

UV 조사 임플란트의 효과와 임상적 활용

VI. UV 조사 임플란트! 표면처리의 한계를 극복하기 위한 방안

VI. UV 조사 임플란트! 표면처리의 한계를 극복하기 위한 방안

현재 만 65세 이상 임플란트 건강보험이 가능해지고, 점점 인구 고령화가 이루어지면서 임플란트에 대한 수요가 늘어나고 있다. 이에 따라 임플란트 성공률을 높이기 위한 표면처리 방식은 점점 발달하고 있고, 요즘은 이전에 비해 임플란트 골유착에 대한 걱정이 비교적 줄어들고 있는게 현실이다.

가장 일반적인 표면처리 방식으로는 SLA(Sandblasted with large grit and Acid Etched) 방식이 거의 대부분의 임플란트에서 사용되고 있고, 기계적인 표면적 증대와 생물학적 안정성을 최적화했다고 평가되고 있다.

그렇지만 시간이 지남에 따라서 임플란트 표면에 공기 중의 탄화수소 등 유기물이 부착되어 골유착을 방해하는 생물학적 노화현상이 발생한다는 단점이 존재한다. 이러한 단점을 개선하고자 최근에는 자외선 광촉매 기술을 이용한 자외선(UV) 조사 임플란트가 소개되고 있다.

UV 조사로 초친수성 표면을 만들고, 골유착 수준을 높여 다양한 난 케이스에서도 보다 나은 임플란트 식립을 이끌 수 있다는 점에서 효과적이라고 보여진다. 이번에는 표면처리의 한계를 극복하기 위한 방안으로써 UV 임플란트의 특성과 임상적 적용성에 대해 검토해보고자 한다.

1. 임플란트와 뼈의 골유착을 방해하는 생물학적 노화 Biologic Aging

임플란트 표면에 수산화인회석(Hydroxyapatite) 분말의 고압분사를 통해 기계적인 임플란트 표면적을 넓히는 RBM(Resorbable Blasting Media) 표면처리와는 달리 알루미나(Alumina, Al₂O₃) 분말의 고압분사를 통해 기계적으로 표면적을 넓히고, 고온의 강산으로 에칭처리를 해서 생물학적 친화성을 높인 SLA(Sandblasted with large grit and Acid Etched) 표면처리를 한 경우 임플란트의 표면은 TiO₂ 산화막이 형성되어 골형성을 촉진할 수 있는 상태가 된다.

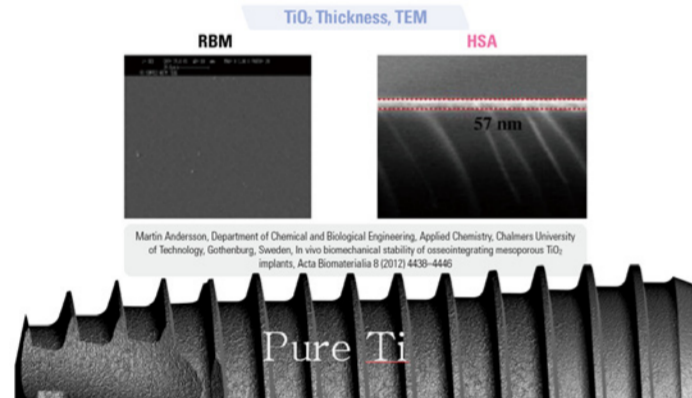


Fig.1 SLA 표면 외곽에 형성된 TiO₂층 (Martin Andersson et al, 2012)

Fig.1을 보면 SLA 표면처리한 임플란트 외곽층에 TiO₂막이 형성되어 있는 것을 볼 수 있는데, 논문 연구결과에 따르면 식립 후, 1개월 이상의 시간이 경과하게 되면 임플란트 표면에 공기 중의 탄화수소가 전제 표면적의 60~75% 가량 덮게 되면서 임플란트와 뼈의 골유착을 방해하는 생물학적 노화현상(Biologic Aging)이 발생한다는 점이 나타났다.

