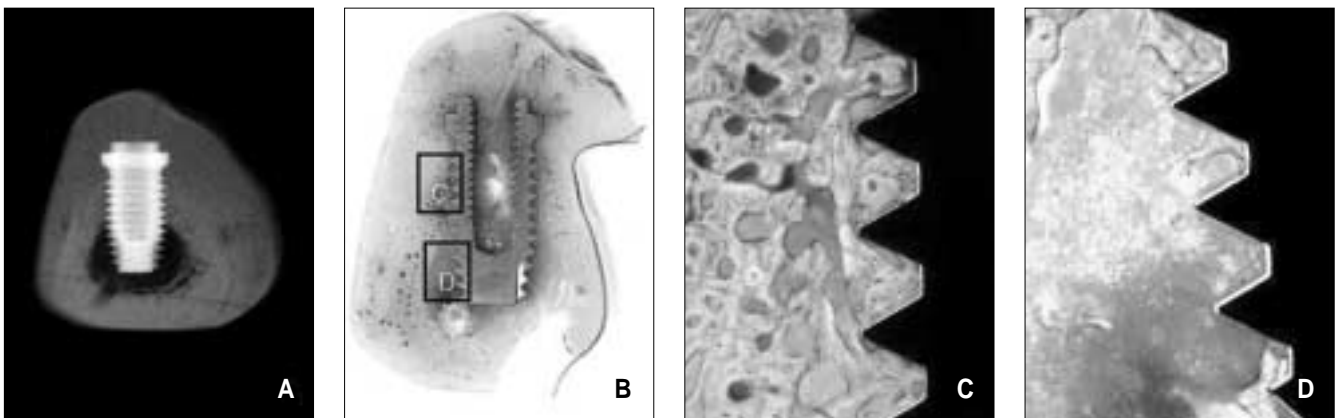


Fig. 1. Radiograph and photomicrographs of control group. A. The tibia has thick dense cortical bone and marrow space. B. The implant is placed in the cortical bone and marrow and no inflammation is observed (original magnification, ×1). C. The implant threads are filled with dense mature bone in the cortical bone (original magnification, ×40). D. The implant placed in the marrow space is shown rarely contact with bone (original magnification, ×40).

3. 조직학적 소견

1) 대조군

경골은 매우 치밀한 두꺼운 피질골과 골소주가 거의 없는 골수강으로 구성되어 있었으며, 피질골의 두께는 시편에 따라 약간의 차이가 있었다. 대조군의 임플란트 주위에는 염증세포나 섬유성 조직 침윤 등의 이상 소견은 보이지 않았다. 피질골 부위에서 비교적 양호한 골유착 소견을 보였으며 임플란트 주위의 골에서 임플란트 나사면으로 신생골이 형성되어 임플란트 표면에 부착하는 양상을 나타냈다. 골수강 내부로 돌출된 임플란트 표면에는 매우 얇은 신생골이 부착되어 있었고 골수강 부위에서 미세공극을 관찰할 수 있었으며, 특히 골수강 내로 노출된 임플란트 주변에는 해면골이 거의 관찰되지 않았다 (Figs. 1B, 1C, 1D).

2) RBM군

RBM 군에서 경골은 두꺼운 피질골과 골소주가 거의 없는 골수강으로 이루어져 대조군과 유사한 형태를 보이고 있었고, 염증이나 연조직 미입 등의 이상 소견은 나타나지 않았다. 피질골 부위에서 임플란트 나사면에 층판골 유형의 성숙한 신생골로 잘 채워져 있었고, 임플란트 표면을 따라 양호한 골유착 상태를 보였다. 임플란트가 골수강으로 노출된 부위에서는 골과의 계면에서 매우 성긴 골소주에 의해 접촉되어 있었고 일부에서는 골과 접촉하지 않는 상태였다(Figs. 2B, 2C, 2D).

3) HA군

HA 군에서 피질골 부위의 골과 임플란트 계면에서는 미세공극 없이 광범위한 골유착소견을 보였으며 주변의 피질골과 잘 연결되어 있었다. 임플란트가 골수강으로 노출된 부위에서

