[UCI]I804:24011-200000234487

2007년 8월 박사학위논문 코팅된 지대주 나사의 반복 착탈 후 표면변화와 풀림력에 관한 연구 장 종 석

2007년 8월
박사학위논문

코팅된 지대주 나사의 반복 착탈 후 표면변화와 풀림력에 관한 연구

조선대학교 대학원

치 의 학 과

장 종 석

코팅된 지대주 나사의 반복 착탈 후 표면변화와 풀림력에 관한 연구

Surface change and detorque force of coated abutment screw after repeated closing and opening

2007년 8월 일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

장 종 석

코팅된 지대주 나사의 반복 착탈 후 표면변화와 풀림력에 관한 연구

지도교수 정 재 헌

이 논문을 박사학위신청 논문으로 제출함

2007년 4월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

장 종 석

장종석의 박사학위 논문을 인준함

위원장	조선대학교	교수	계 기 성	인
위 원	고려대학교	교수	신 상 완	인
위 원	조선대학교	교수	정 재 헌	인
위 원	조선대학교	교수	김 병 옥	인
위 원	조선대학교	교수	오 상 호	인

2007년 6월

조선대학교 대학원

목 차

영문초록 ····· iv

Ⅰ. 서론 ····· 1

Ⅱ. 연구재료 및 방법 ····· 3

Ⅲ. 연구성적 ····· 9

Ⅳ. 총괄 및 고안 ····· 14

Ⅴ. 결론 ····· 20

참고문헌 ····· 22

Tables

Table 1. Classification of groups ····· 3

Table 2. Loss of the abutment screw weight ····· 10

Table 3. The mean detorque force of each group ····· 12

Figures

Fig. 1. Kind of abutment screws used in this study ····· 3
Fig. 2. Fixture and abutment used in this study ····· 4
Fig. 3. Ion plating apparatus ····· 5
Fig. 4. Fixtures which were mounted with mounting media. ····· 5
Fig. 5. Fixture and abutment connection ····· 5
Fig. 6. Electric scales ····· 6
Fig. 7. Specimen holding apparatus for measurement of detorque force ····· 7
Fig. 8. Finger screw driver and torque wrench ····· 7
Fig. 9. Digital torque gauge and measurement of detorque force ····· 8
Fig. 10. SEM micrographs and EDX showing surface of each groups before repeated closing and opening ····· 10
Fig. 11. SEM micrographs and EDX showing surface of each groups after repeated closing and opening ····· 11
Fig. 12. Loss of the abutment screw weight comparison between groups ····· 11
Fig. 13. Comparison with mean detorque forces between groups ····· 13
Fig. 14. Comparison with mean detorque forces between groups ····· 13

ABSTRACT

Surface change and detorque force of coated abutment screw after repeated closing and opening

Jang, Jong-Suk, D.D.S., M.S.D.
Advisor : Prof. Chung, Chae-Heon , D.D.S., M.S.D., Ph. D.
Department of Dentistry,
Graduate School of Chosun University

At present, some implant makers are selling coated screws to prevent loosening of screws. But repeated closing and opening of screws induce abrasion of coated surface, so the effects may decrease.

Recently researches about WC/C (Tungsten Carbide/Carbon) or TiN (Titanium Nitride) coating on screws are going on. It is reported that those coated screws improved abrasion, adaptability and detorque force.

This study was to evaluate the effects of WC/C or TiN coated screws for solving the loosening phenomenon of screws which is a clinical problem.

Surface changes and detorque values were compared with uncoated titanium screws (Group A) or WC/C coated screws (Group B) or TiN coated screws (Group C) after 10 times of repeated closing and opening test respectively.

The results were follows;

1. Before repeated closing and opening of screws, somewhat rough screw surface with regular direction was observed in Group A. But coated

granules with regular and smooth form were observed in Group B and Group C.

2. After repeated closing and opening of screws, abrasion and deformation of screw surface was observed in Group A and Group B. and exfoliation of coated granules was observed in Group B. But screw surface in Group C was little changed and relatively stable.
3. Weight loss of screws between before and after repeated closing and opening in Group A was bigger than that in Group B or Group C ($P<0.05$).
4. Detorque force in Group B or Group C was higher than that in Group A ($P<0.05$), and detorque force in Group C was higher than that in Group B but it was not a statistically significant level.
5. In all Groups, detorque force was increased in 3th or 4th repeated closing and opening of screws. After that, detorque force was decreased and Group A showed more prominent decrease tendency of detorque force than Group B and Group C.