2. 자외선 광촉매 효과에 의한 UV 임플란트의 특성

앞서 말한 생물학적 노화현상에 의해 기존 임플란트는 탄화수소 등 유기물에 의해 표면이 소수성(Hydrophobic)을 나타내고, 그로인해 골형성 인자를 당기는 능력이 떨어지지만, UV 조사를 한 임플란트는 유기물이 제거되어 표면의 TiO₂층이 노출되면서 표면 성질이 초친수성(Superhydrophilic)으로 변하게 되므로 생체친화성을 높일 수 있다. (Fig.2)

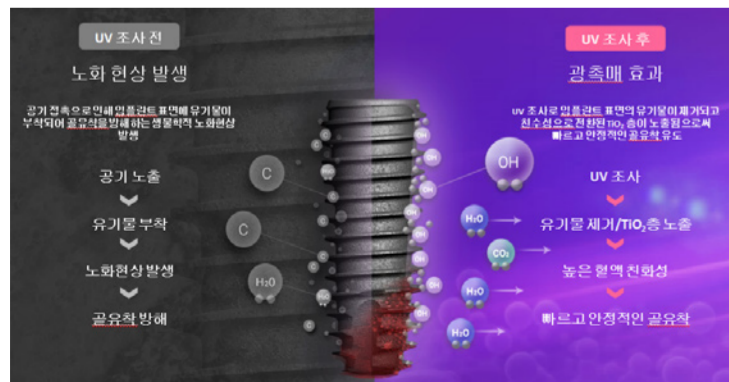


Fig.2 UV 조사 전후 비교를 통한 생물학적 노화현상과 광촉매효과 (자료제공 DIO)

1) 유기물 제거

UV 조사를 하지 않은 상태에서는 임플란트 표면에 탄화수소가 보통 60~75% 정도 덮여 있는데, UV 조사를 하고나서 10분이 지나게 되면 20% 수준으로 많이 낮아지게 되며, 이때 Fig.3에서 볼 수 있는 것처럼 UV조사 시간을 늘린다고 해도 그 이상 더 낮아지는 않는다. (Takahiro Ogawa et al, 2014)

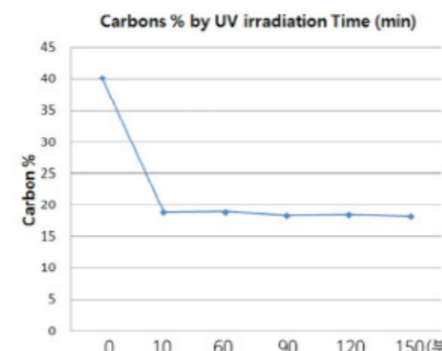


Fig.3 UV 조사에 의한 탄화수소 비율의 감소 (자료제공 DIO)

SLA처리된 임플란트 표면 TiO₂막에 UV 조사시에 활성산소가 생성된다. 이 활성산소는 산화력이 강하기 때문에 표면에 부착된 탄화수소 유기물과 결합후 CO₂로 증발되어 깨끗한 임플란트 표면을 형성하게 되는 것이다.

2) 초친수성

표면처리 후 1개월 이상 경과된 임플란트 표면은 소수성(Hydrophobic)이 되지만 10분 이상 UV 조사시 초친수성(Superhydrophilic)이 되는데(Fig.4-1, 4-2). 이 과정에서 표면의 성질이 음전하에서 양전하로 변하게 된다. 그렇기 때문에 수분이 닿게되면 즉각적으로 표면에 흡수된다. (Fig.5-1) 임플란트 식립 시에도 빠른 혈액 젖음성(Fig.5-2)을 통해 골형성에 관계된 단백질의 흡착을 증대시키는데, 단백질, 미네랄 등의 골형성 영양분들은 음의 성질을 띠고 있으므로 양의 성질을 띠는 임플란트 표면으로 끌어당겨진다고 생각하면 되고, 이를 통해 빠르고, 단단하고, 안정적인 골유착을 유도할 수 있다. (Takahiro Ogawa et al, 2014)

