

# 임플란트 표면처리의 한계 극복! UV조사 임플란트의 제안 ①

I. UV조사 임플란트에 관한 문헌 고찰 / II. SLA 표면처리와 UV조사 임플란트의 임상적 차이 / III. 난케이스에서 UV조사 임플란트의 활용 / IV. 가이드 수술에서의 UV임플란트의 활용

## I. UV조사 임플란트에 관한 문헌 고찰

골유착 치유 시간의 단축, 임플란트 주위염에 대한 저항성 강화, 난케이스(노화된 뼈 또는 뼈와 임플란트간 초기 골접촉 면적이 부족한 경우 등)에 대한 적응 등 임플란트의 성공율을 높이기 위한 다양한 표면처리 연구와 개발이 진행되어 왔다. 특히, 한국 사회가 급격한 인구 고령화와 임플란트 건강보험 대상 및 본인 부담율의 완화로 골질이 좋지 않은 어르신에 대한 적절한 임플란트 표면처리에 관심이 증가하고 있다.

최근에는 임플란트 표면에 대한 기계적인 표면적의 증대뿐만 아니라 생물학적 안정성을 최적화한 SLA(Sandblasted with large grit and Acid Etched) 표면처리가 가장 일반화된 표면처리로 인식되고 있는 듯 하다.

하지만 가장 안정적인 임플란트의 표면 거칠기와 생체 친화적이라고 평가되는 SLA 표면처리 임플란트도 표면처리 후 시간의 경과에 따라 공기중의 탄화수소 등의 유기물이 부착되면서 뼈와 임플란트의 유착을 방해하는 생물학적 노화현상(Biologic Aging)이 발생되고, 이를 해결하기 위한 방법으로 자외선(UV) 조사 임플란트가 소개되고 있다. 이는 미국 UCLA 대학의 Ogawa 교수 등을 통해 수년 전부터 다양한 형태로 연구되었고 증명된 사실이다. UV조사에 의한 임플란트 표면의 개질 변화는 ①임플란트 표면이 소수성에서 초친수성으로 변화하게 되고, ②BIC 비율을 이상적인 수준으로 높이며, ③짧은 임플란트 등 표면적이 상대적으로 작은 임플란트의 경우에도 일반 사이즈의 임플란트와 동등 이상의 골융합 강도를 유도하고, ④임플란트 치유 시간의 단축 ⑤임플란트 주위염 억제 등의 효과를 기대할 수 있다고 보고된 바 있다. 이를 자외선 광촉매효과(UV Photofunctionalization)라고 통칭하고 있으며, UV조사 임플란트의 효과에 대한 이론적, 문헌적 내용에 대해 고찰을 시작으로 임플란트 표면처리의 한계 극복을 위한 방안으로 UV조사 임플란트에 대한 임상적 적응을 검토해 보고자 한다.

## I. UV 조사 임플란트에 관한 문헌 고찰

### [생물학적 노화현상 \_Biologic Aging]

수산화인회석(Hydroxyapatite) 분말의 고압분사에 의해 기계적인 임플란트 표면적을 넓히는 RBM(Resorbable Blasting Media) 표면처리와는 달리 알루미나(Alumina, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 분말의 고압분사로 기계적인 표면적을 넓히고 고온의 강산에 의한 에칭처리를 통해 생물학적 친화성을 극대화한 SLA 표면처리된 임플란트의 표면은 TiO<sub>2</sub> 산화막이 안정적으로 형성되어 골형성을 촉진할 수 있는 상태가 된다.(Fig.1)

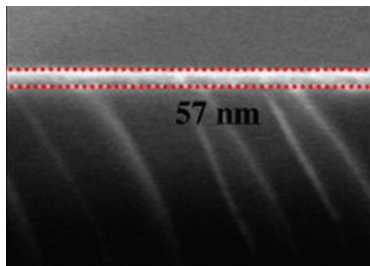


Fig.1 SLA 표면처리 외곽에 형성된 TiO<sub>2</sub>층, Martin Andersson, Department of Chemical and Biological Engineering, Applied Chemistry, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden

하지만 연구결과에 따르면 1개월 이상의 시간이 경과하게 되면 임플란트 표면에는 공기 중에 있던 탄화수소가 전체 표면적의 60~75% 가량 덮게 되어 임플란트와 뼈간의 골융합을 방해하는 생물학적 노화현상(Biologic Aging)이 발생됨을 확인할 수 있다.

