creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000234326

2007년 8월
박사학위논문

2007년 8월 박사학위논문 TiN 코팅된 지대주 나사의 마모에 관한 연구 정 석 원

TiN 코팅된 지대주 나사의 마모에 관한 연구

조선대학교 대학원

치 의 학 과

정 석 원

TiN 코팅된 지대주 나사의 마모에 관한 연구

Abrasion of TiN coated Abutment Screw

2007년 7월 일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

정 석 원

TiN 코팅된 지대주 나사의 마모에 관한 연구

지도교수 정 재 헌

이 논문을 치의학 박사학위 신청 논문으로 제출함.

2007년 6월 일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

정 석 원

정석원의 박사학위 논문을 인준함.

위원장 고려대학교 교수 신 상 완 인

위 원 조선대학교 교수 정 재 헌 인

위 원 조선대학교 교수 강 동 완 인

위 원 조선대학교 교수 김 수 관 인

위 원 조선대학교 교수 김 희 중 인

2007년 6월 일

조선대학교 대학원

목　　차

영문초록 ····· iv

Ⅰ. 서　론 ····· 1

Ⅱ. 연구재료 및 방법 ····· 3

Ⅲ. 연구성적 ····· 9

Ⅳ. 총괄 및 고안 ····· 14

Ⅴ. 결 론 ····· 18

참고문헌 ····· 20

Tables

Table 1. Kinds of implant system, abutments, screws and torque value used in this study ····· 4

Table 2. Deposition condition of TiN Coatings ····· 5

Table 3. Mean weight loss of Osstem and 3i samlpes after test ····· 10

Figures

Figure 1. Osstem system ····· 3

Figure 2. 3i system ····· 3

Figure 3. Implant fixture mounted in polyesther controller ····· 6

Figure 4. Specimen-holdingapparatus ····· 6

Figure 5. Torque controller ····· 6

Figure 6. Universal measuring microscope ····· 6

Figure 7. Comparison of Mean Weight Loss of Osstem and 3i samples before and after test ····· 10

Figure 8. Photomicrograph of Abutment screw in SEM ····· 11

Figure 9. Photomicrograph of internal mating surface of implant in SEM ····· 13

ABSTRACT

Abrasion of Abutemt Screw Coated with TiN

J대ng Seok-Ueon , D.D.S., M.S.D.
Supervisor : Prof. Chung, Chae-Heon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Dentistry,
Graduate School of Chosun University

The purpose of this study was to evaluate surface changes and abrasion of the implant fixture and TiN coated abutment screw after repeated delivery and removal under SEM and universal measuring microscope. Implant systems used for this study were Osstem and 3i. Seven pairs of implant fixture, abutment and abutment screws for each system were selected and all fixtures were perpendicularly mounted in liquid unsaturated polyesther with dental surveyor. Titanium abutment screws of Osstem and 3i were assigned to Group 1 and Group 2 respectively. TiN coated Abutment screws of Osstem and 3i were classified to Group 3 and Group 4. After 20 times of repeated closing and opening test, the evaluation for the change of inner surface of implant and TiN-coated abutment screw, and measurement of weight loss were performed. Mann-Whitney test with SPSS statistical software for Window was applied to analysis the measurement of weight loss.

The results were as follows ;

1. Mean weight loss of abutment screws for four groups was 0.181± 0.145mg in Group 1, 0.069±0.023mg in Group 2, 0.056± 0.026mg in Group 3 and 0.043±0.016mg in Group 4.
2. In the comparison of weight loss of Group 1 and Group 3, there was a statistically significant difference between Group 1 and Group 3 ($P<0.05$, Mann-Whitney test).
3. In the comparison of weight loss of Group 2 and Group 4, Group 2 revealed a statistically higher mean value than Group 4($P<0.05$, Mann-Whitney test).
4. Abrasion and defect of mating thread surface of abutment screw were considerable in both Group 1 and Group 2, while only slight abrasion and defect were founded in Group 3 and Group 4.
5. In the SEM view of internal mating surface of implant, Group 1 and Group 2 showed a heap of titanium particles formed by galling and seizing tendency of titanium on the mating surface while Group 3 and Group 4 revealed slight abrasion or scratches on the mating surface.

Conclusively, TiN coating of abutment screw showed better resistance to abrasion than titanium abutment screw. It was concluded that TiN coating of abutment screw would reduce the loss of preload with good abrasion resistance and low coefficient of friction, and help to maintain screw joint stability.

I. 서 론

치과 임플란트에 사용되는 지대주 및 유지 나사의 풀림 현상은 임플란트 보철 수복과 관련되어 일어나는 가장 흔한 문제들 중 하나이다[1-4]. Jemt 등[2,3]은 무치악 환자의 경우 임플란트 보철을 장착한지 1년 동안 금 유지나사의 26%와 지대주 나사의 43%에서 나사 풀림이 나타났다고 하였으며, 3년간의 단일치 수복의 경우는 45%에서 나사의 풀림현상이 발생한다고 하였다. Goodacre 등[4]은 임플란트 보철물의 6%에서 지대주 나사의 풀림이 관찰되었다고 보고하였다. 임플란트 지대주 및 유지나사의 풀림에 관여하는 요소에는 부적절한 조임, 부적절한 구성물간의 적합, 부정확한 구조물의 적합, 구조물의 유연성, 침하현상(settling), 나사 구멍에 낀 찌거기, 나사의 디자인, 골의 탄성, 나사 접합부를 이루는 물질의 탄성률, 접합면 사이의 마찰계수, 적용된 토크 및 그 적용속도와 윤활(lubrication) 등 여러 가지가 있다[5,6]. 하지만, 나사풀림의 근본적인 원인은 나사 접합부에서 일어나는 전하중(preload)의 소실이라 할 수 있다. 전하중이란 나사가 조여지는 동안 나사 내에 발생하는 힘이다[5,7]. 그러나, 나사를 조일 때, 조임력의 90%는 나사와 그 접합하는 구성성분들 간의 마찰을 극복하는데 이용되며 10%의 조임력만이 전하중으로 전달된다[8]. 이 때문에 전하중을 높여서 나사 풀림 현상을 줄이기 위해 나사에 건형 윤활제(dry lubricant)가 사용되었다. Martin 등[9]은 Gold-Tite와 Torqtite 지대주 나사가 통상적인 지대주 나사들 보다 높은 전하중을 발생하였다고 보고하였다. Drago 등[10]은 1년간의 임상에서 Gold-Tite가 더욱 안정적인 임플란트와 지대주 연 결을 보여 주었다 하였다. 전하중의 소실은 조임력이 가해지는 접합부의 변형과 연마와 관계가 있다[11,12]. 나사 접합부가 기능시나 정적인 상태에서 나타나는 이러한 접합부위의 변형과 거친면들의 연마 과정을 'settling' 이라 일컫는데, 이는 표면 마찰을 감소시켜 전하중을 감소시키는 결과를 가져온다[13]. 이처럼 전하중의 감소나 나사의 풀림에 영향을 미치는 또 다른 요소로는 반복적인 상부구조의 착탈로 인한 나사와 접합되는 구성성분들 간의 마모가 있다. Weiss 등[14]은 상부구조의 반복적인 착탈 실험 후 풀림력을

