

산화 티타늄 블라스팅 임프란트 표면구조에 대한 염산 테트라싸이클린의 영향

이정민¹, 허 익^{1*}, 권영혁¹, 박준봉¹, 정종혁¹, 허성주²

1. 경희대학교 치의학전문대학원 치주과학교실, 구강생물학연구소
2. 서울대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실

I. 서론

임프란트는 티타늄이 연조직의 개재 없이 골과 직접 접촉하는 골유착의 개념 하에 결손치아를 대체하는 방법으로 임상에서 많은 발전이 있었다^{1,2)}. 최근 부분 무치악이나 완전 무치악의 치료에 임프란트가 보편적으로 이용되고 있으며 임프란트로 무치악을 수복하는 경우 예견성이 매우 높으나 시술의 증가와 더불어 임프란트 주위염의 발생도 증가하고 있다. 임프란트 주위염은 임프란트 주위에서 점진적인 골소실이 일어나는 상태로, 원인은 과도한 교합력^{3,4)}과 염증에 의한 것³⁾으로 나눌 수 있다. 과도한 교합력에 의한 임프란트 주위염⁵⁾은 염증의 소견없이 임프란트 주위골의 미세 파절을 일으키고⁶⁾ 이로 인한 미세이동으로 임프란트 주위 골소실과 섬유조직의 함입이 일어난다³⁾. 염증에 의한 임프란트 주위염은 만성 치주염의 양상과 비슷하며^{7,8)} 연조직의 염증으로 시작하여 골조직으로 이환되고 심한 경우 임프란트의 동요가 생긴다. 주 원인균도 만성치주염과 비슷한 방추균, 운동성 간균, 나선균 및 그람음성 혐기성 간균이다. 그러나 만성치주염보다 임프란트 주위염

에서 조직파괴가 더 심하며 골소실의 양상이 골수까지 쉽게 진행된다. 이는 임프란트의 치은연하 세균총은 자연치와 유사하나⁷⁾ 임프란트 주위 점막내 섬유유 주행방향이 치아 주위 점막과 달리, 임프란트 표면에 평행하게 주행하여 염증이 쉽게 하부로 퍼지기 때문이다⁹⁾. 또 다른 이유는 자연치는 결합조직섬유 다발이 백악질에 수직으로 배열되어 있는 반면, 임프란트에서는 표면에 평행하게 배열되어 있고 교원질섬유에 혈액공급이 부족하기 때문이다^{8,10)}. 따라서 임프란트 주위염 시 발생의 원인을 정확히 파악하고 치료를 시행하는 것이 중요하다.

임프란트 주위염의 치료는 질환의 진행을 막아 건강한 상태로 회복시켜 임프란트가 정상기능을 하도록 하는 것이 목적이다. 임프란트 주위염의 치료방법에는 골결손부의 크기 및 형태에 따라 비외과적 술식과 외과적 술식이 있으며^{11,12,13)}, 치료의 최종적인 목표는 치주낭의 감소와 소실된 골의 재생을 촉진하여 임프란트와 골간에 재골유착이 일어나게 하는 것이다^{2,6)}. Meffert²⁾에 의하면 임프란트 주위염 시 임프란트가 구강 내에 노출되어 타액과 인접 연조직에 접촉되면 표면이 세균과 내독소로 피복된다

*교신저자 : 허 익, 서울시 동대문구 회기동 1번지 경희대학교 치과대학 치주과학교실, 130-702 (전자우편 : yherr@khu.ac.kr)

고 하였다. 임프란트의 표면이 오염된 경우 섬유아 세포의 부착과 성장을 방해하여 생리적 치유 및 재골유착이 어려우므로 골유착을 위해서는 표면의 세척 및 해독이 필수적이다^{2,12)}. 표면 처리 방법에는 여러 가지가 있는데 구연산, 염산 테트라싸이클린, 클로르헥시딘, 클로라민 티 용액 등의 화학제를 표면에 적용하는 화학처리법^{4,16)}과 공기-분말 연마기구, 금속 큐렛, 티타늄 큐렛, 플라스틱 큐렛, 초음파기구 등을 이용한 기계적 방법 등^{13,14,15)}이 있다.

임프란트 표면과 골과의 유착을 증가시키고 식립시 견고한 초기고정을 위하여 표면 거칠기를 증가시킨 임프란트가 개발되었는데, 이는 임프란트 주위염이 있는 경우 표면의 불규칙성과 미세구조로 인해 내독소의 부착이 증가되어¹⁴⁾ 기계적인 방법만으로 내독소를 완전히 제거하기 어려우며¹³⁾, 임프란트의 고유 표면구조에 손상을 줄 수 있다. 그러므로 임프란트의 표면구조를 변화시키지 않으면서 효과적으로 해독할 수 있는 화학제의 사용이 제안되었다.

임프란트 주위염의 원인균은 치주질환 원인균과 유사하므로 화학제의 사용으로 임프란트 표면의 내독소의 제거가 효과적일 수 있다. 염산 테트라싸이클린은 치주질환에 널리 이용되는 항생제로, 치근면 처치 시 세포의 부착 및 증식을 도와주며^{17,18,19)} 임프란트의 표면 해독에도 효과가 있다고 알려져 있다^{2,19,20)}. Sommerman 등¹⁷⁾에 의하면 50mg/ml 농도의 염산 테트라싸이클린이 섬유아세포의 화학주성과 증식을 유도하기에 최적이라 하였고, 이를 임프란트 표면에 적용 시 시간증가에 따른 표면구조의 변화를 보이지 않는다고 하였다. Mombelli 등¹⁹⁾은 임프란트 주위염 치료 시 국소적으로 염산 테트라싸이클린 섬유를 10분간 치은열구 내에 적용시킨 후 임상적, 미생물학적으로 개선을 보였다고 하였다.

Cooper²¹⁾는 표면 거칠기가 혈병의 유지를 증가시켜 골전도에 영향을 주어, 임프란트 표면에서 골형성 속도도 빨라진다고 하였다. 그러나 Wong 등²²⁾은 표면 거칠기의 증가가 항상 더 우수한 골유착을 유도하지 않으며, 표면 거칠기의 양상, 크기, 분포 등 다른 요인도 영향을 줄 수 있다고 하였다. Wennerberg²³⁾은

고도의 표면 거칠기보다 중등도의 표면 거칠기에서 골-임프란트 접촉의 증가를 보였다고 하였고, Wennerberg와 Albrektsson²⁴⁾은 임프란트의 이상적인 표면 거칠기가 1~1.5 μ m라고 하였다. 또 골-임프란트 접촉이 전적으로 표면 거칠기에만 의존하는 것은 아니며 골 유착에 적합한 이상적인 표면 거칠기가 존재하므로, 임프란트 주위염 치료를 위한 표면 해독 시, 가능한 임프란트 고유의 표면 거칠기를 유지시키도록 해야 한다고 하였다²⁴⁾. 표면 거칠기를 표현하는 여러 값 중 어떤 것이 가장 적합한지는 규명되지 않았으나 Ra로 표현되는 값이 가장 덜 민감하고 갑작스러운 표면의 변화에도 덜 민감하다고 하였다²²⁾. 이 때 Ra값은 중심선 평균 거칠기(arithmetic roughness value)를 나타낸 것으로, 평균 선에 평행하며 단면 곡선으로 둘러싸인 상하 면적이 같게 되는 위치의 직선인 중심선에서 단면 곡선까지의 평균 높이를 말한다²²⁾.