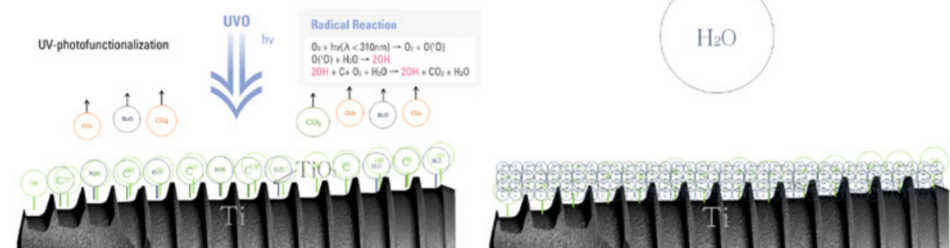


Fig.4-1 임플란트 표면에 UV 조사할 때 나타나는 반응

Fig.4-2 소수성에서 초친수성 표면으로 변화된 임플란트 표면 (자료제공 DIO)

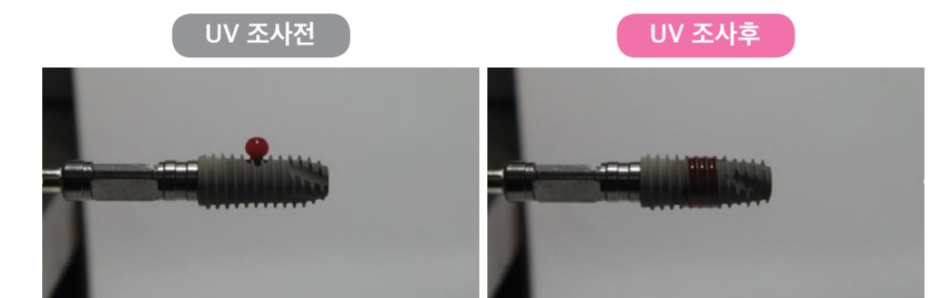


Fig.5-1 UV 조사 전후 임플란트 표면에 요오드 떨어뜨렸을 때의 반응 (자료제공 DIO)

임플란트 표면에 요오드를 떨어뜨렸을 때, UV 조사 전에는 물방울 형태로 맺혀 있지만, UV 조사 후에는 떨어뜨리자마자 표면에 빠르게 흡수됨



Fig.5-2 UV조사 전후 임플란트를 혈액에 담겼을 때의 반응 (자료제공 DIO)

UV조사 전, 후의 임플란트를 혈액에 담겼을 때, UV 조사 전에는 소수성 표면이라 주위 혈액을 밀어내지만, UV 조사 후에는 친수성 표면으로 주변의 혈액을 끌어당김

3) 골세포 증식

[In Vitro Test] 경희대학교 치과대학에서 시행한 UV 조사 전후의 세포증식 실험, SLA 표면처리만 된 Titanium disk (Ø10mm(대조군)와 UV를 10분간 조사한(실험군) MC3T3-E1 cell line(mouse osteoblast cells)을 활용하여 세포의 증식 실험을 실시하였다. Fig.6-1처럼 UV 조사한 disk는 대조군에 비하여 실험 개시 3일 후부터 세포 성장률이 급격하게 증가하였다. 또한 Fig.6-2처럼 대조군에서는 실험 3주에서 4주차로 넘어가면서 골형성능이 급격히 증가했지만, UV 조사한 경우는 2주에서 3주차로 넘어가면서 골형성능이 2배 가까이 증가한 결과를 보였다. UV 조사를 통해 유기물을 제거하고, 친수성 표면을 만들면서 골세포 증식과 골형성능을 높이는 데에 있어 높은 효과가 있다는 것을 알 수 있다.