측정하는 실험에서 상부구조의 착탈 횟수가 증가될수록 지대주 나사의 풀림력이 감소함을 보고하였다. 그 원인은 나사머리 및 나사산과 체결되는 다른 구성성분 간의 마모로 인한 마찰계수의 감소라 하였다.

TiN 코팅은 금속의 성질을 향상시키기 위해 가장 흔하게 사용되는 코팅법으로서 금속의 표면 경도를 향상시켜 주고, 마모 저항을 향상시켜주며 금속의 마찰계수를 낮추어 준다[14]. Mezger 등[15]은 TiN 코팅이 치과에 응용되기에는 어려움이 있다고 하였지만, 최근 TiN 코팅기술의 발전과 더불어 몇 몇 치과의사들에 의해 임플란트 분야에 적용되기 시작하였다. Scarano 등[16,17]은 TiN 코팅이 좋은 생체적합성을 가지고 있으며 임플란트 주위에 골 형성에 나쁜 영향을 미치지 않으며 표면 거칠기를 변화시키지 않는다고 하였다. TiN 코팅의 지대주 나사의 적용에 대한 보고는 거의 미비하다. 하지만, 마찰계수를 낮추어 주고 마모에 대한 저항을 향상시켜주는 TiN 코팅의 특성은 지대주 나사에 적용시 지대주 나사의 풀림 현상을 줄여줄 것으로 기대되었다.

따라서, 본 연구에서는 TiN 코팅된 지대주 나사의 반복적인 착탈 후 발생하는 마모량을 측정하고, TiN 코팅이 마모에 어떠한 영향을 미치는가를 SEM을 통해 관찰하고자 하였다.

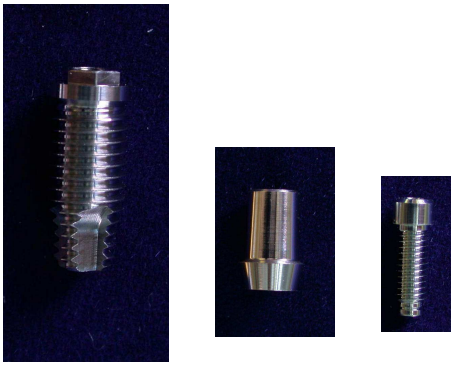
Ⅱ. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

이 실험에 이용된 임플란트 시스템은 Osstem(Seoul, Republic of Korea)과 3i(Palm Beach Gardens, Florida, USA)였다. 각 시스템 마다 임플란트 고정체, 지대주, 지대주 나사를 14개씩 무작위로 선택하였다(Table 1).

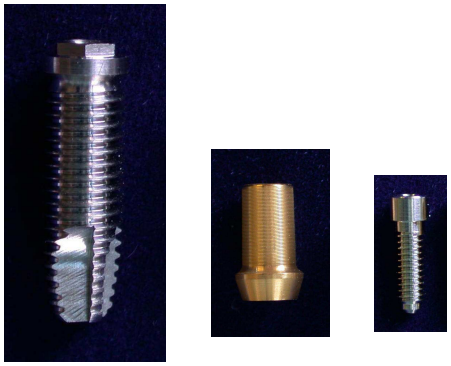
1) 임플란트 고정체(Implant fixture)

임플란트 고정체는 Osstem사 standard fixture (machined surface, 4.0D×10mm; Osstem Inc, Pusan, Korea)와 3i사의 Osseotite (Hexlock 4.0D×13mm; 3i/Implant Innovations. Inc, Palm Beach Gardens, Florida, USA)를 선택하였다. 임플란트와 지대주의 연결방식은 선택된 두 시스템 모두 임플란트에 external hexagon이 형성된 external connection type이였다. (Figure 1,2-a).



a b c

Figure 1. Osstem system(a; fixture, b;abutment ,c;abutment screw).



a b c

Figure 2. 3i system (a;fixture, b;abutment, c;abutment screw).

2) 지대주(Abutment)

두 가지 시스템 모두 시멘트 유지형 지대주를 선택하였다. 지대주는 각각 Osstem사의 Avana Cemented Abutment(hex, regular, 5mmD×2mmC×5.5mmH; Osstem Inc, Pusan, Korea)와 3i사의 GingiHueTM Post abument (4.1mmD× 5mmP×2mmH;3i/Implant Innovations. Inc, Palm Beach Gardens, Florida, USA)를 사용하였다(Figure 1,2-b).