Conclusively, coated screws with WC/C or TiN did not show prominent surface changes than uncoated titanium screws even though they were repeatedly used. And they showed excellent resistance against friction and high detorque force. TiN coated screws showed better mechanical properties when it was compared with WC/C coated screws but it was not a statistically significant level.

Thus it is considered that adaptation of WC/C or TiN coating on screws will decrease the screw loosening problem.

I. 서 론

임플란트는 1952년 Branemark[1)]에 의해 골유착 개념이 소개된 이래 단일치아 수복이나 부분, 혹은 완전 무치악 수복에서 가장 흔히 이용되는 수복방법으로서 임플란트의 식립 부위와 상부 보철물의 종류에 따라 다소의 차이가 있지만, 문헌에 따르면 90% 이상의 성공률이 보고되고 있다[2-6)]. 그러나 임플란트 시스템은 나사풀림이라는 문제점이 필연적으로 나타나며[6-8)], 이러한 나사풀림으로 인해 보철물의 파절, 나사의 파절, 골유착의 상실, 임플란트 고정체의 파절과 같은 문제점이 유발되기도 한다. Jemt 등[8)]은 단일치 임플란트 수복의 45%에서, 부분 치아 결손부를 수복한 임플란트의 13.6%에서 나사의 계속적인 풀림이 발생한다고 보고하였다[7-8)].

이러한 나사풀림에 영향을 주는 원인에는 부적절한 조임, 부적절한 구성물간의 적합, 구조물의 유연성, 침하(settling) 현상, 나사 구멍에 낀 찌꺼기, 나사의 디자인, 골의 탄성 등 여러 가지가 있다.[9)] 따라서 나사풀림을 방지하기 위해서 지대주 나사에서 나사의 길이, 나사의 산과 골의 모양과 위치 및 개수 등의 macrostructure를 변형하기도 하고, 나사 표면의 거칠기 및 윤활제의 개재 등 microstructure에 변화를 주기도 하며,[10)] 또한 보철물의 수동적인 적합도를 높이는 방법과 임플란트 수를 증가시키는 방법, 교합 간섭을 제거하고 교합면적을 축소시키는 방법, 인접치와의 접촉면을 늘리는 방법, torque control device를 이용하는 방법 등이 제시되고 있다[11)].

전하중(preload)이란, 나사를 조일 때 발생하는 나사 내부의 인장력을 말하며[9,12)] 나사를 조일 때 최초에 가해진 조임력의 90%는 마찰력을 극복하는데 사용되고 10% 만이 전하중으로 전환된다. 따라서 지대주 나사를 코팅하여 지대주 나사와 고정체간의 마찰력을 낮춤으로써 더욱 많은 조임력이 전하중으로 전환되도록 하여 이로 인해 나사 접합부의 안정성을 증진시킬 수 있다고 보고되고 있다[13)]. 이미 지대주 나사에 0.76μm의 순금을 코팅한 3i 사의 Gold-Tite

(3i® Implant Inovations, INC., U.S.A.), 테프론(teflon)을 코팅한 Steri-Oss 사의 TorqTite (Nobel Biocare AB, Sweden), Tungsten Carbide/Carbon을 코팅한 Osstem 사의 WC/C (Osstem. Co., Ltd., Korea) 등의 지대주 나사가 상품화되어 임상에 적용되고 있다[14-17]. 또한 TiN (Titanium Nitride) 코팅이 새로운 코팅 방법으로 제시되고 있는데 이는 금속의 성질을 향상시키는데 사용되는 가장 일반적인 코팅 방법으로서 금속의 마찰 계수를 낮추어주고 마모 저항성을 증가시켜주어 나사 풀림을 감소시켜 준다고 알려지고 있다. 뿐만 아니라 표면 경도를 높여 주고 금과 같은 색깔을 지니게 하여 준다고 보고되고 있다[14].