표면 거칠기 측정시의 광학 간섭계와 주사전자현미경의 사용에 관해서 Wennerberg와 Albrektsson²⁴⁾은 optical profiling instrument 중, 특히 confocal laser scanning profilometers와 interferometer만이 촘촘히 나사가 배열되어 있는 임프란트의 구조를 적절히 평가할 수 있는 유일한 기구라고 하였으며, 기계 접촉식 profilometer 사용 시 임프란트 표면을 손상시키며, tip의 적용이 제한되므로 거칠기 측정에 한계가 있다고 하였다. White Light interferometer의 원리는 2개로 갈라지는 광선이 표면의 계측면에서 반사될 때의 두 빛의 간섭정도를 측정, 평가하는 것이다. 또, 나선형 형태의 임프란트에서 표면 거칠기 측정 시, 위치마다 거칠기의 측정값이 다르지만 각 나선의 top, valley, flank의 3군데에서 각각 3번 측정값의 평균을 구하는 것이 안정적임을 보고하였다²⁴⁾.

이번 연구에 이용된 임프란트는 산화 티타늄 입자로 블라스팅한 표면으로, 입자의 크기를 조절함으로써 표면 거칠기를 조절할 수 있는 장점이 있는 반면, 입자가 표면에 잔존한다는 단점이 있다. Nikitas²⁵⁾는 임프란트 표면에 산화 티타늄 입자로 블라스팅하여 마모에 의해 불규칙한 표면을 만드는 방식에서 표면

거칠기는 입자의 크기, 블라스팅 시간, 압력, 입자에서 임프란트 표면까지의 거리 등에 따라 달라지며 입자의 크기가 클수록 표면의 거칠기도 커진다고 하였다. Ellingsen과 Lyngstadaas²⁶⁾은 산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트를 희석된 불산(hydrofluoric acid)으로 처리한 결과 불소이온이 임프란트 표면에 부착하여 표면 거칠기가 감소하고, 골-임프란트 표면사이 접촉 비율이 증가하며, 칼슘과 인산이온이 골 전구 세포를 자극한다고 하였다. Ivanoff²⁷⁾은 산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트와 machined 표면 임프란트를 비교한 연구에서 산화 티타늄 블라스팅 표면에서 나사 flank 사이의 거칠기 증가로 인한 골-임프란트 표면 사이 접촉 비율 증가를 보고하였다.

이번 연구의 목적은 염산 테트라사이클린과 생리식염수를 이용하여 산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트를 표면 처리한 후, 처리시간에 따른 표면 거칠기의 변화를 Optical interferometer로 측정하고 주사전자현미경을 통하여 표면의 미세구조 변화를 관찰하는 것이다. 이를 근거로 임프란트 표면의 미세구조에 변화를 주지 않는 효과적인 염산 테트라사이클린 적용시간을 평가하고, 생리식염수와 염산 테트라사이클린의 표면 변화의 차이를 평가하여 표면 거칠기 변화에 대한 염산 테트라사이클린의 효과를 알아보기 위한 것이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

직경 4.0mm, 길이 15mm의 산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트(ASTRA Tioblast[®], ASTRA Tech AB)를 사용하였으며, 실험 약물로는 생리식염수와, 표면처리를 위해 염산 테트라사이클린을 멸균 증류수에 녹여 50mg/ml의 농도로 만들어 사용하였다.

2. 연구장비

표면 거칠기를 측정하기 위해 Optical interfer-

ometer(Accura 2000, interplus Co., Seoul, Korea)를 사용하였고, 표면 변화를 관찰하기 위해 주사전자현미경(S-800, Hitachi Com., Tokyo, Japan)을 이용하였다.

3. 연구방법

1) 실험 전 표면 거칠기 측정

평균선에 평행하며 단면 곡선으로 둘러싸인 상하 면적이 같게 되는 위치의 직선인 중심선에서 단면 곡선까지의 평균 높이인 중심선 평균 거칠기(arithmetic roughness value, Ra)라 한다. 임프란트 표면에 유성펜으로 표시하여 실험할 면을 지정한 후 표면 거칠기의 실험 전 값을 Optical interferometer(Accura 2000, interplus Co., Seoul, Korea)로 3부위(1, 4, 7번째 thread)에서 측정하여 표면 거칠기 값을 구하였다.

2) 대조군, 실험군 설정

아무 처치를 하지 않은 산화 티타늄 블라스팅 임프란트를 무처리군으로 하고, 대조군은 멸균된 생리식염수로 처리한 군, 실험군은 염산 테트라사이클린으로 처리한 군으로 하였다.

3) 표면 해독 및 세척

대조군은 멸균된 생리식염수를 소독된 스폰지에 적셔 각각 0.5분, 1분, 1.5분, 2분, 2.5분, 3분간 문지르는 방법을 사용하였고, 실험군은 50mg/ml 농도의 염산 테트라사이클린을 소독된 스폰지에 적셔 위와 같은 방법으로 표면 처리하였다. 이 때 매 30초마다 새로운 스폰지로 교환해 주었으며 임프란트의 표면 처리가 끝나면 1분간 멸균 증류수로 세척한 후 건조시켰다.

4) 실험 후 표면 거칠기 재측정

실험 전에 측정한 부위와 동일한 부위에서 대조군과 실험군 임프란트의 각 처리 시간별로 표면 거칠기를 재측정하였다.

5) 주사전자현미경 관찰

준비된 시편을 ion sputting coater(Eiko, IB-3, Tokyo, Japan)을 이용하여 0.1 Torr 진공상태에서 4분간 금으로 피복시킨 후 주사전자현미경(S-800, Hitachi Com., Tokyo, Japan)을 이용하여 20kV 상태에서 임프란트 표면을 관찰 후 촬영하였다. 그 후 각각의 사진을 관찰하고 분석하여 임프란트 미세표면 구조 변화 유무 및 표면 구조가 변한 시점을 판정하였다.

III. 연구성적

1. 표면 거칠기 측정

무처리군과 대조군, 실험군에서 산화 티타늄 블라스팅 임프란트의 표면 거칠기를 표면처리 전과 후에 측정하였으며, 통계는 Wilcoxon's signed rank test를 이용하여 처리 전, 후의 값을 비교하였고, Wilcoxon's rank sum test로 염산 테트라싸이클린과 생리식염수를 비교하였다.

Table 1에서 알 수 있듯 무처리군과 비교했을 때, 대조군과 실험군 모두에서 Ra값이 증가하는 변화가 있었다.

Table 2는 대조군과 실험군에서 Ra의 실험 후 값에서 실험 전 값의 차이를 구한 것으로, 실험 전후

Table 1. Surface roughness values measured 3 valleys (1st, 4th, 7th valley) before & after surface detoxification in control & test groups.

Implants	Application time (minute)	Ra value before detoxification (mean ±SD, μm)	Ra value after detoxification (mean ±SD, μm)	P value
Control group	No treatment	1.061 ± 0.553	1.020 ± 0.382	0.25
	0	1.801 ± 0.216	1.476 ± 0.375	0.50
	1	2.163 ± 0.194	2.564 ± 0.740	0.75
	1.5	1.276 ± 0.177	1.293 ± 0.161	1.00
	2	1.354 ± 0.344	1.582 ± 0.299	0.25
	2.5	1.147 ± 0.433	1.132 ± 0.563	1.00
	3	1.477 ± 0.449	1.262 ± 0.466	0.25
Test group	0.5	1.591 ± 0.175	1.293 ± 0.226	0.50
	1	1.611 ± 0.551	1.480 ± 0.614	0.50
	1.5	1.495 ± 0.188	1.367 ± 0.060	0.75
	2	1.130 ± 0.049	1.265 ± 0.216	0.50
	2.5	1.148 ± 0.082	1.460 ± 0.216	0.25
	3	1.564 ± 0.344	2.437 ± 0.829	0.25

Table 2. The changes of surface roughness values (Ra) according to surface detoxification.

Application time(minute)	The changes of Ra($Ra_{\text{post}} - Ra_{\text{pre}}$, μm)		P value
	Control group	Test group	
0.5	-0.325	-0.298	1.000
1	+0.401	-0.131	0.680
1.5	+0.017	-0.128	1.000
2	+0.228	+0.135	0.680
2.5	-0.015	+0.312	0.422
3	-0.215	+0.783	0.141

표면 거칠기 값의 차이를 기록한 표이다. 표면처리 시간이 증가함에 따라 대조군에서는 Ra 값의 변화에 특정한 경향이 없지만, 실험군에서는 1.5분 이후부터 Ra 값의 차이가 현저하게 증가한다. 즉, 1.5분 경과 후부터 표면 거칠기가 증가한 것을 알 수 있다.

