

임프란트 표면처리의 새로운 국면

-ITI implant의 SLA surface-

경희대학교 치과대학 치과보철학교실

부교수 이 성 복

치과 implant의 식립수술 후 골 창상 치유에 대해서는 3가지의 사실이 명확하게 설명되고 있다. 즉, 1) implant 수술에 의한 drilling과 cutting은 계면골에 반드시 손상을 준다. 2) 직접적인 창상 치유는 수술부위에서 유발된다. 그리고 3) 모든 골에 있어서 동일한 정도의 골질과 골양을 소유한 골은 거의 없다는 것이다.

Implant치료에 있어서 오늘날의 경향은, ① implant체의 강도와 초기고정의 면에서 screw type implant가 우선 선택사항이다, ② Implant의 적응이 무치악에 비해 부분결손증례가 많고, 게다가 전치에 비해 구치부의 적응이 많은 것에서 하악신경과 상악동의 관계에서 짧은 implant의 적응이 요구된다, ③ 골의 성장 문제에 있어서는, 스폰지 모양의 골이 많고 골량이 적은 곳에서도 implant의 표면성상의 변경에 의해 골과의 접촉률을 높이고, 보다 확실한 osseointegration을 달성한다, 등의 요구가 존재하고 있다.

ITI implant는 15년에 걸친 기초 및 임상연구를 바탕으로 하여 1974년부터 치과임상에 도입되었는데, 개발당초부터 implant에 TPS표면을 채용하고, 그 결과, 골밀도가 낮아도 성공률을 높일 수가 있고, 짧은 implant(8mm)라도 긴 implant(10~12mm)에 비교했을 때 치료성적에 있어 큰 차이가 없다는 것을 임상적으

로 입증해 왔다.

치과 implant학에 있어서 현재의 주된 관심은 총 치료기간의 단축에 대한 것들이다. 이공학적 분야에서도 여러 가지 금속을 비롯하여, 고분자 재료와 생체활성재료 등이 implant의 재료로서 시도되어 왔다. 한편, implant 식립 술식에 있어서도 여러 가지 방법이 시도된 결과, 티타늄제 screw implant가 조직학적 견지에서 인지되고, 또 임상적으로도 좋은 성적을 남기게 되었다. 그것에 수반하여 implant체의 표면처리에 따른 성장변화에 의해 osseointegration의 정상적 향상과 치료기간을 단축하는 것이 최신 연구의 조류가 되고 있다는 것은 부정할 수 없는 현실이다.

SLA표면이 나타낸 osseointegration의 효과에 대해서는 Buser(1991년), Cochran(1996년), 그리고 Buser(1998년)에 의해 기초적 연구결과가 이미 보고된 바 있다. 한편 임상보고결과에 있어서는 ITI 공동연구팀에 의해 2년여에 걸쳐 여러 의료시설에 의한 임상실험(multi-center study)이 수행되었다. 그 스케쥴로서 ① implant 식립 후 6~8 주에 abutment 장착, ② 상부구조 제작, 그리고 ③ 기능적 부하(load)를 가한다고 하는 단축된 기간의 치료수술을 이끌어 냈다.

Pilot study의 결과, 상악 345개, 하악 124개의 implant로, 성공률 99.1%, 실패율 0.9%였다. 또, 그후

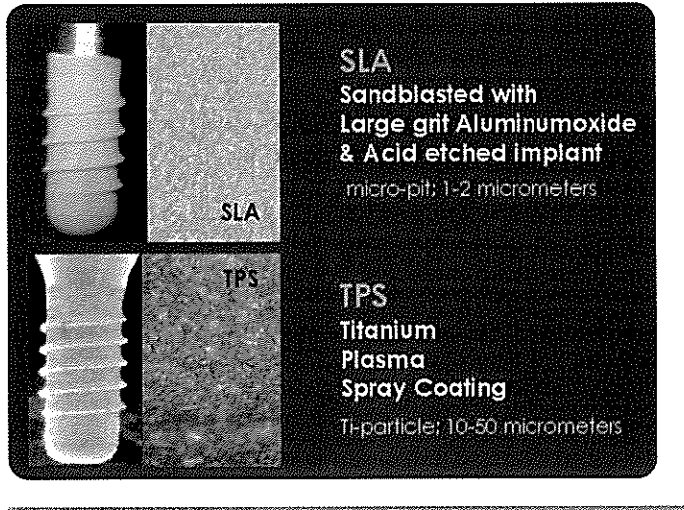


그림 1. SLA와 TPS Implant체의 형태와 표면성상.

SLA implant의 형태는 종래의 ITI solid scrw형 implant와 같은 형태이다. Sandblast와 산처리에 의해 직경 1~2 μ m의 미세한 요철이 표면에 직접 형성되어 있다(위). TPS implant는 티타늄 미세입자가 plasma spray coating되어 있으므로, 표면성상은 SLA implant와 비교하여 더욱 거칠다(아래).