### [UV 광촉매 효과 \_UV Photofunctionalization]

탄화수소 등의 유기물에 의해 임플란트 표면은 소수성을 띄게 되고, 단백질 등의 뼈를 형성하는 인자를 끌어 당기는 능력이 저하된다. UV(자외선)를 조사한 임플란트 표면은 탄화수소 등의 유기물이 제거되어 임플란트 표면의 TiO<sub>2</sub>층이 노출되고, 이로 인해 생체친화성이 극대화됨을 관찰할 수 있다.

### ① 탄화수소 등 유기물 제거

UV조사 전 임플란트 표면을 덮고 있던 60~75% 수준의 탄화수소는 UV 조사 후 10분이 경과하게 되면 20% 수준으로 급격하게 낮아지게 되고, UV조사 시간을 늘려도 큰 차이는 없었다.(Fig.2)(Ultraviolet Photofunctionalization of Titanium Implants/ Takahiro Ogawa, 2014)

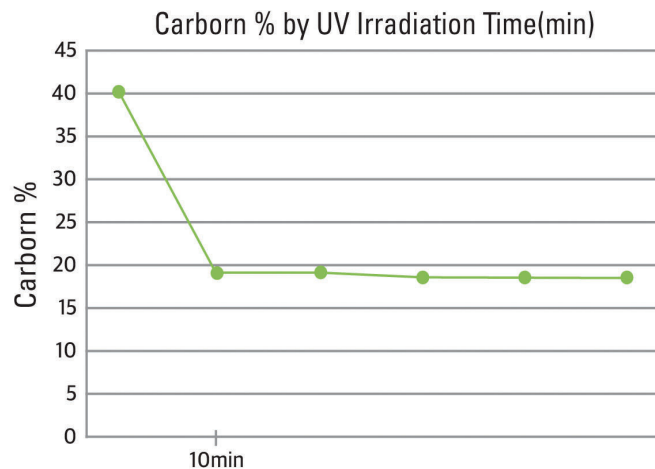


Fig.2 자료제공 : DIO R&D Institute

### ② 초친수성(Superhydrophilicity)

표면처리 후 1개월 이상 경과된 임플란트 표면은 소수성(Hydrophobic)이 된다. 즉 임플란트 표면에 대한 물의 접촉각은 60도 이상이고 그림(Fig3a, Fig3b)에서와 같이 표면에 물방울을 떨어뜨리면 흡수되지 않고 맺히게 된다. 반면 10분 이상 UV를 조사하게 되면 초친수성(Superhydrophilic)을 띄게 되고 접촉각이 0도에 가깝게 형성되어, 물방울을 떨어뜨렸을 때, 즉각적으로 표면에 흡수되는 것을 관찰할 수 있다. 이는 임플란트 식립 시, 빠른 혈액 젖음성과 임플란트 식립 부위의 defect가 커서 뼈이식이 필요한 경우에도 빠르게 혈액을 흡수하여 골형성에 관계하는 단백질의 흡착을 증대시