2. 주사전사현미경 연구

1) 무쳐끼군

산화 티타늄 블라스팅 표면 임플란트 특유의 불규칙한 표면과 작은 pit과 fissure들이 관찰되며, 산화 티타늄 입자가 블라스팅 된 주변은 날카로운 절삭표

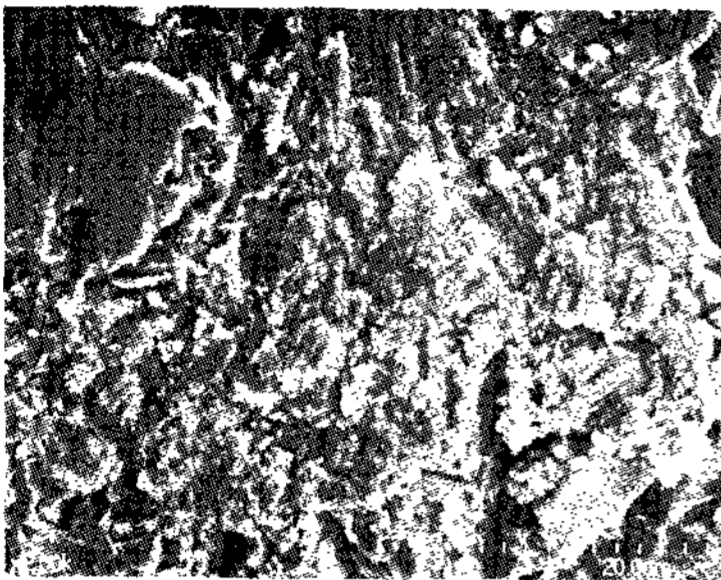


Figure 1. TiO₂ blast implant surface without any conditioning shows the rough surface with small pits($\times 2000$).

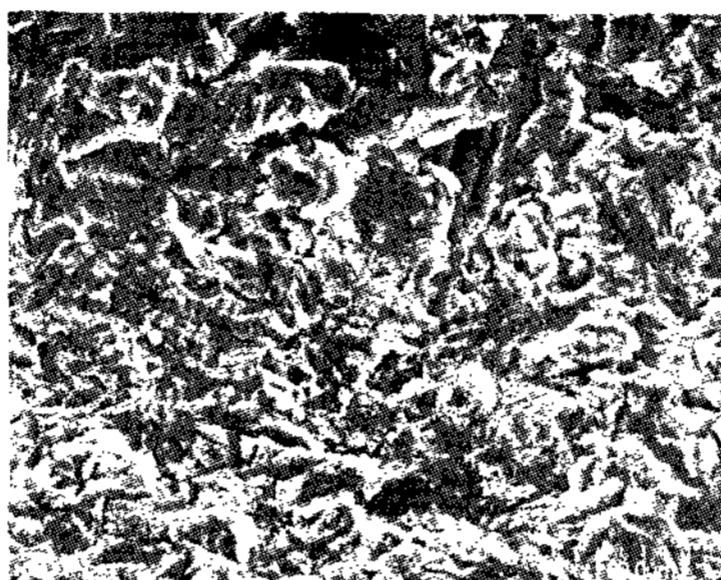


Figure 2. TiO₂ blast implant surface conditioned with saline for 0.5min ($\times 2000$). Surface roughness is more increased by rubbing with cotton pellet.

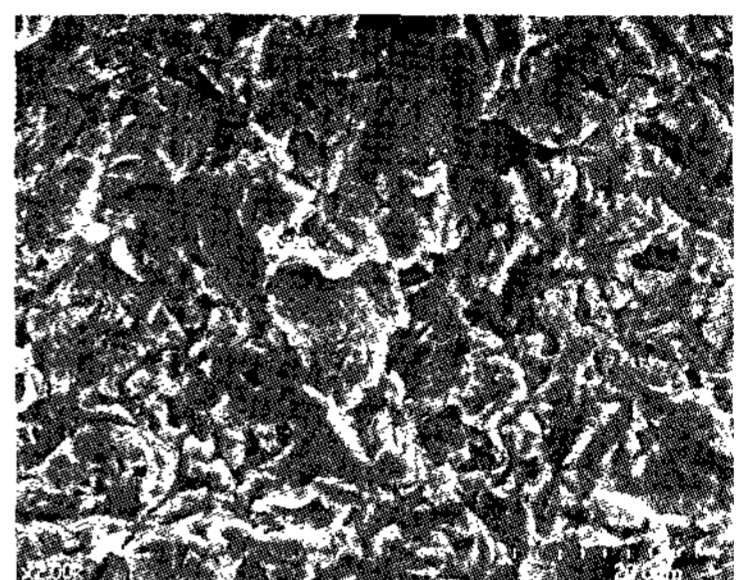


Figure 3. TiO₂ blast implant surface conditioned with saline for 1min ($\times 2000$). Note no remarkable change.

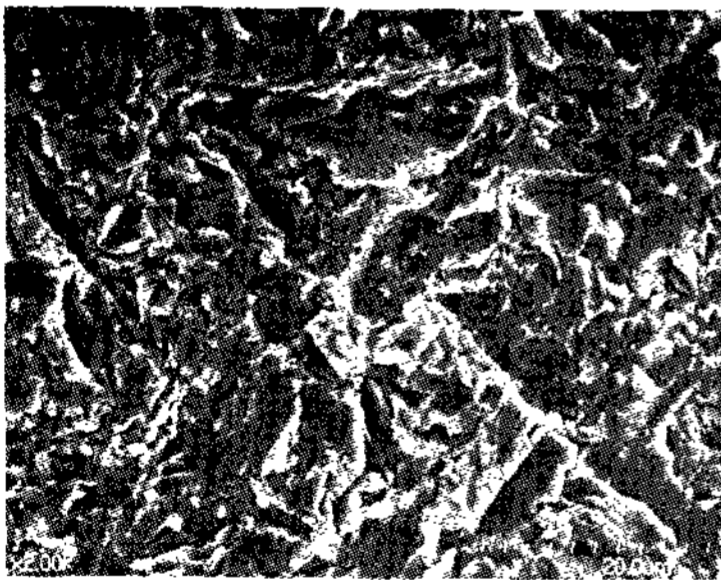


Figure 4. TiO₂ blast implant surface conditioned with saline for 1.5min ($\times 2000$). Note no remarkable change.

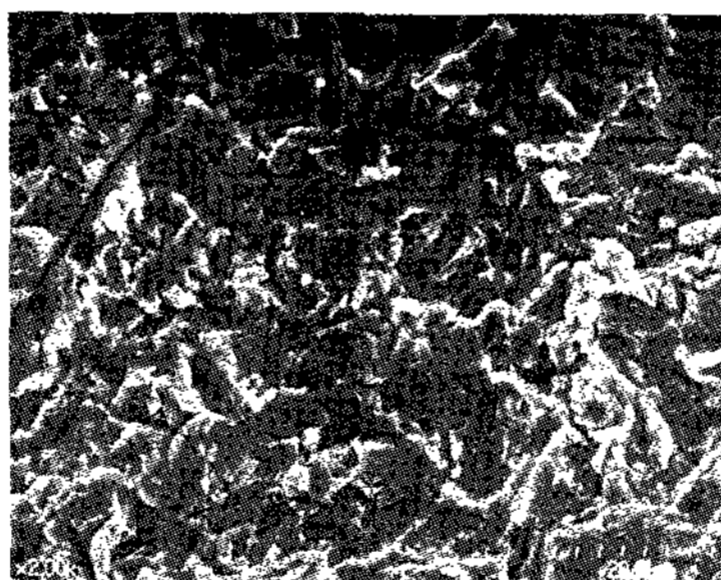


Figure 5. TiO₂ blast implant surface conditioned with saline for 2min ($\times 2000$). Note no remarkable change.