의 연구에서는 short span의 bridge에 있어서 하악 155개의 implant의 경우 97.4%의 성공과 2.6%의 실패를 나타냈고, 상악 67개의 implant의 경우 실패는 전혀 없었다. 이와 같은 결과에서 초기고정만 확실하게 얻어진다면, implant의 상부구조 제작까지의 기간은 대폭적으로 단축할 수 있을 가능성이 입증되고 있다.

SLA표면처리의 효과에 관한 과학적 접근

1. SLA implant의 형태와 표면성상

TPS implant는 표면에 부착한 티타늄세럼(직경 10~50 μ m)의 존재에 의해 표면적은 같은 크기의 implant원주보다 약 6배로 증대되었고, 보다 많은 골아세포를 implant체 주위에 집합시키는 것이 가능하였다. 이와 같이 표면성상을 바꾸는 것으로 종래 난증례로 분류되었던 해면골이 차지하는 비율이 많은 골, 예를들면 상악골에서도 좋은 성적을 얻을 수 있었다.

이러한 성과와 견해를 밑바탕으로 하여, sandblast와 산처리에 의해 micro-pit이라 불리는 미세한 요철

(凹凸직경 1~2 μ m)을 implant표면에 직접 형성하는 획기적인 표면 처리 방법인 SLA가 탄생하기에 이르렀다. TPS표면이 coating에 의해 형성된 다소 지나친 표면거칠기라고 한다면 SLA표면은 티타늄체에 직접 형성되는 요철구조이기 때문에 homogeneous한 특성을 지닌다고 말할 수 있다. 이 성상으로 표면처리한 경우 osseointegration에 소요되는 기간이 단축되고, 기계적 강도 역시 향상되는 것으로 평가받고 있다. 그러한 결과를 뒷받침하는 많은 관찰과 연구보고가 있는데, 그 중 대표적인 것으로 SLA, TPS 양군의 implant체 표면을 직접 비교관찰한 것들을 수 있다(그림 1). SLA implant체는 종래의 ITI implant와 동일한 형태의 screw형 티타늄 implant로, 표면색은 유

백색이었다. 직접배율 150배로 확대하여 보면 표면에는 미세한 요철이 존재하지만 거의 평평하고 매끄러웠다. TPS implant체의 형태는 SLA와 같은 형태이고(3.3mm/SEM상), 확대(직접배율 150배)된 implant체의 표면성상은 SLA implant와 비교했을 때 오히려 더욱 거칠었다.

2. 표면처리에 따른 혈관분포의 변화

1) 혈관주형표본에 의한 연구

미소순환이란, 세동맥(=미세동맥, 이하 세동맥으로 칭함)에서 모세혈관을 거쳐 세정맥에 도달하는 순환 경로를 가리킨다. 치과영역에서는 치주조직 혈관의 대부분이 세동맥에서 시작되기 때문에 치주조직의 미소순환을 연구하여 구강병변이나 치료기전을 설명하는 것이 가능하다고 알려져 있다. 예를 들면, 교합압에 의한 치근막의 압축에 의해 치근막 중의 혈액은 Folkman관을 통해서 치근막 혈관망에서 악골골수의 정맥총으로 유출한다. 이 혈액의 이동과 함께 동시에 일어나는 유체저항에 의해 교합압은 완충될 수 있다고 생각한다. 한편, 부착상피 바로 아래에는 평탄한

혈관망이 존재하고, 부착상피의 방어기 구인 자정작용원의 침출액을 침출하고 있다. 이 혈관망 하방의 치경부 치근막에는 치경부 치근과 치은, 치조골을 연결하는 다수의 치조상 섬유다발이 교차하여 강고한 barrier를 형성하고 있다.

표면이 sandblast와 산부식 처리된 (Sandblasted and Acid Etched Implant/이하 SLA) SLA implant를 이용하여 미세혈관의 변화를 관찰한 일본 가나가와치과대학 구강해부학교실의 연구보고가 있다. SLA처리에 의해 implant표면에는 micro-pit이라 불리는 직경 1~2 μ m의 미세한 요철이 생기는데, 이 implant체는 술식 뿐만 아니라 형태와 크기 모두 종래의 solid screw형 ITI Titanium Plasma Spray Coated (TPS) implant와 동일한 것이다. 이 실험은 표면성상이 다른 implant를 식립한 후의 주위골형성과 미소순환에 대해서 혈관주형표본을 디지털 실체현미경으로 관찰하여 종합적으로 검토한 것으로서, 종래의 조직학적 관찰에 비해, 골조직과 미세혈관 분포의 관계를 직접 현미경으로 확인할 수 있는 매우 실제적인 접근법으로 인정받고 있다(그림 2-4).

(1) SLA Implant의 식립

건강한 치주조직을 가진 성견의 하악 양측 구치를 발거하고, 치유 90일 후, SLA implant를 식립했다. 또, 대조군으로서 TPS implant를 반대측에 식립했다. SLA군, TPS군 모두 같은 형태, 같은 크기의 implant체(ITI Dental Implant System, Solid Screw type 직경 4.1mm, 길이 8mm, Straumann AG, Switzerland)를 이용했다.