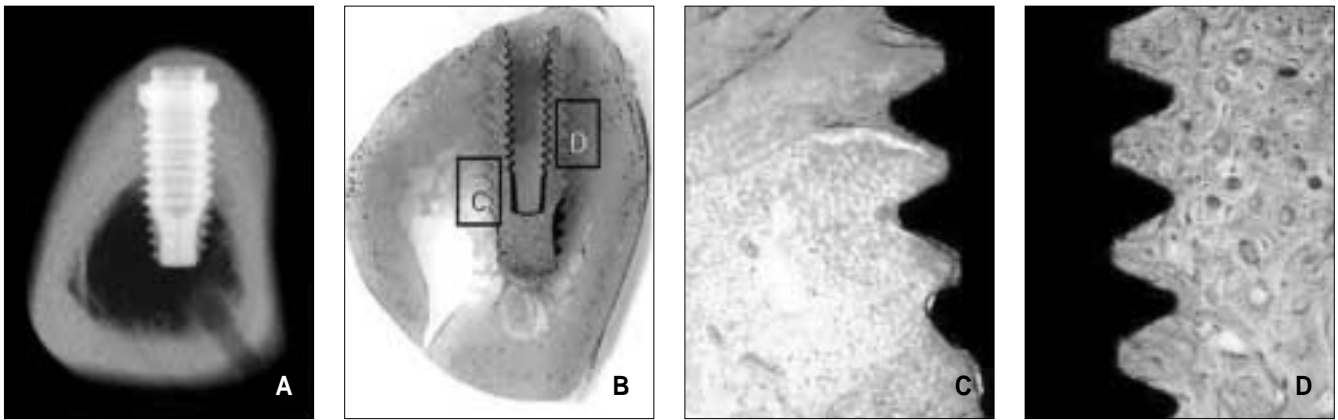


Fig. 2. Radiograph and photomicrographs of RBM group. A. Implant is placed in the cortical bone of the tibia. B. The two thirds of implant which is engaged in the cortical bone have good osseointegration and the one third of implant which is placed in the marrow space have poor osseointegration (original magnification, $\times 1$). C. The threads of the implant on the cortical bone are filled with dense cortical bone (original magnification, $\times 40$). D. Some cancellous bone is attached to the implant threads in the marrow space (original magnification, $\times 40$).

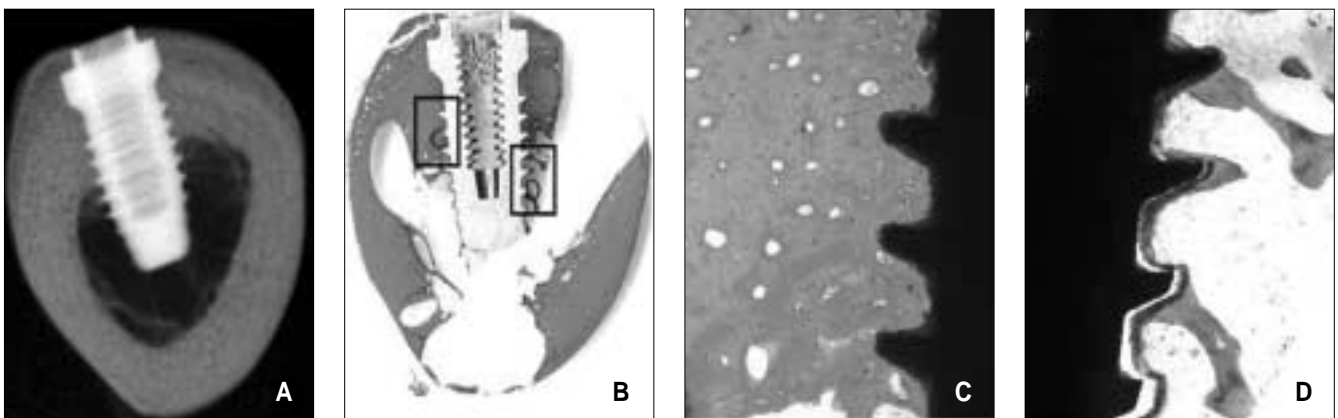


Fig. 3. Radiograph and photomicrographs of HA group. A. Some radiopaque line around implant is observed in the marrow space of tibia. B. Some trabeculae in the marrow space is observed (original magnification, $\times 1$). C. Some new bone is attached to the implant surface in the marrow space (original magnification, $\times 40$). D. The threads of implant in the cortical bone are filled with dense cortical bone (original magnification, $\times 40$).