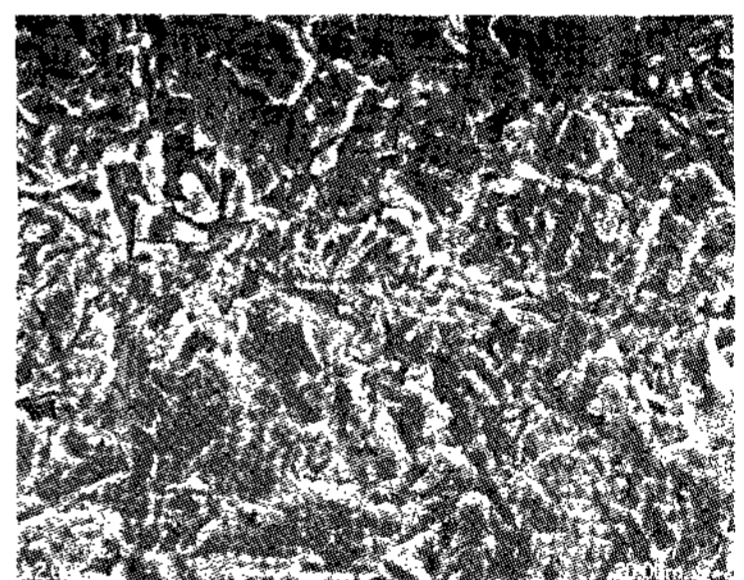


Figure 6. TiO₂ blast implant surface conditioned with saline for 2.5min ($\times 2000$). Note no remarkable change.

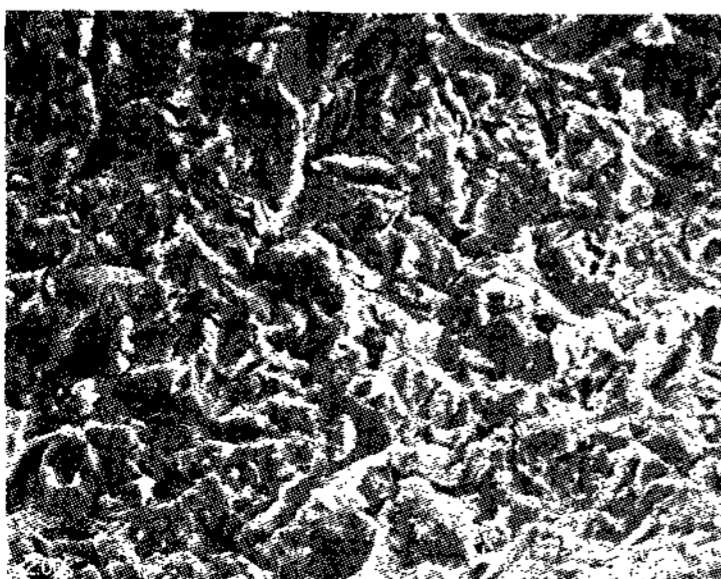


Figure 7. TiO₂ blast implant surface conditioned with saline for 3min ($\times 2000$). Note no remarkable change.

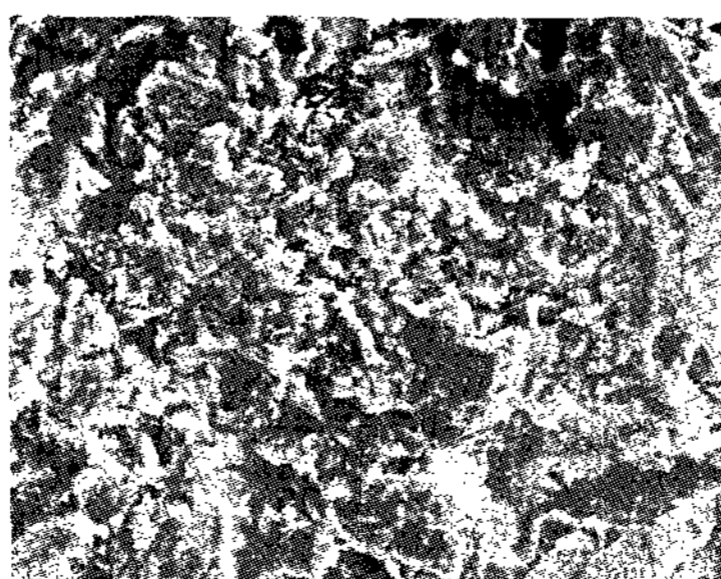


Figure 8. TiO₂ blast implant surface conditioned with 50mg/ml Tetracycline-HCl solution for 0.5min($\times 2000$). Note no remarkable change.

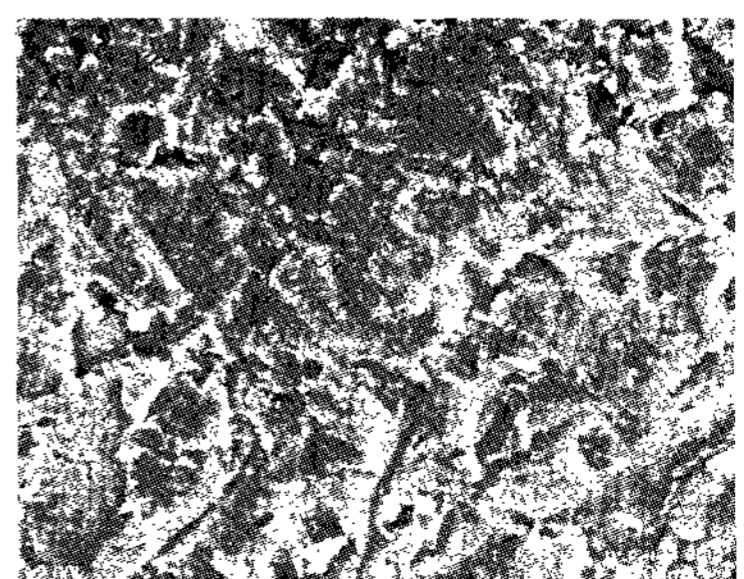


Figure 9. TiO₂ blast implant surface conditioned with 50mg/ml Tetracycline-HCl solution for 1min($\times 2000$). Note no remarkable change.

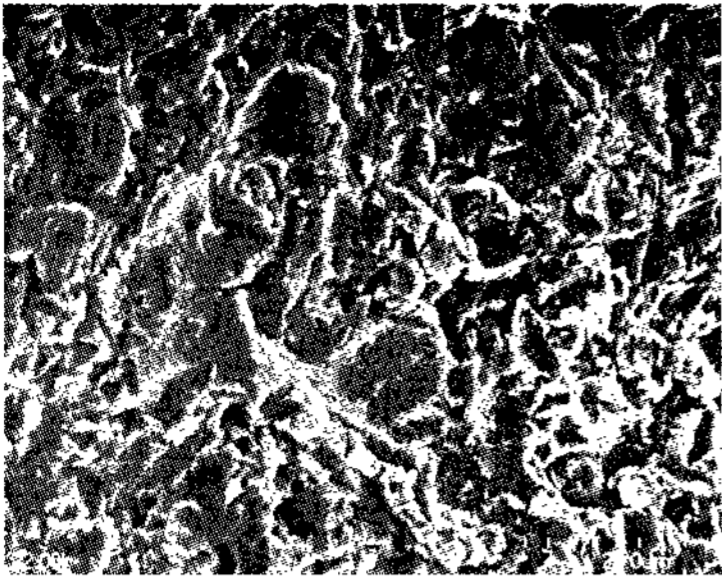


Figure 10. TiO₂ blast implant surface conditioned with 50mg/ml Tetracycline-HCl solution for 1.5min(×2000). After treatment, irregularity of surface is remarkable.