SLA implant는 식립 후 초기에 골과의 높은 접촉상태를 나타내기 때문에 식립 6주 후에 교합압을 가하는 것으로 계획하여 실험에서도 implant 식립 6주 후의 혈관주형표본을 관찰했다.

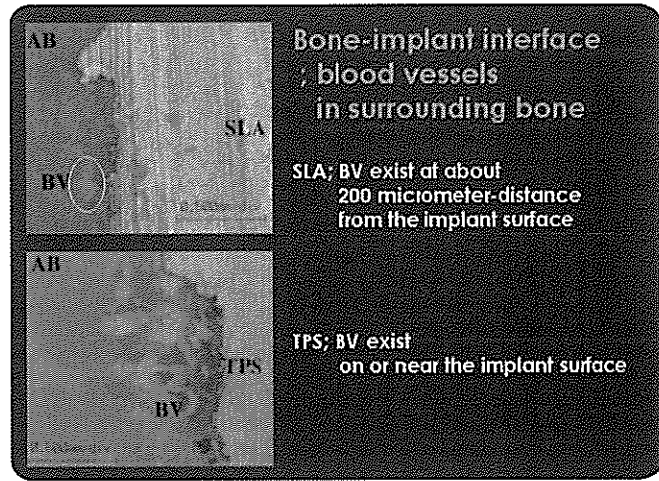


그림 2. 골-implant 경계면의 혈관망.
SLA implant, TPS implant 모두 implant체와 골(AB)은 긴밀하게 결합하고 있다. 혈관망(BV)은 SLA군에서는 implant체에서 200 μ m정도 떨어진 곳에서 관찰된다(위). 그것에 대해서 TPS군에서는 implant체에 근접하여 긴밀한 혈관망(BV)이 개통된 채 관찰된다(아래). (Quint Dent Implants 1999; 1(3):49)

(2) Implant 주위조직의 형성과 미소순환

혈관내 강에 색소와 수지를 주입하는 방법을 '혈관 주형법'이라 부르고, 그 중에서 합성수지를 주입한 표본을 '혈관주형표본'이라 칭한다. SLA 및 TPS implant 식립 12주 후, 하치조동맥에서 혈관주입용 MMA수지를 주입하고, 하악골을 implant체와 함께 절단하여, 단백분해효소처리로 연조직만을 제거하면, 혈관주형, 골, implant체의 관계가 명확하게 나타난 혈관주형표본으로 된다. 이 혈관주형법을 이용하여 implant 식립 6주후의 implant주위조직과 골상태를 관찰했다.

가. Implant 조위조직

SLA군, TPS군에서 공히 Implant 주위조직(PIS)은 implant체 경부에 밀착하여 나타났고, 주위조직의 혈관재생도 양호한 것으로 보인다. 즉 ITI implant의 smooth surface상의 점막 관통부를 둘러싼 연조직의 환경은 아주 양호하다는 것을 말하고 있다. 일반적으로 상피의 부착을 갖지 않는 implant에 있어서는 implant체 경부를 고리모양으로 둘러싼 긴밀한 고리모양 섬유조직의 발달이 외부 물질의 침습에 대한 중

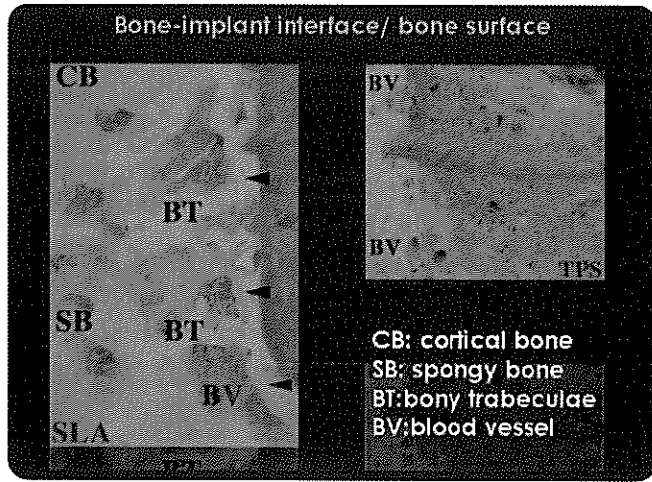


그림 3. 골-implant 경계면의 골표면.

