

UV 조사 임플란트의 효과와 임상적 활용

I. UV 조사 임플란트의 효과 | II. UV 조사 임플란트의 임상적 활용

I. UV 조사 임플란트의 효과

임플란트 수술이 개발된 이래로 안정적인 임플란트 표면처리를 위한 기술은 계속해서 연구 및 개발되어 왔으며, 임플란트 표면에 대한 기계적인 표면적의 증대 뿐만 아니라 생물학적 안정성을 최적화한 방법으로 발전해왔다. 그러나 시간의 경과에 따라 임플란트 표면에 공기중의 탄화수소 등의 유기물이 부착되어 뼈와 임플란트의 유착을 방해하는 생물학적 노화현상이 발생되는 게 확인되었고, 수년 전부터 이러한 문제점을 해결하기 위해 일반 산업계에서도 활용되고 있는 광촉매 기술을 이용한 자외선(UV) 조사 임플란트 방법이 꾸준히 연구되어 왔다.

급격한 인구고령화로 인해, 임플란트 치료에 대한 요구와 도전 과제가 증가하는 최근의 우리 사회를 감안하면 UV 임플란트를 통해 골유합기간을 단축시킬 뿐 아니라 임플란트와 뼈의 골유착을 증가시키고, 골밀도 부족이나 발치 후 즉시 식립 등의 난케이스에 활용할 수 있다는 점은 일반 임상 의로서 흥미로운 부분이 아닐 수 없다.

이번 기고를 통해 표면처리의 한계를 극복하기 위한 방안이 되는 UV 조사 임플란트에 대한 이론적 고찰을 시작으로 UV 조사 임플란트에 대한 임상적 활용에 대해 알아보고자 한다.

1. 임플란트 표면처리와 생물학적 노화현상

임플란트의 순수 Titanium 표면에 수산화인회석 분말을 고압 분사시켜 임플란트의 표면을 기계적으로 증가시키는 방식의 RBM(Resorbable Blasting Media) 표면 처리와는 달리 알루미늄 분말을 고압 분사시켜 임플란트의 표면적을 넓히고 고온의 강산으로 에칭처리를 하는 SLA(Sandblasted with Large grit and Acid etched) 처리를 하면 임플란트 표면에 TiO₂, 즉 산화막이 형성되어 골형성을 촉진할 수 있는 상태가 된다.

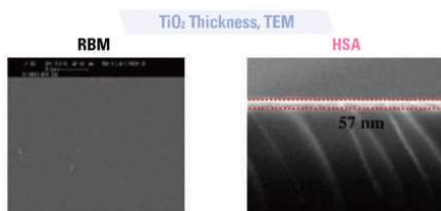


Fig.1 Martin Andersson, Department of Chemical and Biological Engineering, Applied Chemistry, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, In vivo biomechanical stability of osseointegrating mesoporous TiO₂ implants, Acta Biomaterialia 8 (2012) 4438-4446

Fig.1의 왼쪽 그림에서 RBM 표면처리와 오른쪽 그림의 SLA(HSA) 표면처리를 비교해 보면, 우측의 SLA 표면처리 Titanium은 표면에 TiO₂막이 형성되어 있는 상태를 확인할 수 있다. 하지만 이렇게 표면처리 해 놓은 임플란트도 1개월 이상의 시간이 경과하게 되면 공기 중의 탄화수소 유기물이 표면에 부착되면서 임플란트와 뼈와의 골유착을 방해하는 생물학적 노화현상(Biologic Aging)이 발생한다. 이와 관련한 연구를 통해, 수년전부터 미국 UCLA대학의 Ogawa 교수 등은 자외선(UV) 조사를 통해 임플란트 표면의 생물학적 노화현상을 해결할 수 있음을 증명해 왔는데, UV를 조사한 임플란트 표면은 탄화수소 유기물이 제거되어 임플란트 표면의 TiO₂ 층이 노출되고, 이로 인해 생체친화성이 향상됨을 밝혔다.

2. UV 임플란트 광촉매의 원리

우선 UV 조사에 의해 임플란트 표면의 탄화수소 유기물이 제거되고, 임플란트 표면의 성질이 소수성에서 친수성으로 변하게 되는 광촉매의 원리에 대해서 알아보려고 한다.