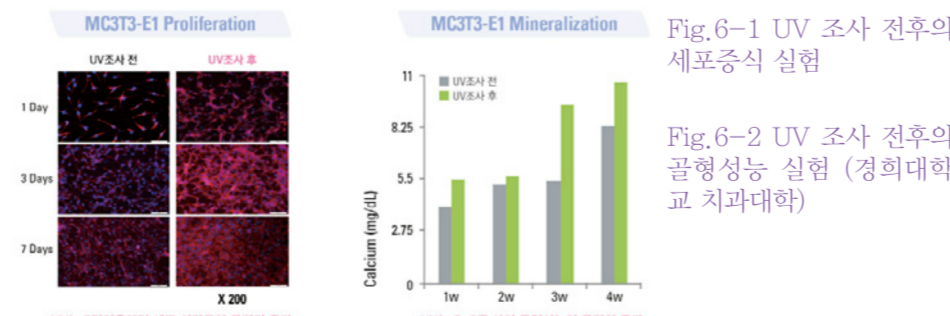


Fig.6-1 UV 조사 전후의 세포증식 실험

Fig.6-2 UV 조사 전후의 골형성능 실험 (경희대학교 치과대학)

4) 이상적인 BIC (Bone to Implant Contact rate)

미국 UCLA 대학교 실험쥐 모델에서의 테스트를 통해 SLA 표면처리된 임플란

트에 UV 조사한 경우 2주째에 72%의 BIC를 보였고, UV 조사하지 않은 경우에 비해 2.5배 높았다. 그리고 4주째에는 각각 98.2%와 53%의 BIC를 보여 약 2배 정도의 차이를 보였다. 좀더 나은 뼈와 임플란트간 골융합을 유지함으로써 골융합 과정을 가속화하고, 골유착 수준을 증가시킴을 알 수 있다. (Fig.7-1) (Takahiro Ogawa et al, 2014)

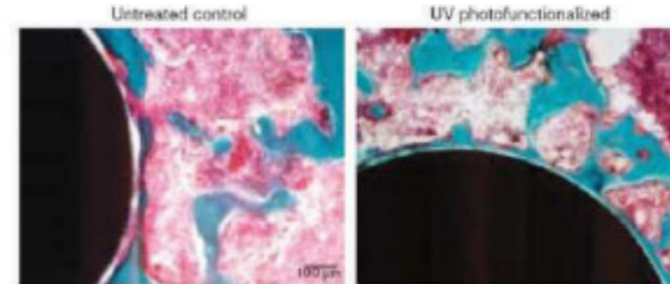


Fig.7 Evidence of increased peri-implant bone generation promoted by UV functionalization. These histologic images show peri-implant tissue at 2 weeks postimplantation in a rat femur model with and without UV treatment (Goldner trichrome)

Fig.7-1 UV조사 전후의 임플란트 주위 골형성 비교

[In Vivo Test] 경희대학교 치과대학에서 시행한 UV조사 전후의 BIC 실험, SLA 표면처리만 된 임플란트(대조군)와 UV를 10분간 조사한 임플란트(실험군)의 BIC에 관한 동물실험으로 뉴질랜드산 white rabbit의 좌우측 경골에 SLA 임플란트와 UV를 조사한 임플란트를 각각 2개씩 총 3마리에 식립하였다. 실험 2주와 4주차의 BIC를 비교하였고, Fig.7-2처럼 2주차 측정값에서 UV 조사된 임플란트의 BIC가 60%로 UV 조사하지 않은 경우 38%에 비해 높게 측정되었으며, 4주차에서 역시 각각 79%, 62%로 보다 높은 BIC를 나타냈다.

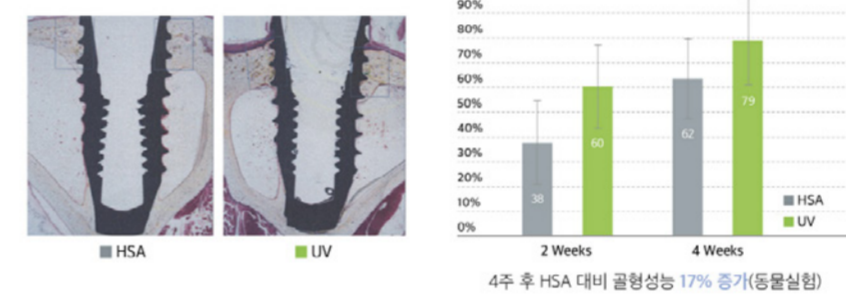


Fig.7-2 UV 조사 전후의 BIC 실험 (경희대학교 치과대학)