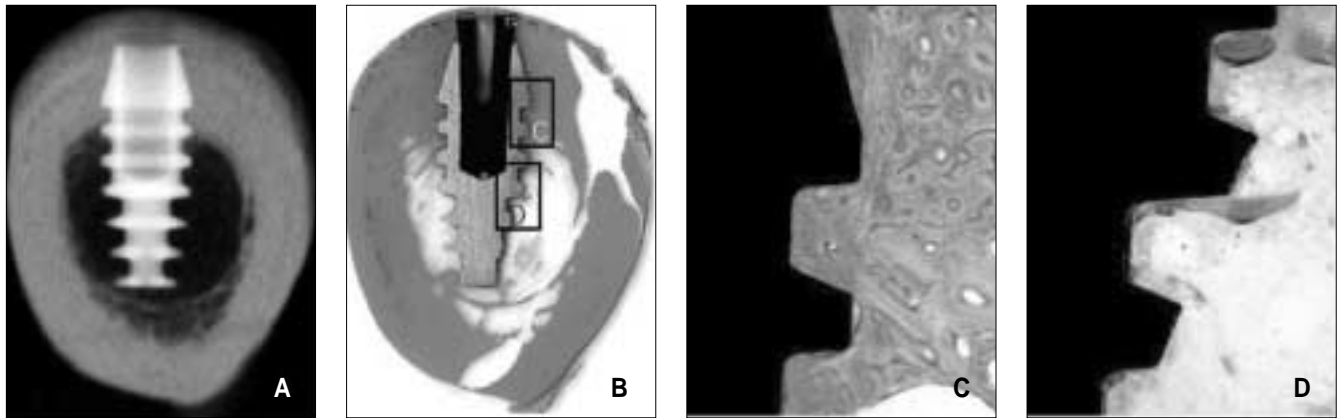


Fig. 4. Radiograph and photomicrographs of SLA group. A. Implant is placed in the tibia. B. Implant has intimate contact with cortical bone and poor contact with bone marrow (original magnification, $\times 1$). C. Small new bone is attached to the implant surface in the marrow space (original magnification, $\times 40$). D. The threads of implant on the cortical bone is filled with dense cortical bone (original magnification, $\times 40$).

Table 1. Bone-implant contact(BIC) ratio in the cortical bone regions.

Groups	N	Mean \pm SD
Control	16	75.9 \pm 11.9
RBM	10	* 87.1 \pm 5.3
HA	8	** 95.4 \pm 2.9
SLA	6	* 86.0 \pm 3.5

*, $p < 0.05$, **, $p < 0.01$
SD; standard deviation

는 골과 임플란트 계면을 따라 많은 부분에서 얇은 골의 이장이 관찰되었으며, 부분적으로 매우 성긴 골소주와 연결되어 있었다(Figs. 3B, 3C, 3D).

4) SLA군

SLA 군에서 피질골 부위의 골과 임플란트 계면에서는 성숙된 층판골로 양호한 골유착 소견을 보였다. 골수강으로 노출된 임플란트 계면에서는 부분적으로 얇은 골로 이장되어 있었으며 일부에서는 성긴 골소주와 연결되어 있었다(Figs. 4B, 4C, 4D).

4. 조직형태계측학적 평가

조직형태계측학적 평가 결과 피질골 부분에서 임플란트 표면에 대한 평균 골접촉율은 HA군(95.4% \pm 2.9)에서 가장 양호하였고, 그 외 RBM군(87.1% \pm 5.3), SLA군(86.0% \pm 3.5), 대조군(75.9% \pm 11.9) 순으로 나타났다. 통계학적으로 평균 골접촉율은 HA군이 다른 군들에 비해 높았으며($p < 0.01$), RBM군 및 SLA군은 대조군에 비해 높았다($p < 0.05$)(Table 1).

Table 2. Bone-implant contact(BIC) ratio in the marrow regions.

Groups	N	Mean \pm SD
Control	8	29.6 \pm 5.4
RBM	8	36.7 \pm 10.3
HA	6	** 76.1 \pm 15.0
SLA	8	* 45.1 \pm 15.0

*, $p < 0.05$, **, $p < 0.01$
SD; standard deviation

골수강 내에서 임플란트 표면에 대한 평균 골접촉율은 HA군(76.1% \pm 15.0)에서 가장 양호하였고, 그 외 SLA군(45.4% \pm 15.0), RBM군(36.7% \pm 10.3), 대조군(29.6% \pm 5.4) 순으로 나타났다. 통계학적으로 평균 골접촉율은 HA군이 다른 군들에 비해 높았으며($p < 0.01$), SLA군은 RBM군 및 대조군에 비해 높았다($p < 0.05$). RBM군은 대조군에 비해 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2).

IV. 고 찰

임플란트 식립시 임플란트 초기 안정성은 골유착을 이루기 위한 필수 조건이며, 이 안정성은 술자의 외과적 기술 이외에도 골질, 임플란트의 거시적, 미시적 형태, 표면 처리방법 등의 요소에 의해 좌우된다²¹⁾. 임플란트 매식을 위한 골질의 분류는 Lekholm과 Zarb¹⁹⁾ 및 Misch²²⁾에 의한 분류법이 있으며 임상에서 골질을 분류하는데 많이 사용하고 있는 Lekholm과 Zarb¹⁹⁾에 의한 분류법은 골질을 임상적으로 type I에서 type IV까지 4단계로 분류하고 있다. 또 임플란트 성공율과 골질은 밀접한 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다. Jaffin과 Berman²⁰⁾은 Branemark