3) 지대주 나사(Abutment Screw)

지대주 나사는 두 시스템 모두 타이타늄 지대주 나사를 선택하였다(Figure 1, 2-c). 통상적으로 사용되는 타이타늄 지대주 나사 코팅의 효과를 측정하기 위해 금으로 코팅된 지대주 나사는 선택되지 않았다. TiN 코팅의 효과를 측정하기 위해 타이타늄 지대주 나사에 TiN 코팅을 시행하여 TiN 코팅된 그룹들을 실험군과 타이타늄 지대주 나사그룹을 대조군으로 설정하였다.

Table 1. Kinds of implant system, abutments, screws and torque value used in this study

Implant system	Manufacturer	
	Osstem	3i Innovation
Implant Fixture	Standard Hexlock (4.0D×10mmL)	Standard self-tapping (4.0D×13mmL)
Abutment	Cemented abutment (4mmD×8mmH)	GingiHue^{TM} Post abutment (4.1mmD×5mmP×2mmH)
Abutment Screw	Titanium alloy screw	Titanium alloy screw
Torque*(Ncm)	30	30

* Torque was applied according to manufacturer's manual.

2. 연구 방법

1) 시료 준비

14개씩 선택된 Osstem 사, 3i 사의 타이타늄 지대주 나사들 중 각각 7개씩에 TiN 코팅을 시행하였다. 코팅되지 않은 지대주 나사 그룹들과 TiN 코팅된 지대주 나사 그룹들을 각각 대조군과 실험군으로 분류하였다. Osstem사의 코팅되지 않은 지대주나사들과 TiN 코팅된 지대주 나사들을 각 각 Group 1과 Group 3으로 나누었다. 3i사의 지대주 나사들도 코팅되지 않은 것과 TiN 코팅된 것들을 각 각 Group 2과 Group 4로 분류하였다.

2) 지대주 나사의 TiN 코팅(TiN coating of abutment screws)

TiN 코팅은 Radio Frequency(RF) sputtering 방법을 적용하였다. 코팅에 앞서 타이타늄 지대주 나사들은 초음파 세척기로 세척되었으며, 세척액으로는 세정제(detergent), 메탄올과 증류수가 순서대로 사용되었다. 200W의 RF 전압하에 20분 동안 presputtering이 진행되었다. TiN 코팅은 Ar과 N_2 가스 체에서 타이타늄 타겟의 RF sputtering에 의해 진행되었다. TiN 코팅의 조건은 다음과 같았다(Table 2).

Table 2. Deposition condition of TiN Coatings(**RF** sputtering)

Power	200 W
Time	40 Min
N_2 Gas	40 sccm
Basic Pressure	1×10^{-6} torr
Working Pressure	2×10^{-2} torr
Temperature	300℃
Coating thickness	2-3 ㎛

3) 임플란트 포매

각각의 고정체들은 치과용 surveyor를 이용하여 지면에 수직이 되도록 레진(Epovia, Cray Valley Inc, Jeonju, Korea)을 이용하여 임플란트 고정체의 나사산이 잠기도록 하였다. 이때 사용된 레진은 레진과 경화제로 구성되어 있다. 두 가지를 혼합하여 경화가 종료 될 때 까지 기다려 포매를 완성하였다(Figure 3).

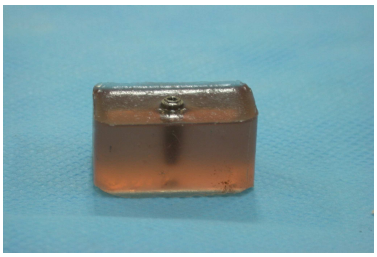


Figure 3. Implant fixture mounted in polyesther.

Figure 4. Specimen-holding apparatus.

Figure 5. Torque controller (Brånemark system DEA 020 Torque controller, Göteborg, Sweden).

Figure 6. Universal measuring microscope(Sartorius LA220S, Sartorius Corp., Goettingen, Germany).

4) 반복적인 잠금과 풀림

각 지대주 나사에 반복적인 착탈을 가하기 위하여 포매된 임플란트 시료를 고정 장치에 장착시켰다(Figure 4). 각각의 지대주를 각 그룹의 지대주 나사를 이용하여 임플란트 고정체에 고정하였다. 시료를 고정장치에 올려놓고 나사를 조여 고정한 후 지대주를 연결하고 나사를 조였다. 나사를 조일 때는 finger screw driver를 이용하여 저항감이 느껴질 때까지 조인 후 최종적으로 토크를 적용할 때에는 디지털 torque controller(Brånemark system DEA 020 Torque controller, Göteborg, Sweden)를 사용하였다(Figure 5). 나사의 잠금력은 제조사의 지시에 따라 30 Ncm을 적용하였고, 잠금력을 일정하게 하기 위해 디지털 torque controller 를 사용하였다. 지대주 나사의 잠금과 풀림을 20회 반복하였다. 모든 과정은 임플란트 보철 경험이 있는 치과의사에 의해서 진행되었다.

5) 마모량의 측정

무게를 측정하기 위해 미세 전자저울(Sartorius LA220S, Sartorius Corp., Goettingen, Germany)을 사용하였다(Figure 6). 측정단위는 1×10^{-6}mg 까지 측정이 가능하였다.

지대주 나사의 반복적 착탈에 따른 마모량을 측정하기 위해 지대주 나사의 무게 소실량을 측정하였다. 반복적 착탈 실험에 앞서 시료를 초음파 세척기에 세척하였으며, 실험 전 초기 무게를 측정하였다. 무게 측정은 각 시료 마다 세 번씩의 무게를 측정하여 각각의 평균치를 대표치로 하였다. 20회의 반복 착탈 후 지대주 나사를 초음파 세척하였고, 같은 방법으로 무게를 측정하였다.

6) 주사전자현미경(FESEM)고찰

반복적인 지대주의 장착과 탈착으로 인한 각 그룹의 지대주 나사들과 임플란트 내면에 생기는 변화를 FESEM (field emission scaning electron microscope, model: XL 30 SFEG, Phillips co. Netherland,)을 이용하여 관찰하였다. 실험 전 각 그룹의 지대주 나사의 초기 시료의 상태를 관찰하였고, 지대주를 20회 반

복적으로 장착 및 탈착한 후 변화를 관찰하였다. 각각의 시료들은 SEM 관찰 전에 초음파 세척기로 세척을 시행하였다.