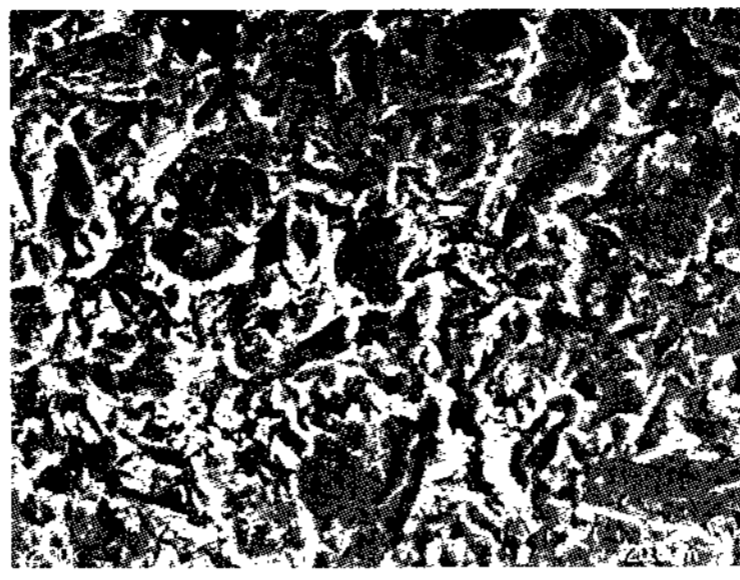


Figure 11. TiO₂ blast implant surface conditioned with 50mg/ml Tetracycline-HCl solution for 2min(×2000). More small pit and fissures are observed.

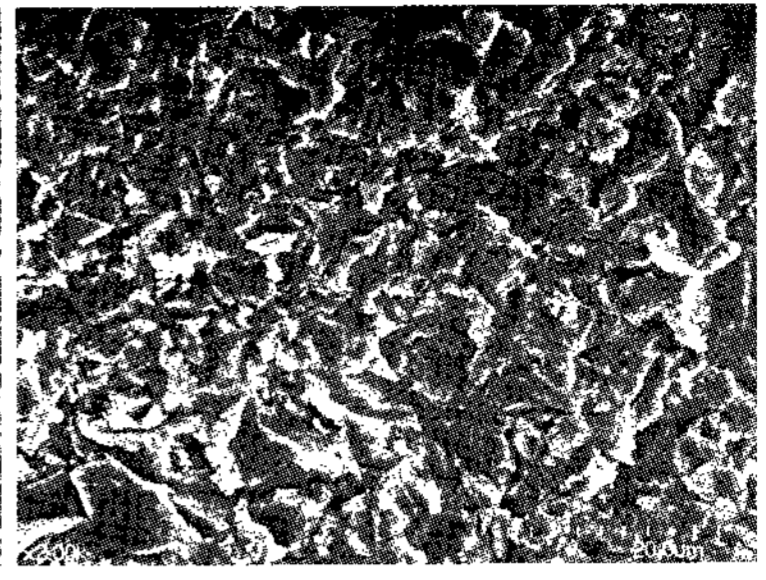


Figure 12. TiO₂ blast implant surface conditioned with 50mg/ml Tetracycline-HCl solution for 2.5min(×2000). More small pit and fissures are observed.



Figure 13. TiO₂ blast implant surface conditioned with 50mg/ml Tetracycline-HCl solution for 3min(×2000). Surface texture is flattened and smooth.

면을 보인다(Figure 1).

2) 대조군 : 멸균 생리식염수 처리군

무처리군과 비교 시 특정한 변화의 경향을 나타내지 않았으나, 스폰지로 문지른 작용에 의해 표면 거칠기가 증가된 양상이 보인다(Figure 2-7).

3) 실험군 : 염산 테트라싸이클린 처리군

무처리군과 비교 시 염산 테트라싸이클린 처리 후 0.5분(Figure 8)부터 표면에 작은 pit과 fissure가 증가한 것이 보이고, 1.5분(Figure 10)부터는 표면에 확연하게 증가된 구멍과 골짜기가 보인다. 1.5분 이후 적용시간 증가에 따라 거칠기가 미세하게 증가하는 것이 관찰되고, 3분이 경과(Figure 13)하면서부터는 표면이 오히려 평평해지는 것이 관찰된다.

IV. 고안

이번 연구에 이용된 임프란트는 표면을 산화 티타늄 입자로 블라스팅한 방식으로, 블라스팅 표면은 입자의 크기를 조절함으로써 표면 거칠기를 조절할 수 있는 장점이 있는 반면, 입자가 표면에 잔존한다는 단점이 있다. Nikitas²⁵⁾은 임프란트 표면에 산화 티타늄 입자로 블라스팅하여 마모에 의해 불규칙한 표면을 만드는 방식에서 표면 거칠기는 입자의 크기, blasting 시간, 압력, 입자에서 임프란트 표면까지의 거리 등에 따라 달라진다고 하였다. 즉 입자의 크기가 클수록 표면의 거칠기도 커진다고 하였다. Ellingsen와 Lyngstadaas²⁶⁾은 산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트를 희석된 불산(hydrofluoric acid)으로 처리한 결과 불소이온이 임프란트 표면에 부착하여 표면 거칠기가 감소하고, 골-임프란트 표면사이 접촉 비율이 증가하며, 칼슘과 인산이온이 골전구 세포를 자극한다고 하였다. Ivanoff 등²⁷⁾은 산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트와 machined 표면 임프란트를 비교한 연구에서 산화 티타늄 블라스팅 표면에서 나사의 flank사이 거칠기 증가로 인한 골-임프란트 표면사이 접촉 비율 증가를 보고하였다.

이번 연구에서는 산화 티타늄 블라스팅 임프란트 표면을 대상으로 하여 각각 무처리군, 멸균 생리식염수로 처리한 대조군, 50mg/ml의 염산 테트라싸이클린으로 처리한 실험군으로 나눈 후, 적용 시간에

다른 표면 거칠기 값을 측정하고, 주사전자현미경으로 표면의 변화를 관찰하였다. 대조군에서 표면 거칠기(Ra 값)는 표면 처리 전 보다는 약간 증가하였고 이는 스폰지로 문지른 것에 의한 결과로 생각된다. 그러나 시간의 경과에 따라 특정한 변화는 없었다. 대조군의 주사전자현미경 소견은 무처치군과 비교하여 약간의 표면 변화가 있었으나, 시간의 경과에 따라 특정한 변화 양상을 보이지 않았다.

실험군에서 표면 처리 전과 후의 Ra 값의 차이는 처리 시간이 증가함에 따라 증가하였고, 특히 1.5분부터는 Ra 값의 증가가 현저하게 나타났다. 실험군의 주사전자현미경 소견은 무처치군과 비교 시 0.5분부터 표면 함몰이 증가되기 시작하여, 1.5분에는 증가된 구멍과 골짜기 형태가 관찰되었다. 1.5분 이후 표면 변화가 미세하게 증가하다가 3분 이후에는 평평해진 부분이 관찰되었다. 이로써 표면에 염산 테트라싸이클린이 영향을 주어 표면 구조가 변화하였음을 알 수 있다. 처치 시간대별 실험군과 대조군 간의 Ra 값 변화를 비교하면, 1.5분 경과 후부터 대조군보다 실험군에서 Ra 값의 증가가 크게 나타났으나, 통계학적 유의성은 없었다.

임프란트 주위염 치료의 최종목표는 골소실로 노출된 오염된 임프란트의 표면에 재골유착을 형성하는 것이다. Jovanovic 등²⁰⁾은 임프란트 주위염에 화학처리 후 재생술식 시행 시 재골유착이 가능하다고 하였고, Hurzeler 등^{28,29)}은 동물실험 결과 재골유착이 형성되었다고 보고하였다. 그리고 Persson 등^{30,31)}은 재골유착 형성 여부는 임프란트 표면 해독뿐만 아니라 초기 치유 과정동안 혈병의 부착 및 유지에 필요한 능력을 임프란트 표면이 가지고 있는지에 달려 있다고 하였다.