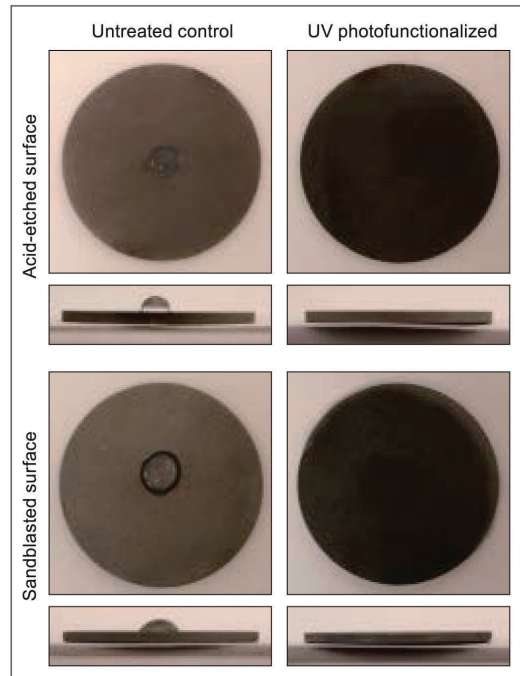


Fig.3-1 Conversion from hydrophobic to hydrophilic surfaces of titanium by UV treatment. These histologic images show peri-implant tissue at 2 weeks postimplantation in a rat femur model with and without UV treatment (Goldner trichrome).

Top and side view images are shown of 10μL of water on acid-etched and sandblasted titanium disks before and after UV treatment.

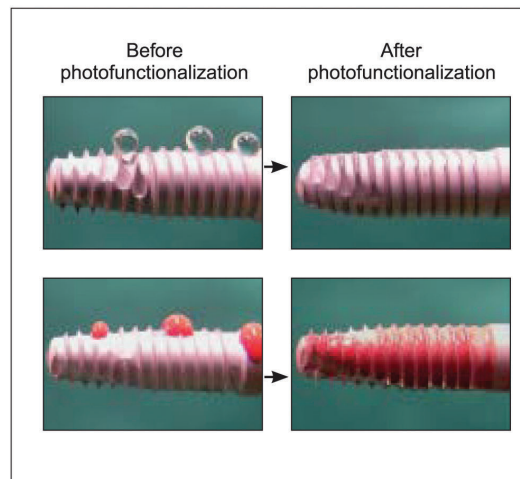


Fig.3-2 Superhydrophilic and superhemophilic surfaces of dental implants after photofunctionalization. Images show droplets of 3μL of double-distilled water and rat blood placed on implant surfaces (left) before and (right) after photofunctionalization. After photofunctionalization, 9μL of double-distilled water or blood (three droplets of 3μL each) was sufficient to spread and cover the entire surface of a dental implant.

김으로써 빠르고 단단한 골결합을 유도할 수 있음을 의미한다. (Ultraviolet Photofunctionalization of Titanium Implants/ Takahiro Ogawa, 2014)

### ③ 이상적인 BIC 유도

임플란트와 뼈와의 접촉 비율(Bone to Implant Contact rate)은 골융합 과정의 가속화와 골유착 수준에 큰 영향을 미친다. 실험쥐 모델의 생체 역학 테스트를 통해서도 SLA 표면처리된 임플란트에 UV를 조사한 경우는 4주가 경과한 시점에 98.2%의 이상적인 BIC를 보였으며, UV를 조사하지 않은 대조군에서는 53%의 BIC를 나타내 임플란트 주변의 뼈 부피가 약 2배 가량 차이를 나타냈다. 즉, 일반적인 표면 개질 기술과는 달리 치유 단계의 후반 단계에서 유리하게 뼈와 임플란트 간 골융합을 유지함으로써 골융합 과정의 가속화와 골유착 수준을 증가시킴을 확인할 수 있었다.(Fig.4)

(Ultraviolet Photofunctionalization of Titanium Implants/ Takahiro Ogawa, 2014)