3. UV 임플란트의 임상적 활용성

1) 발치 후 즉시식립 임플란트

발치 즉시 임플란트 식립의 경우, 일반적인 경우에서와 달리 발치와의 골형성능을 기대할 수 있다는 장점이 있지만, 식립 시에는 뼈가 부족하기에 적은 골접촉율에 의해 초기 고정을 얻기 힘든 경우가 있다. 실험 상, 발치 즉시 식립의 경우 일반적인 경우와 비교하여 골접촉율이 1/3 수준 이었는데, UV 조사한 임플란트의 경우에는 일반적인 경우와 비슷한 수준의 골유착 강도를 나타내어, UV 조사하지 않은 임플란트 대비 2~3배의 치유 결과를 보였다. (Akiyoshi Funato et al, 2013)

2) 상악구 구치부 짧은 임플란트

하악구치부에서 하치조신경과 가까운 경우, 상악동 잔존골이 적은 경우 등에서 최소 침습 및 술후 합병증 가능성을 낮추고자 짧은 임플란트가 사용될 수 있지만 표면적 감소에 의해 임플란트와 골결합력의 한계를 보일 수 있다는 단점이 있다. 하지만 연구결과 짧은 임플란트에서 UV 조사 후 4주 뒤 골융합 강도에 있어서 UV 조사하지 않은 10mm 이상 길이의 일반 임플란트와 동등한 골융합 강도를 나타내었음을 볼 수 있다. (Akiyoshi Funato et al, 2013)

3) 임플란트 주위염

임플란트 합병증으로 치료받는 환자 수가 점점 늘어나고 있고, 그 중 임플란트 주위염이 높은 비율을 차지하고 있다. dog를 이용한 실험에서 임플란트 식립 후 90일, 180일 이후의 골흡수율을 측정했을 때, UV 조사한 임플란트 주위의 골흡수율이 더 낮았고(Fig.8-1), 조직학적으로 봤을 때, UV 조사한 임플란트에서 상부 골흡수가 없었고, 뼈와 임플란트간 계면이 유지되었지만, UV 조사하지 않은 임플란트에서는 뼈와 임플란트간 계면에 뼈가 부착되지 않거나 부분적 파괴가 나타난 것을 볼 수 있었다. (Fig.8-2) UV 조사된 임플란트는 임플란트 주위염의 진행을 억제할 수 있을 것으로 기대된다. (Katsuhiko Kimoto et al, 2016)

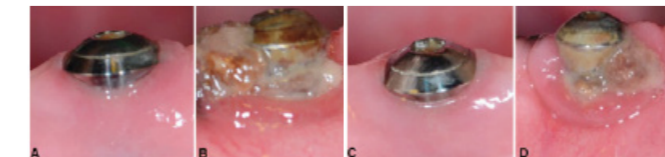


Fig.8-1 UV 조사 전후의 임플란트 주위 골흡수 정도 임상적 비교

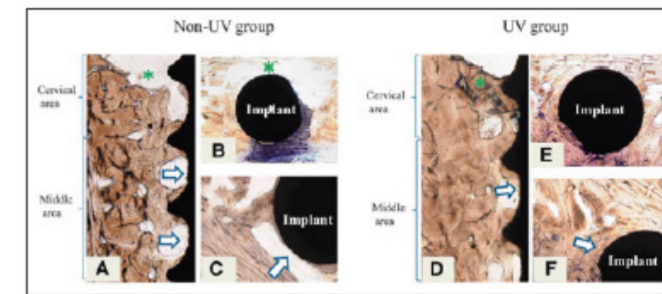


Fig.8-2 UV 조사 전후의 임플란트 주위 골흡수 정도의 조직학적 비교

4) 교정치료에서의 활용

12분간 UV 조사를 한 교정용 미니스크류와 관련된 연구에서 Fig.9-1 처럼 UV 조사를 한 미니스크류에서 부착된 세포의 수가 더 많았고, Fig.9-2 처럼 UV 조사를 하지 않은 경우에 비해서 3주 뒤, 미니스크류의 탈락율이 30~40% 정도 더 낮은 결과를 보였다. (Takahiro Ogawa et al, 2015)