임프란트의 표면은 골유착에 영향을 미치는 중요한 요소이다³²⁾. 최근 다양한 표면구조의 임프란트가 소개되었는데, 임프란트의 표면 거칠기를 증가시키면 골과 임프란트 간의 접촉 면적이 커지기 때문에 최근에 사용되는 임프란트는 대부분 거친 표면을 가지고 있다. 거친 표면의 임프란트는 초기 고정력이 우수하고 골유착에 소요되는 시간이 빠르며 치유 후

골유착 정도가 크다^{32,33)}. 그러나 거친 표면의 임프란트는 여러 장점들을 가지고 있음에도 불구하고 임프란트 주위염이 발생하여 표면이 노출 시 치태침착이 더 용이하다고 하였다³³⁾. 그리고 세균과 내독소 제거 시 표면 변성의 가능성도 높다¹⁵⁾. 이번 연구에서는 산화 티타늄 블라스팅 표면을 가진 임프란트를 사용하였는데 가공 처리된 티타늄 표면은 절삭날과 티타늄의 강도에 따라 표면의 거칠기가 결정되는데 평균 거칠기는 0.53~0.96 μm 이다³⁴⁾. 이번 연구에 이용된 산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트는 평균 거칠기가 1.3 μm 정도이고 임프란트 상부까지 표면 처리가 되어있어 주변골 상실을 방지하도록 고안되었다.

Schou 등³⁵⁾은 재생형 술식으로 임프란트 주위염을 치료할 경우 재골유착 정도가 적은 이유는 임프란트 표면의 해독이 불완전하거나 표면이 변성되었기 때문이라 하였다. Chairay 등³⁷⁾은 임프란트 주위염의 치료과정 중에 생긴 표면의 변화는 골과 유착될 계면을 변형시켜 골유착에 영향을 준다고 하였다.

또한 이상적인 임프란트 표면 처리 방법을 찾기 위해 많은 연구가 시행되었는데 Thomson-Neal 등³⁶⁾은 순수 티타늄 임프란트, 수산화인회석 피복 티타늄 임프란트와 크리스탈 사파이어 임프란트에 다양한 방법의 표면 처리를 시행하였다. 그 결과 금속기구나 초음파기구를 이용한 경우 표면이 불규칙하게 변화한 반면, 클로르헥시딘을 사용한 경우와 러버컵을 사용한 경우에는 임프란트의 고유한 표면 구조가 거의 변화하지 않았다. 그러나 임프란트 주위염으로 인한 골결손 부위에 러버컵이나 플라스틱 큐렛 등의 기구조작은 불가능하므로 섬유아세포의 성장과 부착을 촉진하는 염산 테트라싸이클린이나 구연산의 적용이 적당하다. Dennison 등¹⁵⁾은 가공처리된 티타늄 표면, 티타늄 분사피복 표면, 수산화인회석 피복 표면에 대해서 공기-분말 연마기구의 내독소 제거 효과가 우수하다고 하였으며 특히 가공 처리된 티타늄 표면에서 그 효과가 탁월하다고 하였다. Chairay 등³⁷⁾은 가공 처리된 티타늄 표면과 티타늄 분사피복 표면에 공기 분말 연마기구를 5초와 15초간 사용하고 주사전자현미경을 통하여 표면의 변화

를 관찰하였는데 5초 후에는 표면 변화가 거의 일어나지 않는 반면 15초 후에는 모든 표면이 변형된다고 보고하였다. 한편 Augthun 등³⁸⁾은 티타늄 분사 피복 표면, 수산화인회석 피복 표면과 평활한 순수 티타늄 표면에 대하여 플라스틱 큐렛, 금속 큐렛, 다이아몬드 기구, 초음파 기구, 공기분말 연마기구, 0.1% 클로르헥시딘 용액을 적용했는데, 공기분말 연마기구, 클로르헥시딘 및 플라스틱 큐렛을 사용한 경우에 표면의 변화를 거의 보이지 않았다. 또한 laser를 사용하여 임프란트 표면을 해독하는 방법이 있으나 이는 온도상승으로 인한 조직의 손상을 고려해야한다.

이상의 연구들을 보면 임프란트 표면 변화를 야기하지 않는 기계적 방법으로 플라스틱 큐렛과 러버컵을 이용한 방법, 공기분말 연마기구를 이용하는 방법 등을 들 수 있다. 그러나 플라스틱 큐렛과 러버컵을 이용한 방법으로는 골결손부 내부의 임프란트 표면에 기구조작을 한다는 것이 거의 불가능하다. 또한 공기분말 연마기구는 공기전색증 또는 기종을 유발할 수 있고 임프란트 표면의 산화막을 제거하여 부식을 증가시킬 수 있다.

일반적으로 사용되는 화학적 약제에는 구연산, 염산 테트라사이클린, 클로르헥시딘, 불화주석 등이 있다. 구연산은 여러 연구에서 우수한 내독소 제거 효과가 입증되었으나^{14,15)} 임상적으로 사용 시 쉽게 구할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 그리고 클로르헥시딘은 내독소와 결합하려는 성질을 가지고 있고 임프란트 표면에 적용 시 막을 형성하여 재골유착을 방해한다고 하였다. 불화주석은 치아에 적용 시 항우식 효과가 있고 운동성 세균을 감소시키는 효과가 있으나 수산화인회석 피복 임프란트에 적용할 경우 표면 조성에 변화를 일으킬 수 있고, 내독소에 대한 효과는 증명된 바가 없다. Rimondini 등³⁹⁾은 어떠한 방법으로도 임프란트 표면을 완전히 해독할 수는 없다고 하였다. 또 생리식염수만으로 오염된 임프란트 표면을 문질러 좋은 결과를 얻은 연구도 있다³¹⁾. 이번 연구에서는 임프란트 표면의 완전한 해독보다는 고유한 표면구조의 유지에 초점을 맞추어 연구를 설

정하였고 기계적 방법에 비해 표면의 변화가 적은 화학적 방법을 선택하였다. 또 여러 화학적 약제 중 치근면 처치에 널리 사용되고 있고 임프란트 주위염 치료 시 사용되어 좋은 결과를 얻었으며 임상적으로 사용이 편리한 염산 테트라사이클린을 사용하여 임프란트 표면 처리를 시행하였다.

염산 테트라사이클린은 치주병원균의 제거에 효과적인 광범위 항생제이며 치면에 강하게 흡착되어 활성형으로 방출되고⁴⁰⁾ 교원질 분해효소 활성을 저해하며 상피세포의 부착과 하방증식을 방해하며, 골이식시 치유를 증진시키는 효과가 있다고 하였다. 염산 테트라사이클린이 임프란트 표면에 적용된 예를 보면 Wittrig 등은 수산화인회석이 피복된 티타늄 표면에 염산 테트라사이클린을 적용 시 세포성장 및 부착이 증가한다고 하였다. Meffert¹⁸⁾은 임프란트 주위염 치료 시 염산 테트라사이클린을 국소적으로 사용하여 화농성 병원균을 효과적으로 억제하였음을 보고하였다. 이러한 해독작용 후 부가적으로 조직 유도재생술을 사용하여 좋은 임상적 결과를 얻었고, Mellonig 등은 임프란트 주위 골결손부의 염증조직을 제거하고 염산 테트라사이클린으로 해독한 후 탈회동결건조골과 차폐막을 이용하여 재생술식을 시행한 결과 치주낭의 깊이가 감소하였으며 임상적 부착 수준의 증가 및 골결손이 치유되는 결과를 얻었다. Muller 등은 염산 테트라사이클린을 3분간 사용하여 임프란트 표면을 해독한 후 골이식재 및 차폐막을 사용한 3가지 임상증례에서 임프란트 주위의 골결손이 소실되었고 탐침깊이가 감소되었다고 하였다.