임프란트를 type I - III 골에 매식시 97%의 성공율을 보인 반면에 type IV 골에 매식시 65%의 성공율을 보였으며 골질이 임프란트 실패의 가장 중요한 결정요소라고 하였다. Hutton 등²³⁾은 type I - III 골에서 91%의 성공율을 보인 반면에 type IV 골에서 55%의 성공율을 나타낸다고 하였다. Goodacre 등²³⁾과 Bryant²⁴⁾는 type IV 골에서 임프란트 실패율이 높으며 불량한 골량과 골질은 임프란트 안정성에 부정적인 영향을 미친다고 하였다. 이러한 연구들은 임프란트 성공에 있어서 골질의 중요성을 보여주는 결과라고 말할 수 있다. 또한 골질이 좋은 악골에 임프란트를 매식시 임프란트의 종류에 관계없이 높은 성공율을 얻을 수 있음을 시사한다.

하악골에서 임프란트를 매식에 골질이 불량한 골은 두꺼운 피질골과 밀도가 낮은 골수강을 갖는 망상골로 이루어진 골이다. 두꺼운 피질골은 혈액공급 상태가 좋지 않고 임프란트 매식을 위한 수용부 형성이 어렵고 과열에 골손상 위험이 있다. 또한 밀도가 낮은 골수강을 가진 골은 임프란트 골접촉 면적이 적고 임프란트 매식시 초기 안정성을 얻기가 어려워 임프란트의 실패율이 높은 문제가 있다²⁵⁾. 본 연구에서 골질이 불량한 하악골과 유사한 골로서 두껍고 치밀한 피질골과 성긴 골소주를 가진 경골을 선택하여 사용하였다.

본 연구에서 국내에서 많이 사용하고 있는 임프란트들 중에서 표면처리방법이 각각 다른 4종의 임프란트를 선택하였다. 즉, 선반가공하여 평활한 표면을 갖는 AVANA 임프란트, RBM 방식으로 표면처리된 AVANA 임프란트, HA로 피복된 표면을 가진 Steri-Oss 임프란트 및 SLA로 처리된 표면을 가진 Bicon 임프란트를 사용하였다. 이들 4종의 임프란트를 불량한 골질의 하악골과 유사한 형태를 가진 경골에 매식한 후 임프란트에 부하가 없는 치유조건 하에서 8주 경과 후 실험동물을 희생시키고 골유착 정도와 양상을 방사선적, 조직학적 및 조직형태 계측학으로 상호 비교 평가하였다. 임프란트 골유착은 연조직 개재 없이 임프란트와 골이 직접 접촉하여 구조적, 기능적 결합을 이루는 것으로서 임상적으로 거부반응 없이 기능을 수행하는 생물학적 개념으로 정의되고 있다¹⁵⁾. 골유착된 임프란트의 특징은 동요도를 보이지 않고 방사선 검사상 임프란트 주위에 방사선 투과상이 없으며 조직학적 검사상 골과 임프란트 표면 사이에 연조직이 개재 없이 직접 접촉하는 것이 특징이다¹⁷⁾. 그러나 이러한 골유착을 임상적으로 확인하기는 매우 어렵다. 임상에서 골유착을 평가하는 방법으로서 방사선학적 검사, tapping에 의한 sound test, Periotest에 의한 안정성 검사(stability test) 등이 있으며, 방사선 사진만으로는 임프란트와 골 계면에서 연조직의 개재 여부를 판단하기에는 쉽지 있고, 최근에 개발된 Periotest를 이용하여 진단시의 도움을 얻을 수는 있으나 이 검사 방법은 임프란트의 안정 또는 불안정 정도를 평가하는데 사용되는 것이 타당하다. 따라서 정확한 골유착은 동물실험이나 생검 등의 조직학적 검사에 의해 평가된다²⁵⁾. 본 연구에서 임프란트 표면처리 방법에 따른 골유착 양상을 평가하기 위해서 조직학적 검사 이외에 조직형태계측학적으로 평가함으로써 골유착 정도를 보다 객관화하였다.

현재 시판되고 있는 임프란트 중에는 몸체의 재질은 순수 티타늄이나 티타늄 합금이 주로 이용되며, 임프란트 표면은 선반가공된 평활한 표면과 거친 표면의 두 종류로 분류할 수 있다. Branemark 임프란트 등 1970년대부터 사용되고 있는 골유착 임프란트는 평활한 표면을 가지고 있으나 근래에 들어 골유착 정도를 증가시키기 위해 다양한 임프란트 표면처리방법들이 개발되어 거친 표면을 가진 임프란트들이 시판되고 있다. 거친 표면을 형성하기 위한 표면처리방법에 따라 티타늄 플라즈마 분사(titanium plasma spray, TPS)된 표면, 흡수성 입자를 분사한 표면⁹⁾, 비흡수성 수산화인회석으로 피복된 표면²⁶⁾, 입자분사 후 산부식된 표면¹¹⁾ 및 산부식 표면⁸⁾ 등의 다양한 방법들이 사용되고 있다²⁷⁾.