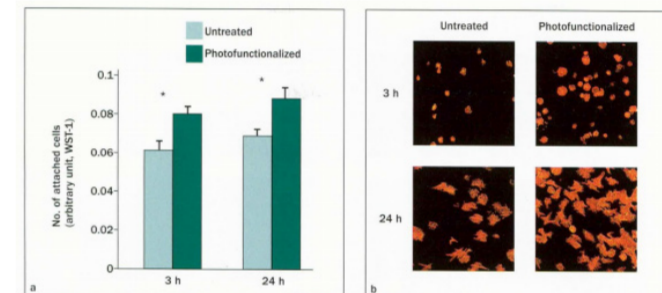


Fig.9-1 UV 조사 전후의 교정용 미니스크류에서의 세포부착정도 비교

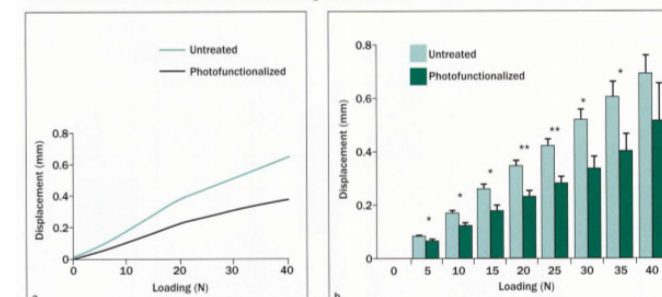


Fig.9-2 UV 조사 전후의 교정용 미니스크류에서의 고정력 비교

5) 치유시간의 감소로 인한 환자 만족

실험에 의하면 15분간 UV를 조사한 임플란트는 친수성이 증대되어 혈액을 잘 흡수하여, 다양한 케이스에서 97.6%의 높은 성공율을 보였다. 평균적으로 로딩까지 걸린 시간이 3.2개월로 UV 조사하지 않은 경우의 6.5개월과 비교해서 대폭 감소하였다. (Fig.10) (Akiyoshi Funato et al, 2013)

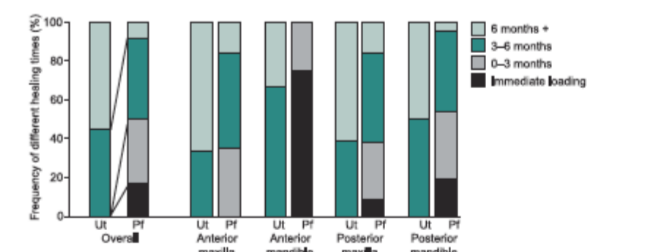


Fig.10 UV 조사 전후의 로딩 전 치유기간 분포

실제 임상에서 보통은 임플란트 식립 후 기존 골에 의해 기계적 결합력을 유지하다가(Primary Stability) 시간이 지남에 따라 기존골의 흡수로 인해 결합력이 약해지게 된다. 그러나 신생골이 성장하기 때문에 임플란트와 골의 결합력은 다시 증가된다.(Secondary Stability) 이때 Stability dip이라고 하여 임플란트와 뼈의 결합력이 가장 떨어지는 기간이 생기는데 임상적으로는 이 시기를 임플란트 식립 후 3~4주차로 평가한다. (Fig.11) 그러므로 UV 조사를 통해 초기에 Secondary Stability를 높িয়ে 된다면 Stability dip을 최소화하여 초기 임플란트 실패를 막고, 보다 빠른 임플란트와 뼈의 결합을 유도할 수 있을 것이다.



Fig.11 일반적인 임플란트에서의 시간 경과에 따른 Stability

ATA치과 이재일 원장



- 조선대학교 치과대학 졸업
- 서울대학교 치의학대학원 박사과정
- 가톨릭대학교 임상치과대학원 치과임플란트학과 석사
- 가톨릭대학교 성모병원 구강악안면외과 레지던트 수료

- 구강악안면외과 전문의
- 악안면성형재건외과 인정의