따라서 본 연구에서는 지대주 나사에 적용된 코팅이 나사 풀림에 미치는 영향을 알아보기 위하여 코팅되지 않은 타이타늄 지대주 나사와 WC/C(Tungsten Carbide/Carbon) 코팅된 지재주 나사와 TiN으로 코팅된 지대주 나사의 반복 착탈 시 표면 및 무게의 변화와 풀림력을 비교해 보고저 하였다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

1) 지대주 나사 (Abutment screw)

코팅 전의 타이타늄 지대주 나사(Osstem. Co., Ltd., Korea) 10개(Group A)를 실험군으로, 그리고 Osstem사의 WC/C 코팅된 GSII 지대주 나사(GSASR, Osstem. Co., Ltd., Korea) 10개(Group B)와 본 연구를 위해 타이타늄 지대주 나사(Osstem. Co., Ltd., Korea)에 아크 이온 도금법(Arc ion plating)을 이용하여 TiN 코팅을 실시한 지대주 나사 10개(Group C)를 실험군으로 구성하였다(Fig. 1, Table 1).

Fig. 1. Kind of abutment screws used in this study.
(Left: titanium screw, Middle :WC/C coated screw, Right: TiN coated screw)

Table 1. Classification of groups

Group	Specimen No.	Type of screw	Applied torque
A	10	Titanium screw	30Ncm
B	10	WC/C coated titanium screw	30Ncm
C	10	TiN coated titanium screw	30Ncm

2) 임플란트 고정체 및 지대주 (Fixture and Abutment)

이 실험에 사용된 임플란트 고정체로는 Osstem사의 내측연결 시스템 방식의 GSII(GSII D4*13mm; Osstem. Co., Ltd., Korea)였으며, 무작위로 30개가 선정되었다. 동일한 개수의 지대주가 선택되었는데, 선택된 지대주는 Osstem사의 GS Transfer Abutment(Hex Standard, 5mm[D], 3mm[G/H], 5.5mm[H] Osstem. Co., Ltd., Korea)였다(Fig. 2).

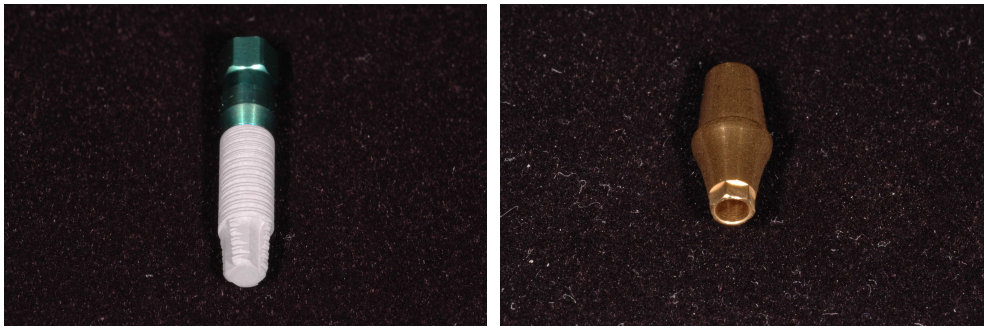

Fig. 2. Fixture and abutment used for this study.

2. 연구방법

1) Arc 이온 도금법(Arc ion plating)을 이용하여 TiN 표면 코팅한 지대주나사(Group C)의 준비

타이타늄 지대주 나사에 아크 이온 도금법(Arc ion plating)을 이용해 TiN을 코팅 처리했다. 시편을 아크 이온도금 장치기기에 장착한 후, 진공챔버를 3.0×10^{-5} torr까지 배기시키고 mass flow controller를 이용하여 Ar gas를 10-20m torr로 공급하였다. 이후 900W의 power로 Ar 플라즈마를 발생시키고 시료대에 DC를 인가하여 약 10분 동안 산화층을 비롯한 시험편 표면의 오염물질을 제거한 후, 진공챔버를 다시 3.0×10^{-5} torr로 배기시켰다. 이온도금을 위해 질소가스를 10-20m torr로 공급하였다. 코팅 두께를 조절하기 위해서, 60분간 코팅을 시행하였다. 접착도를 증가시키기 위하여 온도는 350-380℃로 하였다(Fig. 3).