평활한 표면으로 선반가공된 임프란트는 티타늄 rod를 컴퓨터 milling machine으로 절삭하여 제작하는데²⁸⁾, Branemark의 MK III[®], IV[®] 시리즈가 있으며, 평균 거칠기는 0.53 - 0.96 μm 를 보이고, 장기적인 임상자료와 동물실험을 통한 결과 안정된 표면이라 할 수 있으나, 현재 임상에서는 잘 쓰이지 않게 된 표면처리방법 중 하나이다. Zechner 등²⁶⁾은 선반가공된 표면 임프란트(Branemark MK III[®], Nobel Biocare, Sweden)를 돼지 하악골에 식립하여 조직학적 및 조직형태계측학적으로 평가하였는데, 임프란트의 식립 3주후 조직학적 소견에서 위족(pseudopodial) 형태의 골-임프란트 접촉을 보였고, 6주후 소견에서는 신생골이 선반가공 표면에 근접하여 성장하였으나, 일부 손가락 모양의 접촉을 제외하고는 실제로 표면에 도달하지 못하는 미세 공극이 관찰되었다고 보고하였다. 조직형태계측학적 평가에서 식립 3주후에 13.0% (± 7.32), 식립 6주후에 17.6% (± 7.05)의 낮은 접촉율을 보고하였다. 본 연구에서는 대조군의 임프란트 주위에는 염증세포나 섬유성 조직 침윤 등의 이상 소견은 보이지 않았다. 피질골 부위에서 비교적 양호한 골유착 소견을 보였으며 임프란트 주위의 골에서 임프란트 나사면으로 신생골이 형성되어 임프란트 표면에 부착하는 양상을 나타냈다. 그리고 골수강 내부로 손가락 모양의 매우 얇은 신생골이 부착되어 있었으나 실제로 표면에 도달하지 못하는 미세 공극을 관찰할 수 있었고, 특히 골수강 내로 노출된 임프란트 주변에는 해면골이 거의 관찰되지 않았는데 이는 Zechner 등²⁶⁾의 연구결과와 일치한다. 조직형태계측학적 평가에서 식립 8주 후 골-임프란트 접촉율이 경골의 피질골에서 75.9% (± 11.9), 수질골에서 29.6% (± 5.4)의 접촉율을 보였다.

임프란트의 거친 표면은 골-임프란트 접촉율과 골유착 정도를 증가시키기 위해서 사용된다²⁹⁾. Buser 등¹⁵⁾은 임프란트 표면을 거칠게하여 표면적을 증가시킴으로서 골접촉율을 높일 수 있다고 하였으며, Bower 등²⁹⁾은 골유착 과정에서 골형성에 큰 역할을 하는 조골세포는 거친 티타늄 표면에 초기 부착을 하며 표면 거칠기는 조골세포의 성숙과 분화에도 영향을 미치는 반면, 섬유모세포는 거친 표면보다 평활한 표면에 잘 부착한다고 하였다. Piattelli 등⁹⁾은 골조직의 무기질 침착과 골세포 성숙의 지표인 alkaline phosphatase의 활동이 거친 표면에서 활발하다고 하였다. Winnerberg 등³⁰⁾은 거친 표면을 가진 임프란트

가 평활한 표면의 임프란트보다 골과 더 강하게 부착되어 골-임프란트 접촉율과 제거회전력이 더 크다고 하였다.