SLA implant체 주위에는 얇은 치밀골(화살머리)이 형성되고, 신생골량(BT)은 그곳에서 수평으로 배열되어 있으며(좌측), osseointegration의 조건을 갖추고 있다. TPS implant체 주위에는 다공성의 활발한 골침가가 관찰되고, 그 속에는 혈관(BV)이 들어가 있다(우측). SLA군에 보이는 implant체 주위의 치밀골과 명확한 골량은 형성되어 있지 않다. 수술 후 6주, TPS implant 주위골의 성숙은 진행 중이다. (Quint Dent Implanto 1999;1(3):49)

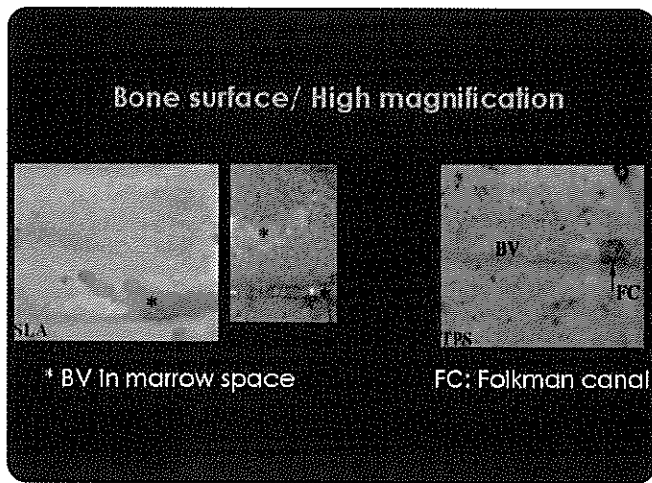


그림 4. 골표면의 확대상.

TPS군의 골표면은 매우 거칠다(우측). Slat의 구 속에 혈관량(BV) 및 Folkman canal (FC:화살표)을 통하여 혈관이 implant표면으로 개통되어 존재해 있는 것은 골의 remodeling이 계속 진행중임을 시사하므로 implant체에 교합압을 가하기에는 아직 불충분하다. (Quint Dent Implanto 1999;1(3):49)

요한 barrier기구의 역할을 충분히 실행하고 있다. SLA와 TPS 2종류의 implant 모두 동일한 ITI implant체의 디자인을 소유하기 때문에, 염증으로 이환하기 어렵다고 하는 ITI implant의 장점은 그대로 간직하고 있는 셈이다.

나. Implant 주위골

골(AB)-SLA implant체(SLA) 경계면을 관찰해 보면, 양자는 긴밀하게 접합하고(그림2-위), 혈관망(BV)은 implant체에서 200 μ m정도 떨어진 곳에서 관찰된다. TPS implant체(TPS)와 골(AB)도 마찬가지로 긴밀하게 접합해 있었지만(그림2-아래), implant체에 근접한 부분에 긴밀한 혈관망(BV)이 존재하고 있다. 따라서 신생골과 혈관망에 대해서 상세하게 관찰해 볼 필요가 있다.

다. Osseointegration을 나타낸 소견이란

SLA implant체를 시료에서 박리하여 관찰하면, SLA implant체를 둘러싸서 얇은 치밀골(화살표)이 형성되고, 신생골량(BT)은 그 골에서 직각으로 뺏어나가며, 수평방향으로 평행하게 배열되어 있다(그림 3-좌측). 이러한 소견은 osseointegration의 전형적인 골상태와 마찬가지로이다. 치조골의 상방이 피질골(CB), 하방이 해면골(SB)로, 해면골 내부에는 치조골 골수의 혈관망(BV)이 관찰된다. 따라서 이 시기에 벌써 implant체에 교합압을 가하기에 충분하다고 할 수 있다(Early loading:6-8 weeks).

TPS implant군에서는(그림3-우측), implant체 주위에 활발한 골침가가 관찰되지만, SLA군에 보였던 implant체를 둘러싼 치밀골과 명확한 골량은 형성되어 있지 않다. 또, 이 신생골은 다공성이고,

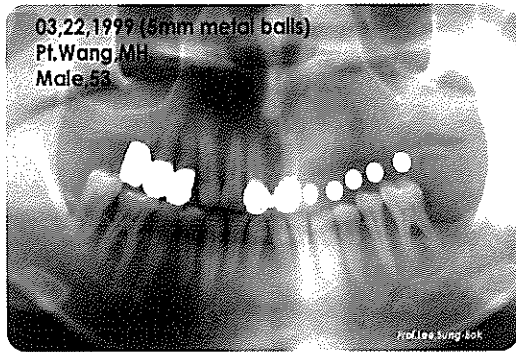


그림 5. 수술 전의 피노라마 X-선상으로 좌측 상악 좌측 측절치, 견치, 제1,2 소구치 및 대구치의 결손과 함께 제2 대구치부위에서 상악동저의 하방침하를 관찰할 수 있다. 하지만 제1대구치까지의 수직적 골량은 implant 식립에 충분하고, 길이 12mm의 SLA implant를 이음하기로 했다.

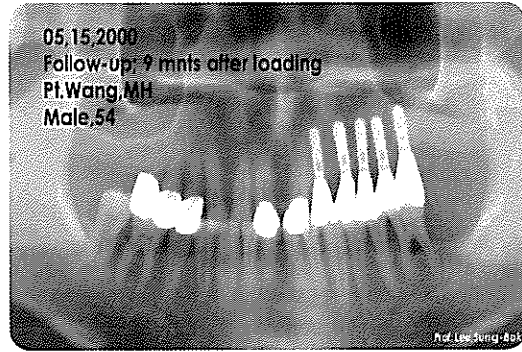


그림 6. Early loading 후 1년만의 X-선 사진. 같은 시기의 standard film X-선상에서는 경부에서 깊게 식립된 implant의 특징적 골흡수가 1mm 정도 관찰되었지만, 수술 후 6주의 동일 X-선상과 비교했을 때 큰 변화는 없다.