Fig. 3. Ion plating apparutus (Hybrid, Artecsystem, Korea).

2) 고정체의 마운팅

30쌍의 고정체와 지대주가 선택되었고, 하나의 고정체에 하나의 지대주와 하나의 지대주 나사로 시편을 구성하였다. 실험을 위해 고정체를 불포화 폴리에스터(Epovia, CrayValley Inc. Korea)에 플랫폼이 노출되도록 치과용 써베이어를 이용하여 포매하였다. 포매에 이용된 불포화 폴리에스터는 레진과 경화제로 구성되었는데, 두 개의 성분들을 함께 혼합하여, 포매 용기에 부어 경화시켰다(Fig. 4). 불포화 폴리에스터가 완전히 경화된 후 지대주를 고정체에 각각의 나사를 이용하여 연결시켰다(Fig. 5). 이 때 지대주 나사들은 초음파 세척기(Branson 3510, Bransonic, USA)를 이용하여 알코올과 아세톤 용액으로 각 10분간 세척한 후 마지막으로 증류수를 사용하여 지대주 나사의 표면을 씻어 낸 후 건조 시켜 사용하였다.

Fig. 4. Fixtures which were mounted with mounting media.

Fig. 5. Fixture and abutment connection.

3) 착탈 전 후의 FE-SEM에 의한 지대주 나사의 표면 관찰 및 EDX 분석

우선 반복 착탈 전 지대주 나사의 표면을 관찰하였고 10회의 반복 착탈 후 코팅된 지대주 나사의 표면 변화를 FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscoper)을 이용하여 비교하였다. 처음에는 100배의 배율로 지대주 나사를 관찰하였고 계속해서 나사산과 나사골 및 나사능을 1,000, 10,000, 100,000, 500,000의 배율로 코팅된 표면을 세밀히 관찰하였다. 반복 착탈 전 과 후의 코팅된 표면의 성분 변화를 분석하기 위해 EDX(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)를 사용하였다.

각각의 지대주 나사는 FE-SEM 관찰 전에 초음파 세척을 시행하였고 지대주 나사의 표면을 오염시키지 않기 위해 주의하였다.

4) 지대주 나사의 무게 측정

지대주 나사 코팅의 접합강도 및 마모 저항성을 비교 평가해 보기위해 반복 착탈 전과 후에 지대주 나사 무게의 변화를 전자저울(Genius ME, Sartorius, Germany)을 이용하여 0.000001g 단위로 측정하였다(Fig. 6). 오차를 줄이기 위하여 지대주 나사 마다 10회 씩 반복 측정하였다.

Fig. 6. Electric scales(Genius ME, Sartorius, Germany).

5) 풀림력(Detorque force)의 측정

반복적인 조임과 풀림실험을 위해서 에폭시 레진에 포매된 고정체와 지대주를 특별히 고안된 시료 고정장치(Fig. 7)에 올려놓고 고정나사를 조여 고정한 후 지대주 나사를 조였다.

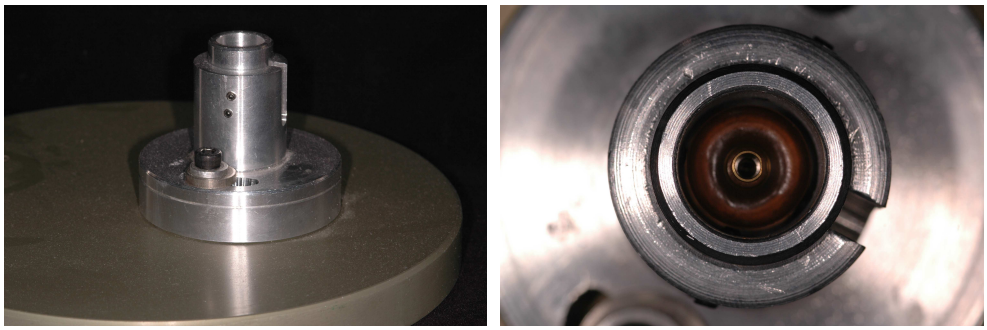

Fig. 7. Specimen holding apparatus for measurement of detorque force.