7) 통계분석

각 그룹의 지대주 나사의 반복 착탈 실험 전후 무게 소실량을 측정하여 그 결과의 평균을 분석하였다. SPSS(version 10.1)을 이용하였으며, 반복 착탈 전후 지대주 나사의 무게변화에 대한 Osstem과 3i와 각각의 집단 내 검정은 Mann-Whitney test를 이용하였다. 검정유의 수준은 0.05로 하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 마모에 따른 무게소실양의 통계학적 분석

1) 반복 착탈 전후 Osstem 지대주 나사 그룹(Group 1, Group 3)의 무게 소실양의 통계학적 분석(Table 3, Figure 7)

Osstem 사의 타이타늄 지대주 나사로 구성된 Group 1의 실험 전후 마모에 따른 평균 무게 소실량은 0.181±0.145mg 이었으며, TiN 코팅된 지대주 나사로 구선된 Group 3의 실험후 평균 무게 소실량은 0.056±0.026mg 이었다. Osstem 사의 타이타늄 지대주 나사군와 TiN 코팅된 지대주 나사군의 실험 후 소실된 마모량 사이에 통계학적으로 유의성이 존재하였으며, TiN 코팅된 지대주 나사가 더 적은 무게소실 양을 나타내었다 ($P<0.05$, Mann-Whitney test).

2) 반복 착탈 전후 3i 지대주 나사 그룹(Group 2, Group 4)의 무게 소실양의 통계학적 분석(Table 3, Figure 7)

3i 사의 타이타늄 지대주 나사로 구성된 Group 2와 TiN 코팅된 지대주 나사로 구성된 Group 4의 실험 후 평균 무게 소실량은 각 각 0.069mg±0.023mg과 0.043mg±0.016mg 이었다. 3i 사의 타이타늄 지대주 나사군인 Group 2와 TiN 코팅된 지대주 나사군인 D 그룹의 무게소실량 사이에도 통계학적으로 유의성이 존재하였으며, TiN 코팅된 지대주 나사군에서 더 작은 무게 소실량을 나타냈다 ($P<0.05$, Mann-Whitney test).

Table 3. Mean weight loss of Osstem and 3i samples after test (unit; mg)

	Titanium screw		TiN coated screw	
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
1	0.460	0.040	0.040	0.070
2	0.130	0.070	0.040	0.020
3	0.080	0.090	0.070	0.040
4	0.100	0.050	0.040	0.050
5	0.120	0.100	0.110	0.040
6	0.300	0.080	0.040	0.050
7	0.080	0.050	0.050	0.030
Mean	0.181	0.069	0.056	0.043
SD	0.145	0.023	0.026	0.016

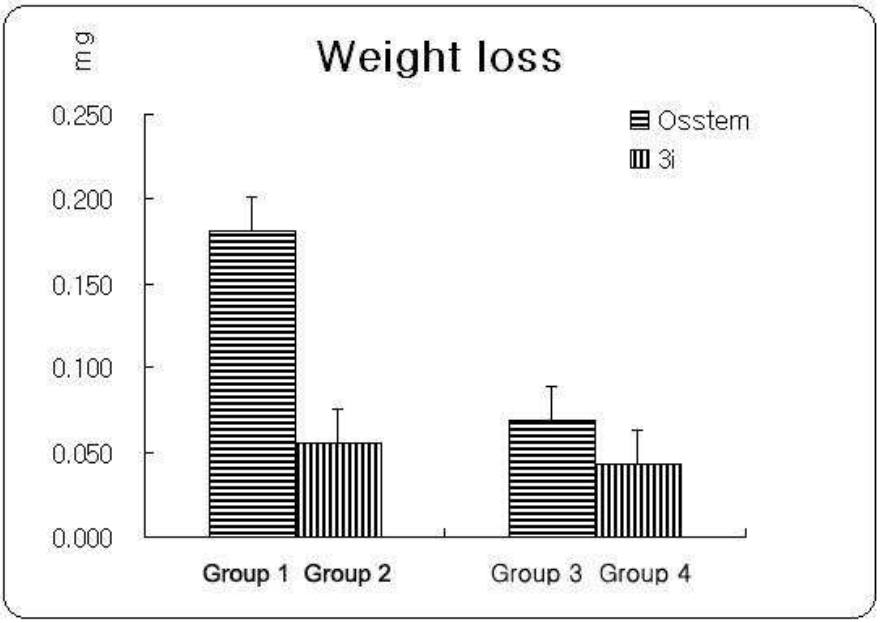


Figure 7. Comparison of Mean Weight Loss of Osstem and 3i samples before and after test($P<0.05$, Mann-Whitney test. n=7).

2. 지대주 나사의 변화

1) Osstem 시스템의 변화(Figure 8)

Group 1의 지대주 나사들은 반복 착탈 실험을 시행하기 전에는 한 쪽 방향의 거친 가공선만이 관찰되었다. 그러나, 착탈 실험 후 관찰하여보니 나사산에 깊은 scratch들과 타이타늄이 떨어져 나간 결손(defect) 양상이 관찰되었다.

TiN 코팅된 Group 3의 지대주 나사들은 반복 착탈 실험 전에는 나사산 표면에 코팅 물질로 추정되는 미세하고 균일한 입자들이 배열되어 있는 것이 관찰되었다. 착탈 실험 후에는 표면에 코팅입자들이 떨어져 나가지는 않았으나 고팅 입자들이 뭉개져 그 원래의 형태를 소실한 양상을 나타내었다. TiN으로 코팅된 Group 3의 지대주 나사들이 Group 1에 비해 반복 착탈 실험에 대해 표면 안정성을 보여주었다.