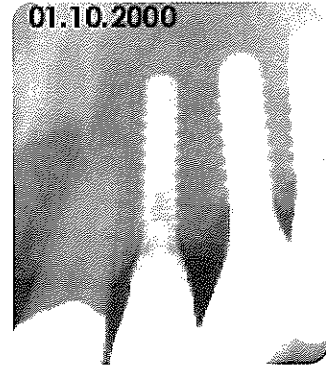
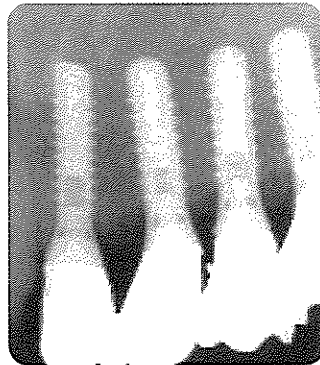
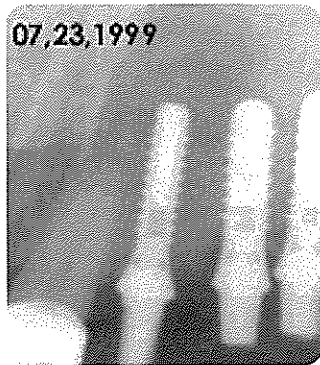


그림 7. 상악 좌측 측절치, 견치 및 제1소구치부에 식립된 SLA implant의 standard film상.
 (좌) Implant 식립 후 6주에 solid abutment와 임시치관을 장착하고, 2주 후인 8주에 최종 상부구조를 implant체에 시멘트로 고정했다
 (중)(우) Early loading 후 8, 9개월의 standard film에서 보듯이 implant체 주위골의 불투과상이 변함없이 관찰된다. 원심에서는 측방으로 신생골량이 형성되고, 저부에 있어서는 방사상으로 골량이 형성되고 있다.

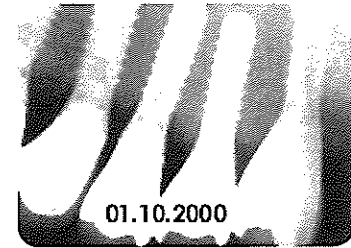


그림 8. 상악 좌측 제1,2소구치와 제1대구치부에 식립된 SLA implant의 standard film상.
 (좌) Implant 식립 후 6주에 solid abutment와 임시치관을 장착하고, 2주 후인 8주에 최종 상부구조를 implant체에 시멘트로 고정했다
 (중)(우) Early loading 후 8, 9개월의 standard film에서 보듯이 implant체 주위골의 불투과상이 변함없이 관찰된다. 원심에서는 측방으로 신생골량이 형성되고, 저부에 있어서는 방사상으로 골량이 형성되고 있다.

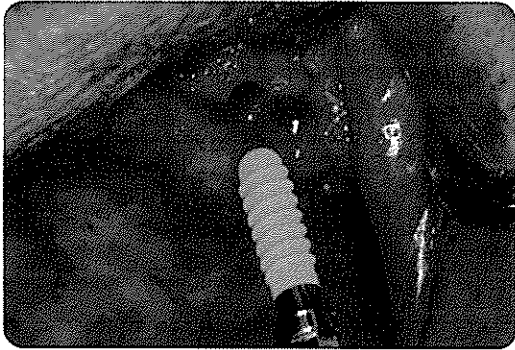


그림9. Implant 식립수술시 ITI SLA implant의 모습. Implant 수술 시에는 골의 상태(골질)가 D-2 내지 D-3 였으나, implant의 초기고정은 양호했다.

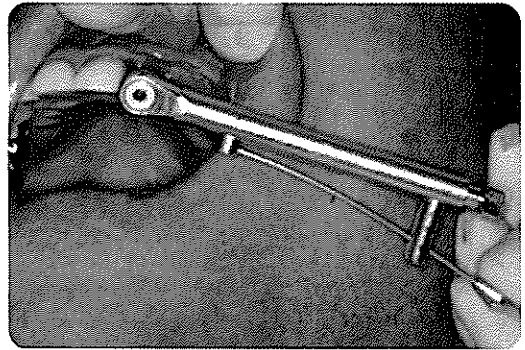


그림10. Implant 식립 후 6주만에 solid abutment를 장착하고 있다. 토크 렌치 (Straumann AG, Swiss)를 사용하여 35NCm의 힘으로 abutment를 고정하더라도 implant가 회전하는 일이 없어야 골유착의 성공을 확인할 수 있다.



그림11. Implant 식립 후 6주만에 solid abutment를 장착하고 그 위에 임시치관으로 기능하기 시작했다.