지대주 나사를 조일 때 정확하고 재현이 가능하며 실제 임상에 근접한 조임력을 얻기위해 screw driver (Hand driver, Osstem. Co., Ltd., Korea)를 이용하여 저항감이 느껴질 때 까지 조인 후 최종적으로 토크를 적용할 때에는 torque wrench (TWMW, Osstem. Co., Ltd., Korea)를 사용하여 30Ncm으로 조였다(Fig. 8).

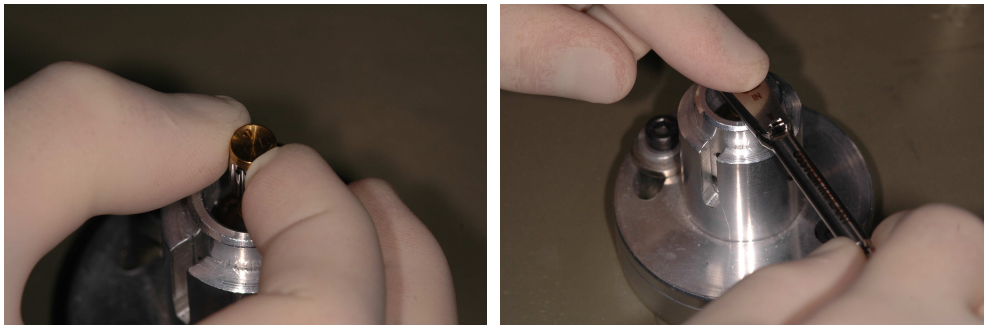

Fig. 8. Finger screw driver(left) and torque wrench(right).

모든 지대주 나사들은 실제 임상에서 임플란트 보철물의 최종 장착 시까지의 일반적인 반복 착탈 횟수인 10회의 조임과 풀림을 반복하였다. 모든 과정은 임플란트 보철치료에 경험이 있는 한명의 숙련된 술자에 의해 시행되었고, 각 횟수마다 지대주 나사를 조인 후 디지털 토크 측정기(MGT 12®, Mark-10 Corp., U.S.A., Fig. 9)를 이용하여 풀림력을 측정하였다.

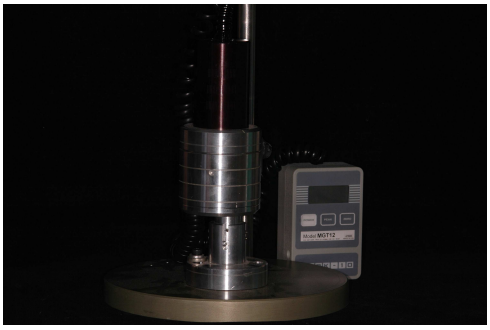

Fig. 9. Digital torque gauge and measurement of detorque force.

6) 통계분석

윈도우용 SPSS(Release 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.) 프로그램을 이용해 실험결과를 통계 처리했다. 코팅처리 한 그룹과 코팅처리 안한 그룹, WC/C코팅 그룹과 TiN코팅 그룹의 무게 변화 및 풀림력의 분석과 통계적 유의성의 유무를 알아내는 것에 One-way ANOVA (Turkey test; level of significance $p<0.05$)와 Microsoft Excel의 validity test가 사용되었다.

Ⅲ. 연구 성적

1. FE-SEM에 의한 지대주 나사의 표면 관찰 및 EDX 분석

1) 반복 착탈 전 지대주 나사의 표면 관찰

지대주 나사의 표면을 반복 착탈 전 FE-SEM을 이용하여 100배와 500,000배의 비율로 관찰 한 결과 그룹 A는 일정한 방향성을 가진 다소 거친 표면을 관찰 할 수 있었다. WC/C와 TiN으로 코팅된 그룹 B와 그룹 C는 코팅된 입자들이 관찰되었으며 코팅층이 전체적으로 균일하고 매끈한 모양을 나타내었다. WC/C 코팅 된 그룹 B에 비해 TiN 코팅된 그룹 C의 표면에서 코팅 입자의 크기가 더 크고 두껍게 코팅 된 모양을 나타내었다(Fig. 10).