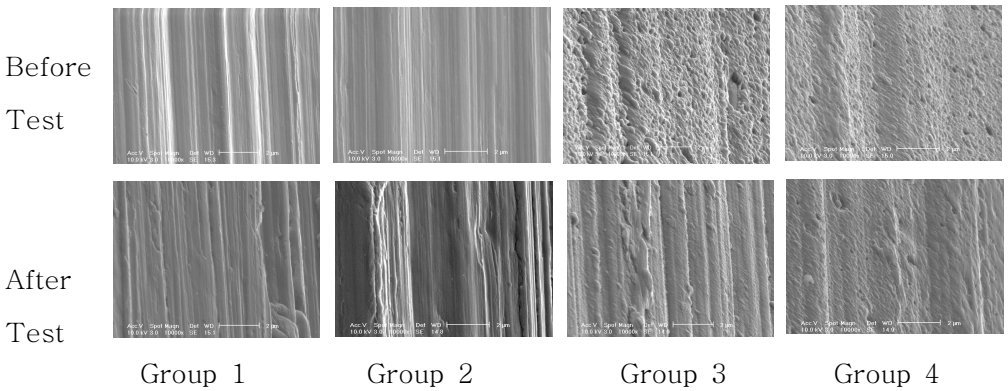


Figure 8. Photomicrograph of Abutment screw in SEM(Osstem:Group 1, Group 2; 3i:Group 3, Group 4; Magnification ×10,000).

2) 3i 시스템의 변화(Figure 8)

Group 2의 지대주 나사들도 Group 1에서와 마찬가지로 거칠고 한쪽 방향의 일정한 가공선을 보여 주었다. 착탈 실험이 진행된 후에도 역시 Group 1의 경우와 비슷하게 scratch와 타이타늄이 떨어져 나간 결손(defect) 양상이 관찰되었다.

TiN 코팅된 Group 4의 지대주 나사들도 Group 3의 지대주 나사에서 보는 것처럼 나사산 표면에 미세하고 균일한 코팅 입자들의 배열을 보여주었다. 반복 착탈 실험이 진행된 후에는 코팅입자들이 마모로 인해 납작해져 원래의 형태를 소실하였다. 3i 시스템에서도 TiN 코팅된 Group 4가 Group 2에서 보다 더 안정적인 표면의 성상을 보여 주었다.

3. 임플란트 고정체 내면의 변화

1) Osstem 시스템의 변화(Figure 9)

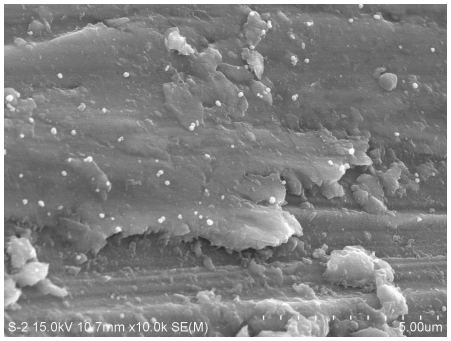
착탈 실험 후 Group 1의 임플란트들은 표면에 임플란트들이 떨어져 나간 결손(defect) 양상과 떨어져 나간 타이타늄 입자들이 다시 소착(seizing)되는 형태로 추정되는 여러 겹의 얇은 층들이 관찰되었다. 이 층들은 임플란트 내면 중에서도 나사산과 접합되는 부위에서 많이 관찰되었으며 고배율로 관찰시 여러 개의 층을 가진 입체적인 구조를 보여주었다.

Group 3의 임플란트들은 TiN 코팅된 지대주 나사들에 의해 형성된 scratch들이 주로 관찰되었으며, 지대주 나사와 대합되는 임플란트 내면에는 Group 1에서 보여지는 타이타늄 층과 같은 구조들은 관찰되지 않았다.

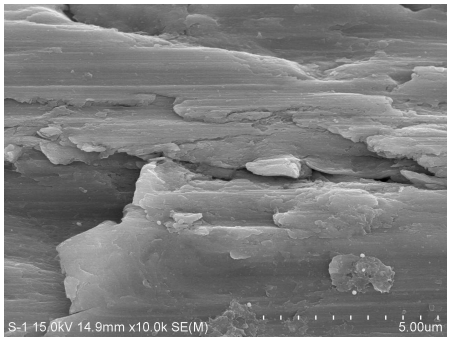
2) 3i 시스템의 변화(Figure 9)

실험 후 Group 2의 임플란트 내면을 관찰하여 보니, Group 1에서 관찰되었던 것과 유사한 층으로 구성된 입체적 구조물들을 흔하게 관찰할 수 있었다. 이러한 현상은 역시 나사산과 접합되는 부위에서 많이 관찰할 수 있었다.

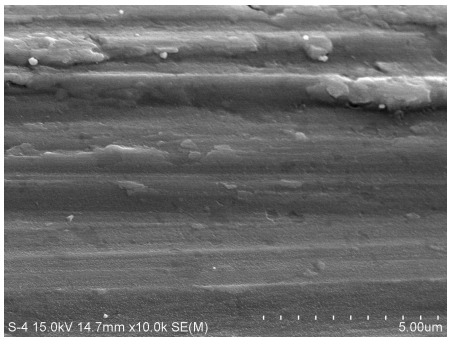
Group 4의 임플란트 내면은 Group 3와 마찬가지로 타이타늄 입자들로 이뤄진 입체적인 구조물 보다는 scratch들이 전반적으로 관찰되었다.



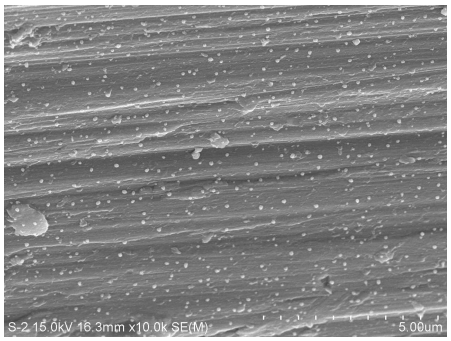
Group 1



Group 2



Group 3



Group 4

Figure 9. Photomicrograph of internal mating surface of implant in SEM (Osstem:Group 1, Group 3; 3i:Group 2, Group 4; Magnification ×10,000).