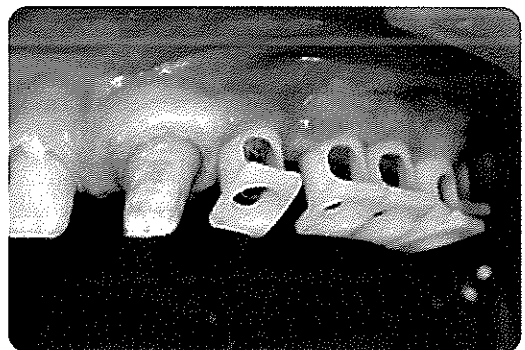


그림12. 아크릴 레진제 임시치관으로 기능하는 동안 연조직이 충분히 치유되어 비교적 안정기에 들어가면, 인상용 캡을 이용하여 실리콘 고무인상재로 최종 인상을 채득한다.

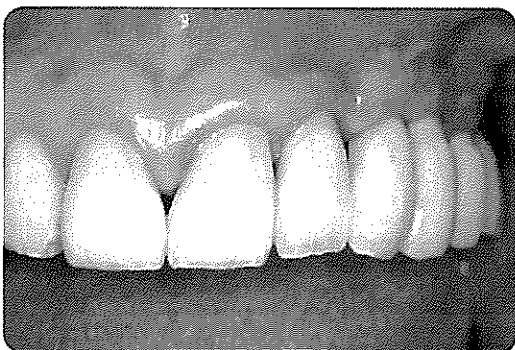


그림13. Implant 식립 후 6주만에 solid abutment를 장착하고 임시치관으로 기능하기 시작했으며, 2주 후인 8주만에 금속-도재의 상부구조를 임시 시멘트로 solid abutment에 고정하여 기능력을 가했다.

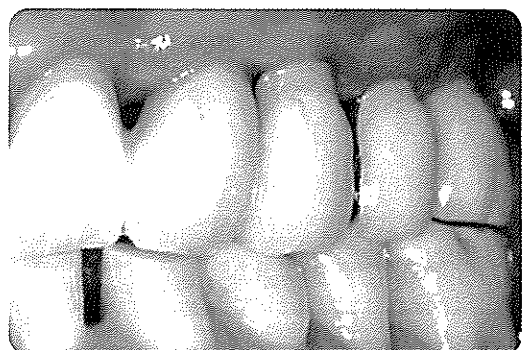


그림14. SLA implant에 의한 세라믹 상부보철물은 자연치아나 다름없는 심미와 기능을 보다 단축된 기간 내에 환자에게 제공할 수 있다.

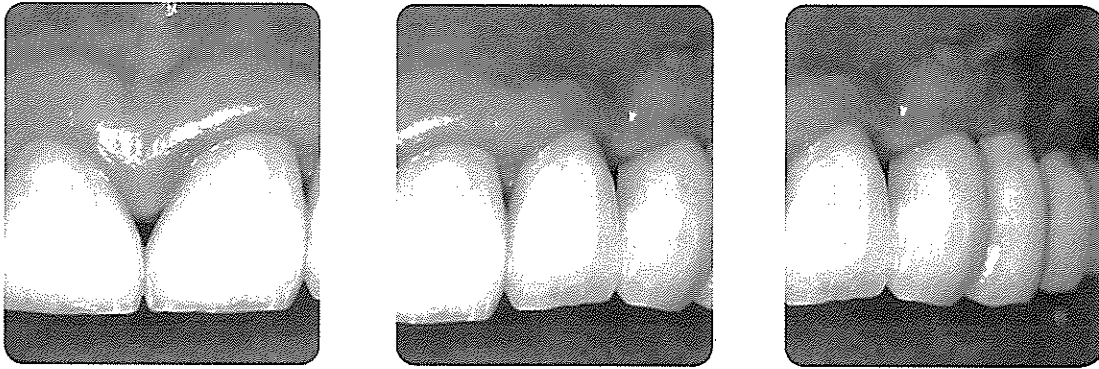


그림15. Early loading 후 9개월 만에 촬영한 환자의 구강 내 모습. 연조직의 탁월한 건강도를 유지하면서 안정된 교합과 자연치아에서와 같은 구강 기능의 조화로움을 나타내고 있다.

그중에 혈관(BV)이 들어가 있다. 발치 및 GBR 후, 혈관 신생부위에 다공성인 신생골은 첨가하지만, 마찬가지로 수술 후 6주의 TPS implant 주위에도 골신생은 활발하게 일어나고 있다. 그러나 SLA군과 비교하면 골의 성숙화는 아직 진행 중인 것으로 볼 수 있다.

신생골표면은 implant체의 표면성상에 따라 형성되어 있다. SLA군에서는 미세한 요철을 가진 implant체 표면을 따라 골이 형성되고, 표면은 평평함에 가깝다(좌측). 또 implant-골계면에서 혈관은 관찰되지 않고, 박리한 골의 배후에 치조골 골수의 혈관망이 관찰된다(좌측사진 *표). 따라서 이 시기에 벌써 implant체에 교합압을 가하기에 충분하다고 할 수 있다(Early loading; 6-8 weeks).