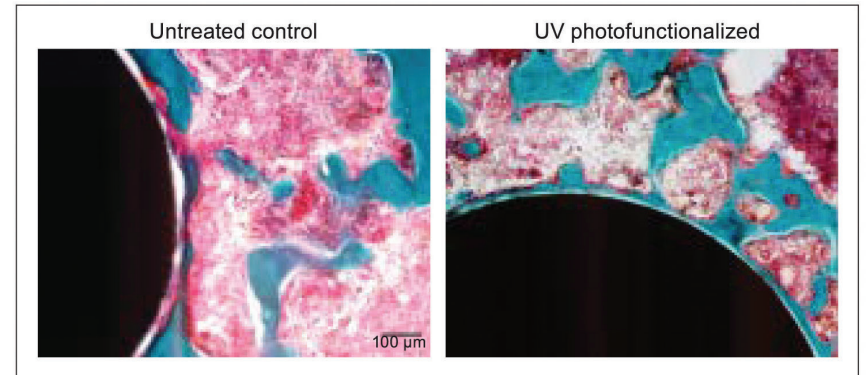


Fig.4 Evidence of increased peri-implant bone generation promoted by UV function-alization. These histologic images show peri-implant tissue at 2 weeks postimplantation in a rat femur model with and without UV treatment (Goldner trichrome).

### ④ 짧은 임플란트의 효용성 증대

짧은 임플란트는 최소 침습 기술 및 수술 후 합병증의 위험을 낮출 수 있고, 상아동 거상 및 뼈 확대술과 같은 임플란트 기술 전 치료를 피함으로써 치료 기간 및 비용 등에 대한 절감을 기대할 수 있기 때문에 활용도가 있지만, 표면적 감소에 의한 임플란트와 골결합력의 한계로 임상에서의 적용에 제약이 있다. 하지만 UV 조사 후 4주 및 8주가 경과한 짧은 임플란트는 UV가 조사되지 않은 일반(10mm 이상의 길이) 임플란트와 동등한 골융합 강도를 나타냈다고 보고된 바 있다.

(Success Rate, Healing Time, and Implant Stability of Photofunctionalized Dental Implants\_ Akiyoshi Funato etc. 2013)

### ⑤ 발치 후 즉시 식립 케이스 한계 극복

발치 즉시 임플란트 식립의 경우, 뼈가 없는 상태에서 뼈가 생성됨과 동시에 임플란트를 식립하는 것은 매우 어렵다. 실험에 의하면 발치 즉시 식립의 경우 일반 케이스 대비 골접촉율은 1/3 수준이었으나, UV를 조사한 임플란트의 경우 일반 케이스와 동일한 수준의 골유착 강도를 나타내어, UV를 조사하지 않은 임플란트 대비 2~3배의 치유 결과를 보였다.

(Success Rate, Healing Time, and Implant Stability of Photofunctionalized Dental Implants\_ Akiyoshi Funato etc. 2013)

### ⑥ 치유 시간의 단축

실험에 의하면 15분간 UV를 조사한 임플란트는 친수성, 친혈성이 증대됨은 물론, 표면의 탄화수소 원자량의 감소가 확인되었고, 전체 케이스의 90% 이상이 단계적 또는 동시적 수술이 필요한 어려운 케이스였음에도 불구하고 UV 조사에 의한 광활성화된 임플란트는 97.6%의 높은 성공율을 보였으며, 로딩까지 걸린 시간이 3.2개월로 치유시간 또는 대조군의 6.5개월 대비 현저하게 감소하였다.(Fig.5)

(Success Rate, Healing Time, and Implant Stability of Photofunctionalized Dental Implants\_ Akiyoshi Funato etc. 2013)

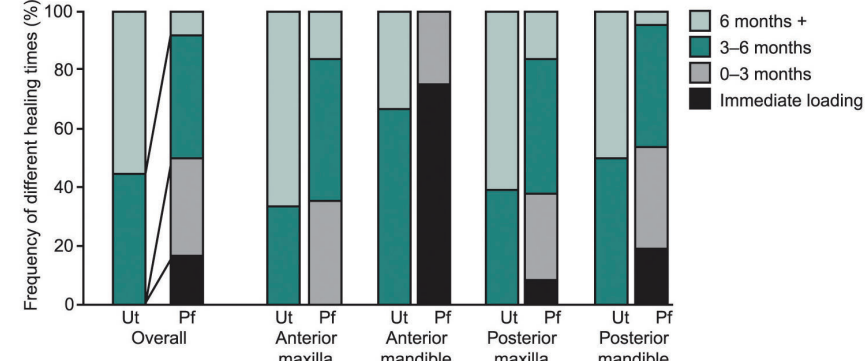


Fig.5 The distribution of specific healing times before functional loading of untreated and photofunctionalized implants. Ut: Untreated implants, Pf: photofunctionalized implants.