이번 연구에서는 염산 테트라사이클린의 농도를 50mg/ml로 설정하였는데 Sommerman 등¹⁷⁾은 이 농도에서, 섬유모세포의 화학주성 및 증식이 활발하게 일어난다고 보고했다. 50mg/ml보다 높은 농도는 오히려 정상세포기능에 해로울 수 있고 세포 이주를 방해한다고 하였다. 치근면 처치에서도 같은 농도를 적용하지만 치근면 처치의 목적은 해독보다는 탈회이기 때문에 임프란트 표면에도 같은 농도의 염산 테트라사이클린을 적용하는 것은 논란의 여지가 있을 수 있다. 또 Zablotsky 등¹⁴⁾에 의하면 염산 테트

라싸이클린은 50mg/ml의 농도에서 pH 2-3의 약산으로 내독소를 제거하는데는 효과가 떨어진다고 하였다. 그러나 이번 연구에서는 해독 효과에 중점을 두지 않았기 때문에 세포 부착 및 이주에 적절한 농도인 50mg/ml의 염산 테트라싸이클린으로 임프란트 표면 처리를 시행하였다. 그리고 적용 시간은 3분까지로 하였는데 여러 임상 증례에서 3분 이내로 처치하였기 때문에 임상적 적용 시간을 고려하여 이와 같이 설정하였다. Zablotzky 등¹⁴⁾에 따르면 화학 처리 시 식염수에 적신 솜으로 1분간 문지른 결과 내독소의 감소를 관찰하였으며, 이는 다른 화학제를 적용한 것과 비슷한 효과를 나타내었다. 본 실험은 이 연구에서 시행한 방식대로 면구를 이용하여 문지르는 방법을 사용하였다. Mouhyi 등은 화학적 약제를 적용 시 내독소와 부착하여 검은 점으로 남게 되는 경우에 치유과정 중 역효과를 일으킬 수 있다고 하였다. 그래서 이번 연구에서는 표면 처리 후 1분간 멸균 증류수로 철저히 수세하였다.

치과 임프란트가 보편화됨에 따라 다양한 형태와 표면의 임프란트가 개발되고 있으며 같은 표면처리 방식이라 하여도 제조사에 따라 표면 구조가 다른 것도 있다. 따라서 임프란트 주위염 치료 시 각각의 임프란트 표면에 따른 표면 처리 방법을 연구하는 것은 중요한 일이라 생각된다. 이번 연구에서는 산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트에 염산 테트라싸이클린과 생리식염수로 표면 처리하고 각 시간경과에 따라 표면 거칠기를 객관적으로 측정하고, 주사전자 현미경 사진으로 표면의 변화를 관찰하였다. 이전의 연구들이 단지 주사전자현미경 상에서의 표면 변화를 육안으로 비교 분석한 것이라면, 표면 거칠기의 변화를 광학간섭계(Optical interferometer)²⁴⁾를 이용하여 측정한 이번 연구는 좀더 객관적인 수치를 가지는데 의의가 있다 할 수 있다.

김 등과 우 등이 시행한 SLA(Sandblasted large grit acid-etched) 표면과 산화 티타늄 블라스팅 임프란트 표면에 염산 테트라싸이클린으로 표면처리를 시행한 연구에서 우 등은 산화 티타늄 임프란트에 염산 테트라싸이클린을 30초 이하로 적용한 경우는

큰 변화를 보이지 않았으나 1분 이상 적용 시에는 불규칙하고 거친 표면이 점차 평탄해지고 거칠기가 감소하였다고 했다. 이번 연구에서 객관적으로 표면 거칠기를 측정한 결과 1.5분부터 점차 거칠기가 증가하는 것으로 나타났다. 이번 연구 등을 종합하면 일반적으로 임상에서 사용되고 있는 임프란트 표면에 대한 이해에 도움이 될 것이라 생각된다. 또 이들 결과를 임상적으로 적용할 수 있을 것이라 생각된다. 이번 연구에서는 임프란트 표면의 거칠기를 객관적인 방법으로 측정하고, 표면의 형태변화를 주사전자현미경으로 관찰하여 염산 테트라싸이클린의 적용 여부를 확인하였다. 산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트는 표면에 염산 테트라싸이클린 처리 시 표면 변화가 빠른 시간 내에 일어났기 때문에 이를 적용하는 것은 적절하지 않은 것으로 생각된다. 이상을 미루어 보면, 임프란트 주위염 시 산화 티타늄 블라스팅 임프란트 표면 해독을 위하여 염산 테트라싸이클린을 적용할 때에는 1.5분 이내의 처리가 바람직하다고 생각된다. 다음 연구에서는 산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트의 변화를 최소화 할 다른 표면 처리 방법을 고안해 보는 것이 필요하리라 생각된다.

V. 결론

임프란트 식립 후 치태축적이나 외상성 교합으로 인해 임프란트 주위염이 발생할 수 있다. 임프란트 주위염이 발생했을 때 임프란트의 구조적 형태 및 표면피복으로 인하여 치주염에 이환된 치아의 처치 처럼 치근 활택술을 시행하기 어렵다. 따라서 임프란트 표면을 해독하기 위하여 화학제가 널리 시도되고 있다. 이번 연구에서는 멸균 생리식염수와 염산 테트라싸이클린을 이용해서 임프란트 표면 처리를 시행한 후 처리 시간에 따른 표면 거칠기(Ra 값)의 변화와 표면 구조의 변화를 관찰하고자 하였다.

산화 티타늄 블라스팅 표면 임프란트를 무치치군과 대조군, 실험군으로 설정하였다. 대조군은 멸균 생리식염수에 소독된 스폰지를 적셔 각각 0.5분, 1분, 1.5분, 2분, 2.5분, 3분간 문지르는 방법을 사용

하였고, 실험군은 50mg/ml의 염산 테트라사이클린에 소독된 스폰지를 적셔 위와 같은 방법으로 표면 처리한 후 적용 시간에 따른 표면 거칠기를 광학간섭계를 이용하여 측정하고, 표면 구조의 변화를 주사전자현미경을 이용하여 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Ra 값은 대조군에서 임플란트 표면처리 전보다는 약간 증가하였으나, 시간의 경과에 따라 특정한 변화는 없었다.
2. 대조군의 주사전자현미경 소견은 무처치군과 비교하여 약간의 표면 변화가 있었으나, 시간에 경과에 따라 특정한 변화 양상을 보이지 않았다.
3. 표면 처리 전과 후의 Ra 값의 차이는 실험군에서 처리시간이 증가함에 따라 증가하였고, 특히 1.5분부터는 Ra 값의 증가가 현저하게 나타났다.
4. 실험군의 주사전자현미경 소견은 무처치군과 비교 시 0.5분부터 표면 함몰이 증가되기 시작하여, 1.5분에는 증가된 구멍과 골짜기 형태가 관찰되었다. 1.5분 이후 표면 변화가 미세하게 증가하다가 3분 이후에는 평평해진 부분이 관찰되었다.
5. 처치 시간대별 실험군과 대조군 간의 Ra 값 변화를 비교하면, 1.5분 경과 후부터 대조군보다 실험군에서 Ra 값의 증가가 크게 나타났으나, 통계학적 유의성은 없었다.

이상을 미루어 보면, 임플란트 주위염 시 산화 티타늄 블라스팅 임플란트 표면 해독을 위하여 염산 테트라사이클린을 적용할 때에는 1.5분 이내의 처리가 바람직하다고 생각된다.