라. Osseointegration과 미소순환

골표면은 implant체의 표면성상에 의존하여 형성되어 있다(그림4). SLA군에서는 미세한 요철을 가진 implant체 표면에 일치하여 골이 형성되고, 골표면은 거의 평평하다(그림4-좌측). 또, slat의 구속까지 균일하게 골이 첨가되고, 혈관은 골-implant체 경계면에는 관찰되지 않는다. Osseointegration은 이미 획득되었고, 일부의 골은 implant체와 함께 박리되어 골결손부의 저부에 치조골 골수의 혈관망이 관찰되

었다(그림4-좌측).

TPS군에서도 거친 implant체 표면에 일치하여 마찬가지로 골표면이 형성되어 있었다. 또 implant체 표면의 티타늄 미세입자(혹은 색의 반점)가 골내에 잔존하고, osseointegration이 충분히 되어 있는 것을 나타내고 있다(그림4-우측). 더욱 상세하게 관찰해 보면, slat의 구 속에 혈관망(BV)이 잔존해 있다. 이 혈관망은 Folkman관(FC:화살표)을 통해서 저부에서 치조골 골수의 혈관망과 문합하고 있다. Osseointegration의 진행과 함께 골-implant체 경계면의 혈관은 서서히 순환경로를 바꾸어 골수의 혈관망쪽으로 변화한다고 하는데, TPS군에서는 식립 6주 후, 골의 remodeling에 관여하는 혈관이 아직도 잔존하고 있으므로, implant체에 교합압을 가하기에는 아직 불충분하다는 판단에 이른다.

임상을 통한 검증

증례(그림5-15)

환자 : 53세 남성.

주소 : 상악 좌측 구치부 보철물 파손에 의한 저작장애

상담 : 잔존 치근의 발거 및 보철물 제거, implant에 의한 결손부 고정성 보철 계획.

경과 및 처치 : 결손부에 임시 가철성 partial denture를 장착시켜 주었으나, 치료기간을 가능한 한 짧게 하고 싶다는 환자의 요구를 고려하여 SLA implant를 선택하였다.

Implant 수술 시에는 골의 상태(골질)가 Class II 내지 III (D-2, D-3)였지만, implant의 초기고정은 양호했다(그림9). Implant 식립 후 6주에 abutment를 장착하고 임시치관에 의해 기능시켰으며, 2주 후 최종 상부구조를 implant체에 고정했다(그림10-13).

본 증례는 6주만에 acrylic resin provisional restoration으로 조기부하(early loading)를 가하고, 8주에는 최종 보철물인 ceramometal restoration을 solid abutment에 시멘트합착하여 기능시켰음에도 불구하고, 보철완료 후 6개월의 X-선상에서는 주위 골조직의 이상소견을 전혀 보이고 있지 않다(그림5-8).

요 약

혈관주형표본 및 임상실험 결과에서 SLA implant는 식립 6주 후에 벌써 기능을 감당할만한 안정된 osseointegration의 소견이 관찰되었다. 그것은 ① Implant체를 둘러싼 치밀골의 형성, ② 골-implant체 경계면에서의 혈관분포 소멸, ③ Implant체에 대해서 직각으로 배열한 신생골량의 존재라고 하는 기본적인 요구사항을 만족시키기 때문이다. TPS implant에서 이러한 소견은 식립 12주만에 관찰되기 때문에 SLA군에서의 osseointegration은 TPS군에서보다 2배 가량 빠르게 단축되어 얻어지는 것을 알게 되었다. 즉, SLA 표면처리를 부여하는 것으로 implant체 주위에서의 더욱 빨라진 골형성과 계면에서의 혈관 폐쇄 속도를 촉진시키는 것이 가능하게 됨으로써, SLA implant는 식립 후 6주만에 이미 교합압을 감당할 준비가 되어 있다고 판단된다. 또 지금까지의 임상 예에서도 치유기간의 단축과 더불어 양호한 슬 후 경과를 보이고 있는 것이 사실이다.

저자의 경우도 1998년 11월부터 2000년 현재까지

총 60개의 ITI SLA implant 시술 중 3.3%에 해당하는 단지 2개의 implant가 실패하였는데, 이는 상악 구치부에서 치조능 분할수술과 골이식을 동시에 시행한 환자의 경우로써, 골이식 후 이식골편의 흡수와 연조직의 침하 및 초기 고정의 부족 등이 골유합을 저해한 직접적인 원인이었던 것으로 생각된다.