임프란트의 거친 표면을 만들기 위해 흡수성 입자분사방식을 이용한 임프란트에 관한 연구에서 Piattelli 등⁹⁾은 선반가공된 표면과 RBM 방식으로 처리한 임프란트(Restore[®], Lifecore Biomedical, USA)를 도끼 대퇴골에 식립한 후 8주제에 조직학적 및 조직형태측학적으로 비교한 결과 평활한 임프란트 표면에 비해 RBM 방식으로 표면처리한 표면에 더 많은 골아세포와 성숙한 골이 직접 접촉되어 있는 것을 관찰하였다고 하였다. Sanz 등¹⁰⁾은 치밀골에서 임프란트 나사선이 하버시안 시스템(haversian system)을 가진 층판골 유형의 성숙한 골조직으로 완전히 채워졌으며, 망상골에서는 치밀골 형태의 골조직이 관찰되고, 염증세포나 섬유조직의 개재는 관찰할 수 없었다고 하였다. 그리고 조직형태측학적 평가에서 대조군인 선반가공 표면 임프란트는 식립 8주 후 51% (±1.90)의 골-임프란트 접촉율을, 수산화인회석으로 표면처리한 임프란트는 식립 8주 후에 62.3% (±4.30)의 골-임프란트 접촉율보여 RBM 임프란트가 골-임프란트 골접촉율이 우수하다고 보고하였다. 본 연구에서 평활한 표면을 가진 AVANA 임프란트(대조군)와 RBM 방식으로 표면처리한 AVANA 임프란트(RBM군)를 성견 경골에 매식하고 8주 경과 후 조직학적으로 검사한 결과 두 군 모두에서 피질골 부위에 위치한 임프란트에서는 임프란트 나사 내로 층판골이 잘 채워져 있었고, 임프란트 표면을 따라 비교적 양호한 골유착 상태를 보였으나 RBM군이 대조군에 비해 약간 더 성숙한 골유착 소견을 보였다. 골수강내로 위치한 부위에서는 두 군 모두 골과 임프란트 계면에서 매우 성긴 골소주에 의해 접촉되어 있었고 일부에서는 골과 접촉하지 않는 불량한 골유착 소견을 보였으나 대조군에 비해 RBM군에서 약간 더 양호하였다. 조직형태측학적 평가에서 식립 8주 후 골-임프란트 접촉율(BIC)이 경골의 피질골에서 87.1% (±5.3), 수질골에서 36.7% (±10.3)의 접촉율을 보였다.

HA 피복 임프란트는 HA가 골조직과의 친화성과 결합력이 타재료에 비해 우수하여 생체 골조직과 직접 결합 할 수 있는 능력을 가진 것으로 보고되고 있다^{6,7)}. Zechner 등²⁰⁾은 표면처리가 각각 다른 3종의 임프란트를 돼지 하악골에 식립하여 조직학적 및 조직형태측학적으로 상호 비교하였는데, 수산화인회석피복 임프란트(Replace[®], Nobel Biocare, USA)의 식립 6주 후 조직학적 소견에서 광범위하게 골과 직접 접촉하고 있었고, 조직형태측학적 평가에서 대조군인 선반가공 표면 임프란트는 식립 6주 후 17.60% (±7.05)의 골-임프란트 접촉율을, 수산화인회석으로 표면처리한 임프란트는 식립 6주 후에 44.30% (±8.85)의 골-임프란트 접촉율보여 수산화인회석으로 표면처리한 임프란트가 골-임프란트 골접촉율이 우수하다고 보고 하였다. 본 연구에서 피질골 부위의 골과 HA군의 임프란트 계면에서는 양호한 골유착 소견을 보였으며 골수강내로 위치한 임프란트 계면을 따라 많은 부분에서 얇은 신생골로 이장되어 있음이 관찰되어 다른 군에 비해 제일 양호한 골유착 소견을 보였다. 조직형태측학적 평가에서 식립 8주 후 골-임프란트

접촉율이 경골의 피질골에서 95.4% (±2.9), 수질골에서 76.1% (±15.0)로서 다른 군에 비해 역시 양호한 결과를 관찰할 수 있었다.

SLA를 적용한 임프란트 표면은 큰 grit(250 - 500 μ m)으로 입자 분사하고 hydrochloric-sulfuric acid로 산부식시킴으로써 단지 산 부식만 된 표면(Ra=1.3)이나 선반가공된 표면(Ra=0.53 - 0.96)에 비해서 거칠기 정도(Ra=2.0)가 보다 크다¹⁸⁾. Cochran 등¹¹⁾은 SLA를 적용한 임프란트(ITI[®], Straumann AG., Switzerland)에 대한 세포배양 및 동물 실험을 통해 SLA 표면처리가 골세포분화와 단백질 생성을 자극하고, 우수한 골-임프란트 접촉을 유도한다고 하였으며, in vitro 연구에서 SLA 표면에 골아세포가 잘 분화된 골세포의 특성을 보여줌으로서 골전도성이 있다고 하였다. 본 연구에서 피질골에 위치한 SLA군의 임프란트 계면에서는 성숙된 층판골로 양호한 골유착 소견을 보였으며 골수강으로 노출된 임프란트 계면에서는 부분적으로 얇은 골로 이장되어 있었으며 일부에서는 성긴 골소주와 연결되어 있었다.