Fig.2 Titanium표면에 UV를 조사할 때 나타나는 Radical Reaction (자료제공: DIO R&D Institute)

임플란트 표면에 UV를 조사하게 되면 오존이 발생하지만 UV 파장이 310nm 이하에서는 즉각적으로 분해되어 사라지므로 오존과 관련된 위험성은 없다. SLA 처리된 임플란트 표면의 TiO₂막에 UV를 조사하면 전자(e⁻), 정공(h⁺)쌍을 발생해 공기중의 산소(O₂)와 물(H₂O)에 각각 결합하여 슈퍼옥사이드 음이온(O₂⁻)과 히드록시라디칼(·OH)로 된 2종의 활성산소가 생성된다. 이들 활성산소는 산화력이 강하므로 임플란트 표면에 부착된 탄화수소 유기물의 C와 결합 후 CO₂로 증발되어 깨끗한 임플란트 표면을 형성하고 이과정에서 임플란트 표면의 성질이 음전하에서 양전하로 변하게 된다. 이러한 과정을 통해 임플란트의 표면은 친수성을 띠게 되어 수분이 탈게 되면 즉각적으로 흡수하게 된다.

3. UV 조사 후 임플란트 표면 성질의 변화

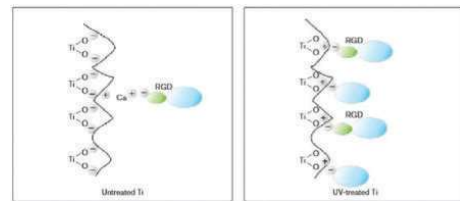


Fig.3 (좌측그림) UV를 조사하지 않은 TiO₂ 막에서 나타나는 이온과 단백질(녹색), 세포(파란색)간의 정전기상호작용. 일반적인 TiO₂ 막 표면은 음전하를 띤다. 단백질과 세포 또한 음전하의 성질을 가지고 있으므로 Ca²⁺와 같은 2가의 양이온이 있는 경우에만 TiO₂ 막 표면에 단백질과 세포가 결합할 수 있다. (우측그림) UV를 조사한 TiO₂ 막에서 나타나는 세포(파란색)와의 직접적인 정전기상호작용. UV를 조사한 TiO₂ 막 표면은 양전하를 띠게 되므로 음전하를 띤 단백질이나 세포와 직접적으로 결합할 수 있다. (Ultraviolet Photofunctionalization of Titanium Implants/ Takahio Ogawa, 2014)

임플란트 표면에 UV를 조사하게 되면 임플란트 표면은 친수성을 띠게 되어 혈액을 빨리 흡수하게 된다. 또한 표면의 성질은 ‘음’에서 ‘양’으로 변화되어 ‘음’의 성질을 띠고 있는 단백질이나 미네랄 등의 뼈를 형성하게 되는 영양분들을 임플란트 표면으로 끌어당긴다. 이러한 현상은 빠르고 안정적인 골유착을 가능케하여, 뼈 상태가 좋지 않거나 발치 케이스 등의 난케이스에서도 임플란트 성공률을 높인다.

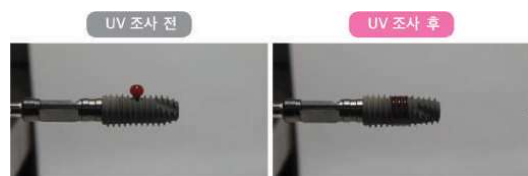


Fig.4 UV 조사 전 임플란트와 조사 후 임플란트 표면에 요오드를 떨어뜨렸을 때의 반응 (자료제공: DIO R&D Institute)

Fig.4에서 좌측은 UV 조사 전에 임플란트 표면에 요오드를 떨어뜨렸고, 우측은 UV를 조사한 표면에 요오드를 떨어뜨렸다. 좌측 그림에서는 요오드가 임플란트 표면에 불방울 형태로 맺혀 있는 데 반해, 오른쪽 그림에서는 요오드를 떨어뜨리자마자 표면에 흡수되는 걸 확인할 수 있다.