현재 implant의 표면성상에 관한 연구는 특히 형태학적, 이공학적 분야에서 활발하게 접근되어 해명이 진행되고 있다. 앞으로 이 분야에서의 연구발전은 implant 임상에 많은 가능성을 가져다 줄 것이라고 생각한다. 예를 들면, SLA implant체에서 더욱 빠른 osseointegration이 일어났고, 이로써 전세계 연구자들로 하여금 표면처리 방법에 따라 치료기간을 어느 정도까지 단축하는 것이 가능할까 하는 연구의욕이 고취되었다. 또, 골접촉률의 향상은 피질골이 얇고 골량의 배열이 드문, 소위 골밀도가 희박한 악조건의 치조골(D-4)에 있어서도 implant 치료성적의 향상이 기대된다. 그리고 implant체와 골이 강인한 접합을 얻을 수 있게 되면, 직경과 길이가 짧은 implant체를 식립해도 충분히 교합압에 대응할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 이러한 사항은 해부학적으로 불리한 부위인 비강과 상악동이 해부학적으로 근접하고 있는 증례 등에서도 부가적인 수술을 시행함이 없이 짧은 implant를 시술할 수 있는 등, 그 적응증의 확대에 직결된다고 생각하기 때문에 앞으로의 임상응용에 큰 기대를 갖지 않을 수 없다.

SLA implant는 조기에 높은 골접촉률을 나타내지만, 일정한 기간이 지난 후에 최종적으로는 SLA, TPS의 양군 모두에 있어 우열없이 implant 주위골을 형성하고, 확실한 osseointegration을 얻을 수가 있다. 즉 SLA의 출현은 지금까지 사용해 왔던 TPS에 어떤 임상적 문제가 있었기 때문이 아니라, 치유기간을 단축시키고자 하는 모든 임상가들의 요구에 의해 더욱 과학적으로 진보된 형태의 표면구조를 탄생시키게 된 것이라고 평가할 수 있다.

참고 문헌

1. Chamber R, Zweifach W : Topography and function of mesenteric capillary circulation. *Am J Anat* 1944;75:173-205
2. 高橋和人 : 歯肉を知ろう(3)-歯肉の再生と新生血管-. *歯界展望* 1987;70(2):359-371
3. Kishi Y, Matsuo M, Takahashi T, Kisara K, Amano Y, Yamashita H : Microvascular architecture in two distinct gingival regions divided by an accumulation of dental calculus. *Jpn J oral Biol* 1990;40:196-200
4. 甲斐嘉大 : 歯周炎における歯周組織血管網の立體的觀察. *神奈川歯學* 1989;24:273-289
5. 再谷由利 : 完成歯再植後の治癒過程に関する實驗的研究 -歯根膜血管網の形態的變化について-. *神奈川歯學* 1990;24(4):50-72
6. 瀧田恒晴, 菅谷 彰, 松尾雅斗 : 人工骨移植後の歯周組織再生に関する研究 第1報 -非吸収性材料 Hydroxyapatite(HAP)移植後の血管および骨變化について-. *神奈川歯學* 1995;29:287-308
7. 瀧田恒晴, 菅谷 彰, 松尾雅斗 : 人工骨移植後の歯周組織再生に関する研究 第2報 -吸収性材料 Tricalcium phosphate(TCP)移植後の血管および骨變化について-. *神奈川歯學* 1995;29:309-328
8. Branemark P-I : Osseointegrated implants in treatment of edentulous jaw; : experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1997;16:95-102
9. Branemark P-I : Experimental investigation of microcirculation in bone marrow. *Angiology* 1961;12:293-306
10. 井上 孝, 吉成正雄, 岸好 彰, 下野正基 : インプラントの材質, 表面性状と生體の反應. *Quint Dent Implantol* 1998;5:590-600
11. Cochran D, Nummikoshi P, Higginbottom F, Hermann J, Makins S, Buser P : Evaluation of endosseous titanium implant with a sandblasted and acid-etched surface in canine mandible : radiographic results. *Clin Oral Implant Res* 1996;7:240-252
12. Buser D, Nydegger T, Hirt H, Cochran D, Nolte L : Removal torque values of titanium implants in maxilla of miniature pigs. *J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:611-619
13. 中村社綱, 岸好 彰 : チタン骨内インプラント植立後の歯周組織 -血管構築と骨修復-. *神奈川歯學* 1994;29:113-132
14. Kishi Y, Matsuo M, Kirigaya M, Oohara K, Terauchi Y, Tou K, Takahashi K : Regeneration of gingival microvascular architecture on interface of endosseous titanium implants. *Jpn J oral Biol* 1995;37:162-166
15. Wennerberg A, Albrektsson T, Andersson B : Bone tissue response to commercially pure titanium implants blasted with fine and coarse particles of aluminium oxide. *J oral maxillofac Implants* 1996;11:38-45
16. 木圓賢一郎, 中村社綱, 松尾雅斗 : PTFE膜を用いた抜歯窩治癒過程における骨再生と微細血管構築の變化について. *神奈川歯學* 1998;33-4
17. Buser D, Schenk RK, Steinmann 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(7):889-902.
18. 下村徳幸, 中村社綱, 松尾雅斗 : 咬合壓附與によるインプラント周圍組織の形態學的變化について. *神奈川歯學* 1998;33