Buser 등¹⁹⁾은 표면처리가 각각 다른 임프란트를 돼지 경골에 식립하여 연구하였는데, 이 실험에서 대조군인 선반가공 표면 임프란트와 티타늄 플라즈마 분사 임프란트는 21.6 - 39.2% 범위의 골-임프란트 접촉율을, SLA로 표면처리한 임프란트는 식립 3주 및 6주 후에 각각 52.1%, 57.7%의 골-임프란트 접촉율보여 SLA로 표면처리한 임프란트가 골-임프란트 골접촉율이 우수하다고 보고하였다. 그러나 Buser 등¹⁹⁾의 연구에서는 조직형태측학적 평가에서 경골의 피질골과 수질골을 구분하지 않고 평가하였지만, 본 연구에서는 각각 구분하여 평가를 시도하였다. 본 연구에서는 SLA 군에서 피질골 부위의 골과 임프란트 계면에서는 성숙된 층판골로 양호한 골유착 소견을 보였고, 골수강으로 노출된 임프란트 계면에서는 부분적으로 얇은 골로 이장되어 있었으며 일부에서는 성긴 골소주와 연결되어 있었다. 조직형태측학적 평가에서 식립 8주 후 골-임프란트 접촉율이 경골의 피질골에서 86.0% (±3.5), 수질골에서 45.1% (±15.0)의 접촉율을 보였다.

본 연구에서는 표면처리가 각각 다른 임프란트를 치밀골과 골소주의 존재를 찾아보기 어려운 골수강을 동시에 갖는 성견의 경골에 매식하고 선반가공표면 임프란트와 비교하여 표면처리된 임프란트에서 더 우수한 골접촉율을 관찰 할 수 있었다. 향후 불량한 골질에서 임프란트 매식에 대한 예지성을 향상시키기 위해 새로운 임프란트 디자인, 표면구조 및 골이식 등의 부가적인 외과적 술식에 대한 지속적인 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 치밀하고 두꺼운 피질골과 골밀도가 낮은 골수강을 가진 골에 임프란트를 매식시 임프란트 표면처리방법에 따른 골유착 양상을 비교 평가해 봄으로써 이런 불량한 골질을 가진 악골에서의 임프란트 선택에 도움을 주고자 시행하였다. 임프란트 매식 후 부하가 없는 치유조건하에서 현재 시판중인

표면처리가 각각 다른 4종의 임플란트 즉, 평활한 표면을 갖는 AVANA 임플란트(대조군), 흡수성입자분사방식의 표면을 가진 AVANA 임플란트(RBM군), 산산화인회석으로 피복된 표면을 가진 Steri-Oss 임플란트(HA군) 및 입자분사 후 산부식 처리된 표면을 가진 Bicon 임플란트(SLA군)를 성견의 경골에 매식한 후 골-임플란트 계면을 방사선적, 조직학적 및 조직형태계측학적으로 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 육안적 소견으로 모든 군에서 임플란트 매식 부위는 창상의 열개나 감염 소견 없이 잘 치유되어 있었다.
2. 방사선적 소견으로 모든 군에서 두꺼운 피질골에서는 양호한 골유착 소견을 나타냈으나 골수강내의 임플란트 주위에는 뚜렷한 골유착 소견이 관찰되지 않았다.
3. 조직학적 소견으로 모든 군에서 두꺼운 피질골과 임플란트 계면에서는 양호한 골유착이 관찰되었으나 골수강내의 임플란트 계면에는 피질골 부분에 비해 불량한 골유착 소견을 보였으며 대조군에 비해 거친 표면을 가진 임플란트 계면에서 부분적으로 얇은 신생골이 침착되는 소견을 보였다.
4. 조직형태계측학적 평가 결과 피질골 부분에서 임플란트 표면에 대한 평균 골접촉율은 HA군(95.4%±2.9)에서 가장 양호하였고, 그 외 RBM군(87.1%±5.3), SLA군(86.0%±3.5), 대조군(75.9%±11.9) 순으로 나타났다. 통계학적으로 평균 골접촉율은 HA군이 다른 군들에 비해 높았으며(p<0.01), RBM군 및 SLA군은 대조군에 비해 높았다(p<0.05)(Table 1). 골수강 내에서 임플란트 표면에 대한 평균 골접촉율은 HA군(76.1%±15.0)에서 가장 양호하였고, 그 외 SLA군(45.40%±15.0), RBM군(36.7%±10.3), 대조군(29.6%±5.4) 순으로 나타났다. 통계학적으로 평균 골접촉율은 HA군이 다른 군들에 비해 높았으며(p<0.01), SLA군은 RBM군 및 대조군에 비해 높았다(p<0.05). RBM군은 대조군에 비해 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2).

이상의 결과에서 피질골과 골수강 내에서 거친 표면을 가진 임플란트에서 보다 양호한 골접촉 소견을 보였으며 특히 골수강 내에서는 HA 피복 임플란트가 가장 양호한 골접촉을 얻을 수 있음을 시사한다.