VI. 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. Meffert RM, Langer B, Fritz ME. Dental implants: A review. *J Periodontol* 1992;63:859-870.
3. Quirynen M, Naert I, Van Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Brånemark system. *Clin Oral Implants Res* 1992;3:104-111.
4. Isidor F. Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:143-152.
5. Albrektsson TO, Johansson CB, Sennerby L. Biological aspects of implant dentistry: Osseointegration. *Periodontol* 2000 1994;4:58-73.
6. Mombelli A, Van Oosten MAC, Schürch EJ, Lang NP. The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol* 1987;2:145-151.
7. Baron M, Haas R, Dortbudak O, Watzek G. Experimentally induced peri-implantitis: A review of different treatment methods described in the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;4:533-544.
8. Hickey JS, O'Neal RB, Scheidt MJ, et al. Microbiologic characterization of ligature induced peri-implantitis in the microswine model. *J Periodontol* 1991;62:548-553.
9. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, et al. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Implant Res* 1991;2:81-90.
10. Berglundh T, Lindhe J, Jonsson K, Ericsson I. The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissue in the dog. *J Clin Periodontol*

1. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of

- 1994;21:189–193.
11. Mombelli A, Lang NP. The diagnosis and treatment of peri-implantitis. *Periodontol* 2000 1998;17:63–76.
 12. Roos-Jansaker AM, Renvert S, Egelberg J. Treatment of peri-implant infections: A literature review. *J Clin Periodontol* 2003; 6:467–485.
 13. Esposito M, Hirsch J, Lekholm U, Thomsen P. Differential diagnosis and treatment strategies for biologic complications and failing oral implants: A review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;4:473–490.
 14. Zablotsky MH, Diedrich DL, Meffert RM. Detoxification of endotoxin contaminated titanium and hydroxyapatite-coated surfaces utilizing various chemotherapeutic and mechanical modalities. *Implant Dent* 1992; 2:154–158.
 15. Dennison DK, Huerzeler MB, Quinones C, Caffesse RG. Contaminated implant surfaces: An in vitro comparison of implant surface coating and treatment modalities for decontamination. *J Periodontol* 1994;10: 942–948.
 16. Krozer A, Hall J, Ericsson I. Chemical treatment of machined titanium surfaces. An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 1999;3:204–211.
 17. Somerman MJ, Foster RA, Vorsteg GM, Progebin K, Wynn RL. Effects of minocycline on fibroblast attachment and spreading. *J Periodontal Res* 1988;2:154–159.
 18. Meffert RM. How to treat ailing and failing implants. *Implant Dent* 1992;1:25–33.
 19. Mombelli A, Feloutzis A, Bragger U, Lang NP. Treatment of peri-implantitis by local delivery of tetracycline. *Clinical, micro-biological and radiological result. Clin Oral Implants Res* 2001;12:287–294.
 20. Jovanovic SA, Kenney EB, Carranza EA, Donath K. The regenerative potential of plaque induced peri-implant bone defects treated by a submerged membrane technique: An experimental study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:13–18.
 21. Cooper L. A role for surface topography in creating and maintaining bone at titanium endosseous implants. *J Prosthet Dent* 2000; 84:522–534.
 22. Wong M, Eulenberger J, Schenk R and Hunziker E. Effect of surface topography on the osseointegration of implant materials in trabecular bone. *J Biomed Mater Res* 1995;29:1567–1575.
 23. Wennerberg A. Torque and histomorphometric evaluation of titanium screws blasted with 25 and 75 μ m sized particles Al₂O₃. *J of Biomedical Material Res* 1996; 30:251–260.
 24. Wennerberg A, Albrektsson T. Suggested Guidelines for the Topographic Evaluation of Implant Surfaces. *Int J Oral Maxillofacial Implants* 2000;15:331–334.
 25. Nikitas S. Implant Materials, Design and Surface Topographies *Int J Oral Maxillofac Implant* 2000;15:675–690.
 26. Ellingsen J.E, Lyngstadaas S.P. Bio-implant interface: Improving Biomaterials and tissue reaction. *CRC Press* 2003:323–340.
 27. Ivanoff CJ, Hallgren C, Widmark G, Sennerby L, Wennerberg A. Histologic Evaluation of the bone integration of TiO₂ blasted and turned titanium micro implant in humans. *Clin Oral Imp Res* 2001;12:128–134.
 28. Hurzeler MB, Quinones CR, Morrison EC,

- Caffesse RG. Treatment of peri-implantitis using guided bone regeneration and bone grafts, alone or in combination, in beagle dogs. Part 1: Clinical findings and histologic observations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;4:474-484.
29. Hürzeler MB, Quinones CR, Schüpbach P, Morrison EC, Caffesse RG. Treatment of peri-implantitis using guided bone regeneration and bone grafts, alone or in combination, in beagle dogs. Part II: Histologic finding. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:168-175.
 30. Persson LG, Ericsson I, Berglundh T, Lindhe J. Guided bone regeneration in the treatment of peri-implantitis and replacement of implant components. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2001;28:258-263.
 31. Persson LG, Berglundh T, Lindhe J, Sennerby L. Re-osseointegration after treatment of peri-implantitis at different implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2001;6:595-603.
 32. 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 Mater Res* 1991;7:889-902.
 33. Rimondini L, Fare S, Brambilla E, et al. The effect of surface roughness on early in vivo plaque colonization on titanium. *J Periodontol* 1997;6:556-562.
 34. Lindhe J, Karring T, Lang NP. Surface topography of titanium implants. *Clinical periodontology and implant dentistry* 2003; 4th edition:821-828.
 35. Schou S, Holmstrup P, Jorgensen T, et al. Anorganic porous bovine-derived bone mineral(Bio-Oss) & e-PTFE membrane in the treatment of peri-implantitis in cynomolgus monkeys. *Clin Oral Implants Res* 2003;5:535-547.
 36. Thomson-Neal D, Evans GH, Meffert RM. Effects of various prophylactic treatments on titanium, sapphire, and hydroxyapatite-coated implants: An SEM study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989;4:300-311.
 37. Chairay JP, Boulekbache H, Jean A, Soyer A, Bouchard P. Scanning electron microscopic evaluation of the effects of an air-abrasive system on dental implants: A comparative in vitro study between machined and plasma-sprayed titanium surfaces. *J Periodontol* 1997;68:1215-1222.
 38. Augthun M, Tinschert J, Huber A. In vitro studies on the effect of cleaning methods on different implant surfaces. *J Periodontol* 1998;69:857-864.
 39. Rimondini L, Cicognani Simoncini F, Carrassi A. Micro-morphometric assessment of titanium plasma-sprayed coating removal using burs for the treatment of peri-implant disease. *Clin Oral Implants Res* 2000;2:129-138.
 40. Baker P, Evans R, Coburn R, Genco R. Tetracycline and its derivatives strongly bind to and are released from tooth surface in active form. *J Periodontol* 1983;54:580-585.

Micromorphometric change of TiO₂ blast implant surface conditioned with tetracycline-HCl

Jung-Min Lee¹, Yeek Herr^{1*}, Young-Hyuk Kwon¹, Joon-Bong Park¹,
Jong-Hyuk Chung¹, Seong-Joo Heo²

1. Department of Periodontology and Institute of Oral Biology, School of Dentistry, Kyung Hee University
2. Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University

The present study was performed to evaluate the surface roughness and effect of Tetracycline-HCl on the change of implant surface microstructure according to application time. TiO₂ surface Implant was utilized. Implant surface was rubbed with 50mg/ml Tetracycline-HCl solution for 0.5min, 1min, 1.5min, 2min, 2.5min and 3min respectively in the Tetracycline-HCl group. Then, specimens were measured surface roughness and processed for scanning electron microscopic observation.

The results of this study were as follows.

1. TiO₂ blast implant surface showed increased surface roughness 1.5 minute after treatment with Tetracycline-HCl. But, there were not significant differences in saline group after treatment.
2. Tetracycline-HCl group showed changed surface micro-morphology in SEM after 1.5 minute. There were not significant differences in saline group after treatment.
3. Between Tetracycline-HCl group and saline group, there were difference in surface roughness change and SEM micro-morphology.

Tetracycline-HCl have influence on TiO₂ blast implant surface.

In conclusion, the detoxification with 50mg/ml Tetracycline-HCl must be applied respectively with different time according to various implant surfaces.