Ⅳ. 총괄 및 고안

나사를 조임으로써 발생되는 잠금력(clamping force)을 다른 말로 전하중(preload)이라 일컫는다. 전하중은 그 기전이 매우 복잡하고, 나사가 조이는 과정과 조인 후 일어나는 접합면이나 상호작용의 정확한 성질에 대해 거의 알려져 있지 않다. 나사가 조여진 후 발생하는 전하중의 상실은 일반적으로 결찰 구성성분들의 접합면에서 일어나는 소성변형(plastic deformation) 때문이라고 공학에서 인정되고 있다[11]. 나사의 이러한 소성변화나 거친 표면의 연마현상들은 나사가 결찰되는 과정이나 이후에도 지속적으로 발생하며, 이로 인해 전하중(preload)이 소실된다. 이러한 소성변화나 연마 현상들을 settling 또는 embedment relaxation 이라 한다. Bickford[11]는 전하중이 embedment relaxation으로 인해 5~40%까지 감소한다고 하였다. Shigley[12]는 이러한 embedment relaxation때문에 지대주 나사를 조인 직후 발생하는 전하중의 10%가 소실된다고 하였다. Hagiwara 등[18]은 반복적인 지대주 나사의 착탈과정이 구성성분간의 마찰 감소와 전하중의 감소를 가져온다 하였고, 마찰과 전하중의 감소는 구성 성분들간의 마모 때문에 일어난다 하였다. 나사의 풀림을 예방하기 위해 가장 흔히 사용되는 방법은 지대주 및 보철유지나사에 건성 윤활제를 사용하여 전하중을 높이는 방법이었다. 그러나, Gold-Tite나 Torqtite 같은 건성윤활제의 사용은 전하중을 높이는 데는 효과적이었으나 구성 성분들 간의 마모에 대한 저항을 고려한 것은 아니었다. 이에 본 연구에서는 이러한 반복적인 상부구조 및 지대주 나사의 장착 및 제거로 인한 임플란트 고정체와 지대주 나사의 마모 및 변형을 관찰하였고, 마모 및 변형으로 인한 지대주 나사의 무게 변화량을 측정하였다. 그리하여 TiN 코팅이 임플란트 및 지대주 나사에 발생하는 마모 및 변화에 대해 어떻게 영향을 미치는지 고찰하고자 하였다.

반복적인 상부구조와 지대주 나사의 착탈 후 지대주 나사산을 SEM으로 고찰한 결과에서 보는 바와 같이 Group 1 보다는 Group 3에서 그리고, Group 2보다는 Group 4에서 각 각 적은 변화를 보였다. 통상적인 지대주 나사로 이뤄진

Group 1과 Group 2의 실험 후 변화가 비슷한 양상을 보였으며, 공통적으로 심한 마모와 타이타늄 지대주나사의 표면 결손이 관찰되었다. 반면, TiN 코팅된 Group 3과 Group 4의 지대주 나사들은 코팅 입자들의 결손이나 벗겨짐보다는 코팅입자들이 눌려 마모되어 있는 양상이 관찰되었다. 이는 TiN 코팅한 지대주 나사들이 통상적인 나사들 보다 더욱 마모나 변형에 대해 저항이 있다는 것을 나타낸다. 동일한 실험 후 임플란트 내면을 관찰한 결과, Group 1과 Group 2에서 임플란트 내면에 타이타늄간 마찰에 의해 벗겨져(galling; 마손) 나간 타이타늄 입자들이 다시 엉겨붙는(seizing; 소착) 형태로 추정되는 얇은 층들이 관찰되었다. 이것은 반복적인 조임과 풀림이 적용되면 타이타늄 지대주 나사와 이와 비슷한 표면 강도를 가진 타이타늄 고정체사이에서 타이타늄의 벗겨짐(galling)과 들러붙는(seizing) 현상이 나타난다고 발표한 Abkowitz 등[19]이 발표한 내용과 일치하였다. TiN 코팅된 지대주 나사 그룹인 Group 3과 Group 4의 임플란트 내면에서는 타이타늄 입자의 벗겨짐과 들러붙음에 의한 입체적인 층들은 관찰되지 않았으며, 오직 약간의 scratch 정도만이 관찰 되었다. 이것은 TiN 코팅의 낮은 마찰 계수와 높은 표면 경도의 특성에 기인한 것으로 사료된다.

지대주 나사의 마모를 정량적으로 측정하기 위해 무게를 이용하였다. 반복착탈 실험 전 각 그룹의 평균 지대주 나사의 무게는 Group 1은 89.91±0.522 mg, Group 2는 91.16±0.565 mg, Group 3은 89.65±1.328 mg, Group 4는 91.05±0.583mg 이였다. Osstem 사와 3i 사의 평균 지대주 나사의 무게는 3i 사의 제품이 약간 높게 측정되었으나. 같은 회사 제품에서는 거의 차이가 없었다. 반복착탈 실험 후 마모량을 측정한 결과, Osstem 사의 지대주 나사 평균 무게 소실량이 3i 사의 지대주 나사 평균 무게 소실량보다 코팅의 유무에 관계없이 높게 측정되었다. 이것은 합금의 조성의 차이에 기인하는 것으로 추정된다. Osstem 사의 Group 1과 Group 3의 지대주 나사 평균 무게 소실량은 각각 0.181mg 과 0.056mg였으며, 두 그룹 사이에 통계학적으로 유의성이 존재하였다. 3i사의 Group 2와 Group 4의 평균 무게 소실량은 각각 0.069mg과 0.043mg 였으며, 두 그룹 사이에도 통계학적으로 유의성이 존재하였다. Osstem 사와 3i 사 모두 타이타늄 지대주 나사 그룹들이 TiN 코팅된 그룹보다 통계학적으로 유의성이 있