참고문헌

1. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR : The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11-25.
2. Quirynen M, Bollen CM, Papaioannou W, Van Eldere J, van Steenberghe D : The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulation and gingivitis: Short-term observations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:169-178.
3. Hutton JE, Heath MR, Chai JY, Harnett J, Jemt T, Johns RB, et al : Factors related to success and failure rates at 3-year follow-up in a multicenter study of overdentures supported by Branemark implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:33-42.
4. Predecki P, Auslaender BA, Stephan JE, Mooney VL, Stanitski C : Attachment of bone to threaded implants by ingrowth and mechanical interlocking. *J Biomed Mater Res* 1972;6:401-412.

5. Martinez H, Davarpanah M, Missika P, Celletti R, Lazzara R : Optimal implant stabilization in low density bone. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:423-432.
6. Cook SD, Kay JF, Thomas KA, Jarcho M : Interface mechanics and histology of titanium and hydroxyapatite-coated titanium for dental implant applications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:15-22.
7. Block MS, Kent JN, Kay JF : Evaluation of hydroxyapatite-coated titanium dental implants in dogs. *J Oral Maxillofac Surg* 1987;45:601-607.
8. Trisi P, Lazzara R, Rao W, Rebaudi A : Bone-implant contact and bone quality: Evaluation of expected and actual bone contact on machined and osseointegrated implant surfaces. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:535-545.
9. Piattelli M, Scarano A, Paolantonio M, Iezzi G, Petrone G, Piattelli A : Bone response to machined and resorbable blast material titanium implants: An experimental study in rabbits. *J Oral Implantol* 2002;28:2-8.
10. Sanz A, Oyarzun A, Farias D, Diaz I : Experimental study of bone response to a new surface treatment of endosseous titanium implants. *Implant Dent* 2001;10:126-131.
11. Cochran DL, Buser D, Bruggenkatte CM, Weingart D, Taylor TM, Bernard JP, 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;13:144-153.
12. Wong M, Eulenberger J, Schenk R, Hunziker E : Effect of surface topology on the osseointegration of implant materials in trabecular bone. *J Biomed Mat Res* 1995;29:1567-1575.
13. Cheang P, Khor KA : Addressing processing problems associated with plasma spraying of hydroxyapatite coatings. *Biomaterials* 1996;17:537-544.
14. Wheeler SL : Eight-year clinical retrospective study of titanium plasma-sprayed and hydroxyapatite-coated cylinder implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:340-350.
15. 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 Mat Res* 1991;25:889-902.
16. Ricci JL, Kummer FJ, Alexander H : Embedded particulate contaminants in textured metal implants surfaces. *J Biomed Mater Res* 1992;3:225-230.
17. Branemark PI : Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 1983;50:399-410.
18. Buser D, Nydegger T, Hirt HP, Cochran DL, Nolte LP : Removal torque values of titanium implants in the maxilla of miniature pigs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:611-619.
19. Lekholm U, Zarb GA : Patient selection and preparation. In: Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. *Tissue Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry*. Chicago, Quintessence Publishing Co. 1985;199-209.
20. Jaffin RA, Berman CL : The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone: A 5-year analysis. *J periodontol* 1991;62:2-4.
21. Carlsson L, Rostlund T, Albrektsson B, Albrektsson T : Implant fixation improved by close fit. Cylindrical implant-bone interface studied in rabbits. *Acta Orthop Scand* 1988;59:272-275.
22. Misch CE : *Contemporary Implant Dentistry*. Mosby Co. 1999;109-155.
23. Goodacre CJ, Kan JY, Rungcharassaeng K : Clinical complications of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 1999;81:537-552.
24. Bryant SR : The effect of age, jaw site, and bone conditions on oral implant outcomes. *Int J Prosthodont* 1998;11:470-490.
25. Albrektsson T, Sennerby L : Direct bone anchorage of oral implants: Clinical and experimental considerations of the concept of osseointegration. *Int J Prosthodont* 1990;3:30-41.
26. Zechner W, Tangl S, Furst G, Tepper G, Thams U, Mailath G, Watzek G : Osseous healing characteristics of three different implant types. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:150-157.
27. Piattelli A, Manzon L, Scarano A, Paolantonio M, Piattelli M :

- Histologic and histomorphometric analysis of the bone response to machined and sandblasted titanium implants: An experimental study in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:805-810.
28. Wennerberg A, Albrektsson T, Andersson B, Krol JJ : A histomorphometric and removal torque study of screw-shaped titanium implants with three different surface topographies. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:24-30.
 29. Bowers KT, Keller JC, Randolph BA, Wick DG, Michaels CM : Optimization of surface micromorphology for enhanced osteoblast responses in vitro. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:302-310.
 30. 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;12:486-494.