뉴튼치과병원 손현락 원장



- 부산대학교 치과대학 졸업
- 디오임플란트 Key Doctor Board Member
- Member of International Congress of Oral Implantologists
- 현) 뉴욕대학교(NYU) In-hat continuing dental education Program Lecturer
- 현) 뉴튼치과병원 대표원장



Fig.5 UV 조사 전 임플란트와 조사 후 임플란트를 실제 혈액에 담겼을때의 반응(자료제공: DIO R&D Institute)

Fig.5에서 보듯이 30대 남성의 혈액을 추출하여 UV 조사 유무에 따른 두개의 임플란트를 실제 혈액에 담는 실험에서 보면, UV를 조사하지 않은 임플란트는 표면의 소수성 성질로 인해 주위의 혈액을 밀어내는 데 비해, UV를 조사한 임플란트 표면은 친수성으로 주변의 혈액을 끌어당기는 현상을 확인할 수 있다.

In Vitro Test – UV 조사 전후의 세포증식 실험 (경희대학교 치과대학)

10mm 직경의 Titanium disk에 SLA 표면처리한 대조군과 SLA 표면 처리된 Titanium disk에 UV를 10분간 조사한 실험군에 MC3T3-E1 cell line (mouse osteoblast cells)을 활용하여 세포의 증식 실험을 실시하였다.

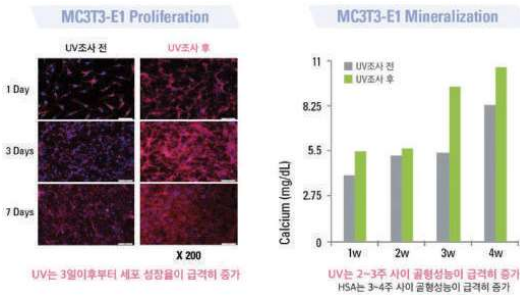


Fig.6 UV 조사 전후 MC3T3-E1 Proliferation

Fig.7 UV 조사 전후 MC3T3-E1 Mineralization

Fig.6에서 보듯이 UV를 조사한 Titanium Disk는 조사하지 않은 대조군에 비해 실험 개시 3일 이후부터 세포증식이 급속하게 증가하였다. UV를 조사한 Titanium Disk가 조사하지 않은 Disk에 비해서 Osteoblast cells의 증식이 증가하는 결과를 봤을 때, UV 조사를 통해 골세포 증식에 큰 효과를 나타내는 것으로 볼 수 있다.

동일한 cell line을 가지고 SLA 표면처리된 Titanium Disk를 이용하여 골광화 실험을 한 결과를 보면, SLA 표면처리된 Titanium Disk는 3주 후부터 골광화율이 증가하는 데 반해 UV가 조사된 Titanium disk는 실험 2주 후부터 급격하게 골광화율이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

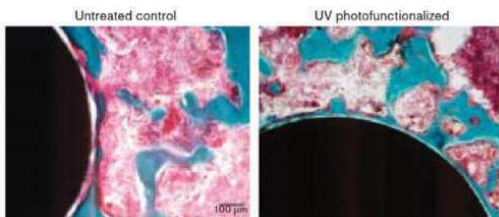


Fig.8 Evidence of increased peri-implant bone generation promoted by UV functionalization. These histologic images show peri-implant bone tissue at 2 weeks postimplantation in a rat femur model with and without UV treatment (Goldner trichrome)

Fig.8에서 보는 바와 같이 UV를 조사한 임플란트는 골형성과정에서 분명한 차이점을 보이는 데 UV를 조사하지 않은 임플란트 주위의 골형성이 부분적이고 극소화되어 있는데 반하여, UV를 조사한 임플란트 주위에는 연조직의 개재없이 골형성이 강하게 생성되었음을 확인할 수 있다. 실험 쥐 모델의 생체역학테스트에서 UV를 조사한 임플란트는 식립 2주 후에 BIC가 72%로, UV를 조사하지 않은 대

조군에 비해 2.5배 높았으며 4주 후에는 98.2%로 대조군의 53%에 비해 두배 정도 높게 관찰되었다. 이를 통해 UV 광활성화는 단순히 골융합 과정을 가속화시킬 뿐만 아니라 동시에 골형성의 양도 증가시킴을 알 수 있다. (Ultraviolet Photofunctionalization of Titanium Implants/ Takahio Ogawa, 2014)

4. UV 조사 임플란트의 성공률, 치유시간 및 안정성

2014년 Akiyoshi Eunato, Masahiro Yamada, Takahiro Ogawa 교수 등은 2년여에 걸쳐, 222건의 일반 임플란트 시술을 받은 95명의 환자와 168건의 UV를 조사한 임플란트 시술을 받은 70명의 환자를 분석하였다. 두 그룹 모두에서 임플란트 시술의 90% 이상이 단계적 또는 동시적 수술이 필요한 어려운 케이스였다.