### ⑦ 임플란트의 주위염 억제

임플란트가 치아상실을 대체하기 위한 예측 가능하고 성공적인 치료 방법으로 자리를 잡긴 했으나 임플란트 치료 후 심미적, 생물학적, 기술적인 요인에 의해 합병증이 보고되고 있으며, 그 중 임플란트 주위염의 발생율이 특히 높다. 실험에 의하면 19%에서 56% 가량의 환자에서 임플란트 주위염이 발생되었다고 보고되고 있다. 성경험을 활용한 실험에서 임플란트 식립 후 90일, 180일 이후의 임상 검사, 방사선 검사 및 CT 촬영을 통한 골 흡수율 측정 결과 UV가 조사된 임플란트 주위의 골 흡수율은 UV가 조사되지 않은 임플란트 주위의 골 흡수율 보다 낮았으며(Fig.6), 조직 절편을 조직학적으로 관찰했을 때, UV조사가 되지 않은 임플란트에서는 뼈와 임플란트 간 계면에서 뼈가 부착되지 않거나 부분적인 파괴가 나타난 반면, UV조사 임플란트에서는 상단부에서 골흡수가 관찰되지 않았고, 뼈와 임플란트 간 계면이 유지된 것을 관찰할 수 있었다.(Fig.7)

결과적으로 UV조사는 임플란트 주위염의 진행을 억제하는 것으로 보인다. (Effect of Ultraviolet Irradiation of the Implant Surface on Progression of Periimplantitis-A Pilot Study in Dogs\_Katsuhiko Kimoto etc. 2016)

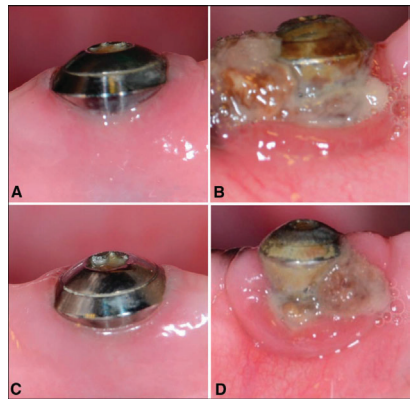


Fig.6 Intraoral photographs. A, Non-UV group after 90 days, (B) UV group after 90 days, (C) non-UV group after 180 days (90 days after dental floss application), and (D) UV group after 180 days (90 days after dental floss application).

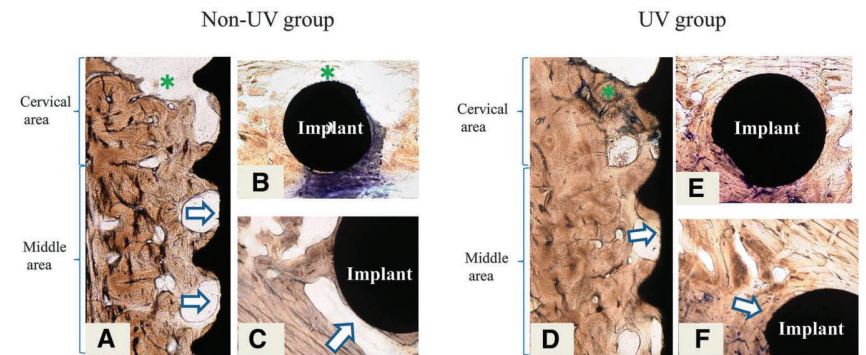


Fig.7 Light microscopic histological images (after 180 days). The grind samples were stained by methylene blue and examined under a light microscope. A, Cervical and middle areas of non-UV-irradiated implant at sagittal section, B, Cervical area of the non-UV-irradiated implant at horizontal section, C, Middle area of the non-UV-irradiated implant at horizontal section, D, Cervical and middle areas of UV-irradiated implant at sagittal section, E, Cervical area of the UV-irradiated implant at horizontal section, F, Middle area of the UV-irradiated implant at horizontal section.