는 무게 소실을 나타내었다. 실험결과를 통해 지대주 나사의 TiN 코팅이 마모를 줄이는데 효과적이라는 것을 알 수 있었다. 특히, 동일회사 제품인 Group 1과 Group 3의 측정치를 보면, Group 1의 평균 무게 소실량은 0.181mg 인데 표준 편차가 0.145mg 이다. 하지만, TiN 코팅된 Group 3은 0.056mg의 평균 무게 소실량에 표준 편차가 0.026mg으로 코팅 전과 비교하여 안정된 오차 범위를 형성하였다. 이러한 결과는 TiN 코팅의 낮은 마찰계수와 높은 표면 경도 및 마모에 대한 저항이라는 특성에 기인한 것으로 사료된다. 앞선 SEM 사진의 고찰에서 코팅처리를 하지 않은 Group 1과 Group 2의 경우 지대주 나사의 표면 뿐만아니라 임플란트 내면에서도 TiN 코팅처리 된 Group 3과 Group 4보다 심한 마모 및 변형 양상을 보여 주었다. SEM 사진상의 나사표면과 임플란트 내면의 변화를 고려하였을 때, Group 1과 Group 2의 지대주 나사들의 마모로 인한 무게의 소실양이 Group 3과 Group 4보다 많으리라는 추정이 무게소실량의 측정 결과와 일치하였다. Abkowitz 등[19]은 반복적인 조임과 풀림이 적용되면 타이타늄 지대주 나사와 이와 비슷한 표면 강도를 가진 타이타늄 고정체사이에 마찰력이 점점 증가한다 하였으며, 이는 타이타늄의 벗겨짐(galling)과 들러붙는(seizing) 경향에 기인한다고 하였다. Group 1과 Group 2의 경우 이러한 현상으로 인해 지대주 나사와 고정체 내면사이에 마찰력이 증가하게 되고 착탈 횟수가 반복 될수록 더 낮은 전하중을 얻게된다. 반면, Group 3과 Group 4의 지대주 나사의 표면에는 이러한 현상들이 나타나지 않는다. 이것은 TiN 코팅의 낮은 마찰계수와 높은 표면 강도에 기인한 것으로 사료된다. TiN 코팅의 이러한 성질들이 반복적인 상부구조의 착탈시 발생하는 전하중(preload)의 소실을 감소시킬 것으로 사료되며, 이는 TiN으로 코팅된 Group 3과 Group4의 지대주 나사들이 Group 1과 Group 2의 지대주 나사들 보다 풀림에 더 저항하는데 기여할 것으로 사료된다. 이것은 TiN 코팅된 지대주 나사가 반복적인 상부구조의 착탈의 조건에서도 최소의 전하중 소실로 인해 풀림에 더 잘 저항할 수 있다는 것을 의미한다고 사료된다.

한편, 지대주 나사의 TiN 코팅이 나사의 풀림력에 기여하지 않는다는 발표도 있다. Elias 등[20]은 TiN 코팅이 나사의 풀림력에 영향을 주지 않는다 하였다. 하

지만, 그 실험은 6회만의 반복 착탈시 풀림력을 비교 분석한 것으로 그 횟수가 지대주 나사와 대합성분들 간의 마모에 대한 저항성을 평가할 만한 정도가 아닌 것으로 사료된다. Weiss등[14)]은 7가지 임플란트 시스템을 이용하여 30회와 200회의 반복적인 상부구조 착탈 후 풀림력(opening torque)을 측정하는 실험을 행하였는데, 착탈 횟수가 증가될수록 풀림력이 감소함을 보고하였다. 또한, 그러한 풀림력의 감소 원인으로 반복적인 상부구조 착탈에 따른 지대주 나사와 그 결찰부의 구성성분간의 마모로 인한 마찰계수의 감소를 제안하였다. 이러한 결과를 고려해 보면, 반복적인 상부구조의 착탈에 의한 마모가 반복적 하중 못지않게 풀림력에 중대한 영향을 미칠 것으로 사료 된다. 구성성분들간의 마모와 풀림력과의 관계는 아직 명확하지 않다. 나사가 반복 체결되는 초기에는 settling이나 embedment relaxation에 의해 어느 정도 전하중이 증가하고 풀림력도 증가하지만 일정 임계점이 지나면 풀림력이 지속적으로 감소하게된다. Hagiwara[18)]는 마찰 감소가 너무 심하여 나사의 풀림을 유발할 수 있는 임계점에 대한 연구가 필요하다고 하였다. 본 실험을 진행하면서 전하중을 증진시키면서 나사의 풀림을 방지할 수 있는 최적의 마찰계수나 코팅조건을 찾지 못했다. 하지만, TiN 코팅이 반복적인 지대주 나사의 사용 시 마모에 좀 더 내구성이 있다는 것을 관찰하였다. TiN 코팅의 낮은 마찰계수와 이러한 마모에 대한 내구성은 전하중 및 풀림력 소실을 최소로 막아 줄 수 있을 것으로 기대된다. 더불어, 임플란트 지대주 나사를 조일 때, 최대의 전하중을 얻으면서 풀림력 또한 최대를 유지할 수 있는 최적의 TiN 코팅 조건에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

결론적으로 지대주 나사에 TiN 코팅은 지대주 나사와 체결 구성성분 간에 발생하는 마모에 대한 내구성을 보여 주었으며, 이는 풀림력의 소실을 감소시킴으로서 나사접합부의 안정성에 기여할 것으로 사료된다. 하지만, 이 실험이 구강외에서 행하여 졌고 저작압을 가하지 않았던 점을 고려하면 앞으로도 이와 관련된 더욱 많은 연구가 이뤄져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

20회의 반복적인 지대주 장착 및 제거 후 발생하는 임플란트 고정체와 TiN 코팅된 지대주 나사의 변화를 SEM을 통해 관찰하였고, TiN 코팅된 지대주 나사의 마모를 측정한 결과 다음과 같은 결과들을 얻었다.