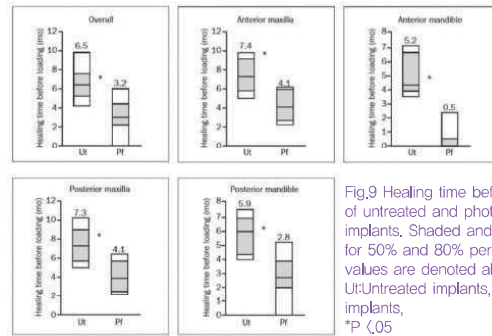


Fig.9 Healing time before functional loading of untreated and photofunctionalized implants. Shaded and white boxes account for 50% and 80% percentile, while the mean values are denoted above each box. Ut:Untreated implants, Pf:photofunctionalized implants, *P <.05

연구결과 광활성화된 임플란트의 식립은 97.6%의 높은 성공률을 보였으며, Fig.9에서 보듯이 로딩까지 걸린 시간이 3.2개월로 치유 시간 또한 대조군의 6.5개월 대비 현저하게 감소하였다.

Primary stability range	Implants	ISQ		
		At placement (ISQ)	At loading	Increase/m
ISQ < 40	3	37.7 ± 2.3	63.0 ± 7.5**	4.6 ± 0.4
ISQ 40-49	8	47.6 ± 1.8	73.8 ± 8.6***	8.7 ± 4.1
ISQ 50-59	13	56.1 ± 2.7	66.8 ± 8.7***	2.6 ± 2.4
ISQ 60-69	18	66.5 ± 2.6	70.5 ± 12.4NS	NA
ISQ 60-64	4	62.8 ± 1.5	74.0 ± 7.2*	2.0 ± 1.5
ISQ 65-69	14	67.6 ± 1.5	69.5 ± 13.5NS	NA
ISQ 70-79	33	76.1 ± 1.9	72.4 ± 11.5NS	NA
ISQ ≥ 80	24	82.7 ± 1.9	80.4 ± 6.1NS	NA

ISQ 60-69 was subdivided into ISQ 60-64 and 65-59 groups to precisely determine threshold of significant change in ISQ at loading. Statistically significant differences between time points; *P <.05; **P <.01; ***P <.001; NS: not significant. ISQ: initial ISQ at implant placement; NA: not applicable.

광활성화된 임플란트의 ISQ 증가 값은 월마다 2.0에서 8.7 범위였으며, 문헌상의 대조군 ISQ 값인 -1.8에서 2.8보다 높은 수치를 보였다.

	Overall implant length			Implant diameter		Complex cases	
	Mean (mm)	≤ 10 mm (%)	≥ 13 mm (%)	Mean (mm)	≥ 5 mm (%)	Implant length (mm)	Implant diameter (mm)
Untreated implants (n = 222)	12.04 ± 1.69	56 (25.2)	109 (49.1)	4.71 ± 0.75	123 (55.4)	12.20 ± 1.65	4.64 ± 0.73
Photofunctionalized implants (n = 168)	11.76 ± 1.69NS	63 (37.5)	72 (42.9)	4.51 ± 0.71**	66 (39.3)	11.71 ± 1.30*	4.50 ± 0.76NS

Statistically significant differences between untreated and photofunctionalized groups; *P <.05; **P <.01; NS: not significant.

광활성화군은 길이가 10mm 이하인 임플란트를 더 많이 사용하였고 사용된 임플란트 직경은 평균적으로 대조군에 비하여 더 작았다. 결론적으로, 더 짧고 작은 직경의 임플란트를 더 자주 사용함에도 불구하고, 광활성화를 통해 성공률을 떨어뜨리지 않고도 더 빠른 로딩 프로토콜을 사용할 수 있었다. 이것은 광활성화된 임플란트의 안정도 증가 속도와 관련이 있다. 이 결과는 광활성화가 임플란트 시술을 발전시키기 위한 새롭고 실제적인 방법을 제공할 수 있음을 시사한다.

(Success Rate, Healing Time, and Implant Stability of Photofunctionalized Dental Implants / Akiyoshi Eunato, Masahiro Yamada, Takahiro Ogawa, 2014)

<다음 회에 계속>