1. Group 1, Group 2, Group 3과 Group 4의 지대주 나사들의 평균 무게소실량은 각각 0.181mg± 0.145mg, 0.056mg± 0.026mg, 0.069mg± 0.023mg과 0.043mg± 0.016mg이었다.
2. Group 1과 Group 3 지대주 나사군의 실험 후 소실된 마모량에는 통계학적으로 유의성이 존재하였으며, TiN 코팅된 지대주 나사가 더 적은 무게소실 양을 나타내었다($P<0.05$).
3. Group 2과 Group 4 지대주 나사의 실험 후 소실된 마모량에도 통계학적으로 유의성이 존재하였으며, TiN 코팅된 지대주 나사가 더 적은 무게소실 양을 나타내었다($P<0.05$).
4. 코팅처리 되지 않은 Group 1과 Group 2의 지대주 나사들을 SEM으로 관찰한 결과 대합되는 면에서 마모 및 결손 현상이 뚜렷하게 관찰되었으나, TiN 코팅된 Group 3과 Group 4의 지대주 나사들은 코팅입자들이 눌려 입자형태가 납작해진 정도의 마모와 아주 미약한 정도의 결손이 관찰되었다.
5. 그룹 Group 1과 Group 2의 임플란트 내면을 SEM으로 관찰하여보니, 임플란트와 지대주 나사와의 마찰로 떨어져(galling)나간 타이타늄 입자들이 다시 들러붙어(seizing) 있거나 층을 이루고 있는 것이 관찰된 반면, Group 3과 Group 4의 경우에서는 TiN 코팅된 지대주 나사에 의해 마모되거나 깊게 패인 자국(scratch) 정도가 발견 되었다.

결론적으로, TiN 코팅은 임플란트 지대주나사가 반복적인 사용 후에도 마모에 대한 저항 및 내구성을 나타내었다. 또한, 이러한 마모에 대한 내구성은 TiN 코

팅이 가지는 낮은 마찰계수의 특성과 더불어 지대주 나사의 전하중을 향상시켜 임플란트 나사 접합부의 안정성을 높이는데 기여하리라 사료된다.

References

1. Taylor. Prosthodontic problems and limitations associated with osseointegration. J Prosthet Dent 1998;79:74-78.
2. Jemt T, Pettersson P. A 3-year follow-up study on single implant treatment. J Dent 1993;21:203-208.
3. Jemt T. Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Branemark implants in edentulous jaws: a study of treatment from the time of prosthesis placement to the first annual check up. Int J Oral Maxillofac Implants 1991; 6:270-276.
4. Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JY. Clinical complications with implants and implant prostheses. J Prosthet Dent 2003;90:121-132.
5. Binon PP, Sutter F, Beaty K, Brunski J, Gulbransen H, Weiner R. The role of screws in implant systems. Int J Oral Maxillofac Implants (supplement) 1994;9:8-63.
6. Cantwell A, Hobkirk JA. Preload loss in gold prosthesis-retaining screws as a function of time. Int J Oral Maxillofac Implants. 2004 Jan-Feb;19(1): 124-132.
7. Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and preload stress in dental implant abutment screws. Int J Oral Maxillofacimplants 1995;10:529-536.
8. Motosh N. Development of design charts for bolts preloaded up to the plastic range. J Eng Ind 1976;98:849-851.
9. Martin WC, Woody RD, Miller BM, Miller AW. Implant abutment screw

rorations and preloads for four different screw materials and surfaces.J Prosthet Dent 2001;86:24-32.

10. Drago CJ. A clinical study of the efficacy of gold-tite square abutment screws in cement-retained implant restorations. Int J Oral Maxillofac Implants 2003;18:273-278.
11. Bickford JH. An introduction to the design and behavior of bolted joints. Marcel Dekker, New York 1995:515-64.
12. Shigley JE. Mechanical Engineering Design. ed 2. New York: McGraw Hill, 1996:23.16-23.39.
13. Rangert B, Gunne J, Sullivan D. Mechanical aspects of a Branemark implant connected to a natural tooth: An in vitro study. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6:177-186.
14. Weiss EI, Kozak D, Gross MD. Effect of repeated closures and opening torque values in seven abutment-implant systems. J Prosthet Dent 2000;84:194-9.
15. Mezger PR, Creugers NH. Titanium nitride coatings in clinical dentistry. J Dent 1992;20:342-344.
16. Scarano A, Piattelli M, Vrespa G, Petrone G, Iezzi G, Piattelli A. Bone healing around titanium and titanium nitride-coated dental implants with three surfaces: an experimental study in rats. Clin Implant Dent Relat Res 2003;5:103-111.
17. Scarano A, Piattelli M, Vrespa G, Caputi S, Piattelli A. Bacterial adhesion on titanium nitride-coated and uncoated implants: an in vivo human study. J Oral Implantol 2003;29:80-85.
18. Hagiwara M, Ohashi N. A new tightening technique for threaded fasteners. Mater Eng ASME 1992;371-376.
19. Abokowitz S, Burke JJ, Hiltz RH. Titanium in industry. New York(NY):

Van Nostrand Co Inc; 1955.

20. Elias CN, Figueira DC, Rios PR. Influence of the coating material on the loosening of dental implant abutment screw joints. Materials Science and Engineering 2006;8:1361-1366.

저작물 이용 허락서

학 과	치의학과	학 번	20057498	과 정	박 사
성 명	한글 : 정 석 원 한문 : 鄭 碩 元 영문 : Jeong, Seok-Ueon				
주 소	광주광역시 남구 봉선동 2동 한국 아델리움 104-1602				
연락처	E-MAIL : madeuy00@naver.com				
논문제목	국문 : TiN 코팅된 지대주 나사의 마모에 관한 연구 영문 : Abrasion of TiN coated Abutemt Screw				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보 통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

2007년 월 일

저작자 : 정 석 원 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하