EDX를 이용한 코팅 표면의 성분 분석 결과 모든 그룹에서 Ti-6Al-4V 합금으로 되어있는 타이타늄 지대주 나사의 성분인 Ti, Al, V이 검출 되었으며, 그룹 B와 그룹 C에서는 부가적으로 각 그룹의 코팅의 성분인 WC와 C 및 TiN이 검출 되었다(Fig. 10).

2) 반복 착탈 후 지대주 나사의 표면 관찰

FE-SEM을 이용하여 저배율(100배, 1,000배)로 관찰 시 모든 그룹에서 반복 착탈 전과 후에 표면의 변화는 적었으나 고배율(10,000배, 500,000배)로 관찰 시 그룹 A와 그룹 B에서는 반복 착탈 전에는 관찰 되지 않았던 지대주 나사 표면의 마모와 변형이 관찰 되었으며 그룹 B에서는 코팅 입자의 탈락 현상을 볼 수 있었으나 그룹 C는 비교적 큰 변화없이 안정된 양상을 보였다(Fig. 11).

EDX를 이용한 코팅 표면의 성분 분석 결과 모든 그룹에서 반복 착탈 전과 동일한 성분 조성이 검출되었다(Fig. 11).

2. 반복착탈 전후의 지대주 나사의 무게 측정

반복 착탈 전 후의 지대주 나사의 무게의 손실을 측정한 결과 그룹 A에서 가장 큰 감소를 보였으며 그룹 B와 그룹 C에서와 비교시 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$,). 그룹 C에서가 그룹 B에서 보다 무게의 변화가 적었으나 두 그룹 간 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table. 2, Fig. 12).

Table. 2. Loss of the abutment screw weight (Unit: mg)

	Loss of screw weight	
	Mean	SD
Group A	76.152	0.011
Group B	3.024	0.022
Group C	2.316	0.084

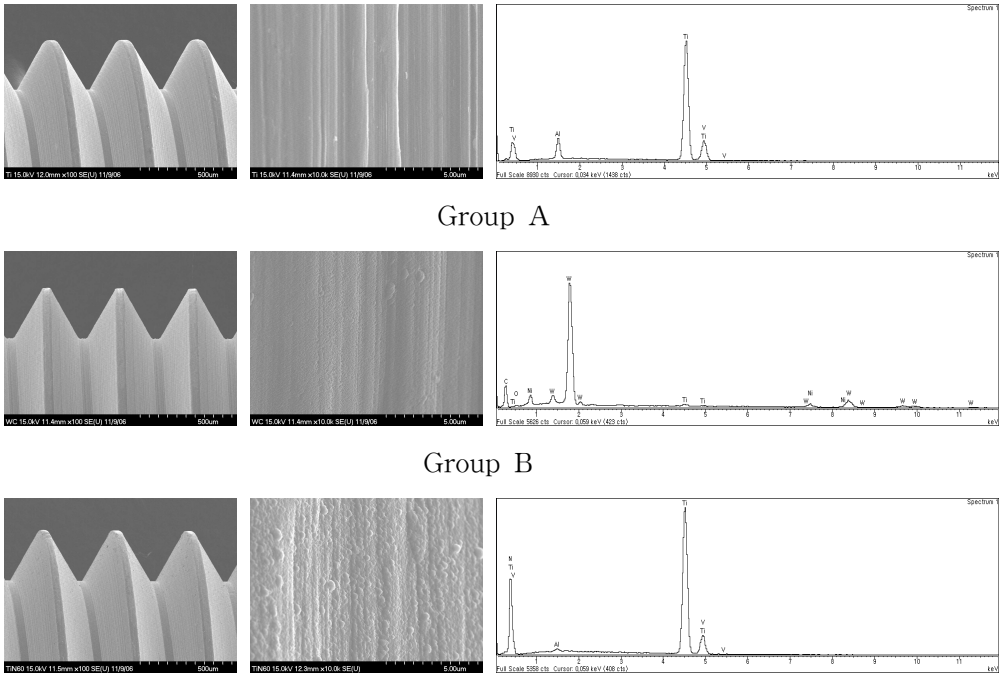

Fig. 10. SEM micrographs and EDX showing surface of each groups before repeated closing and opening. (Left: ×100, Middle: ×10,000, Right: EDX)

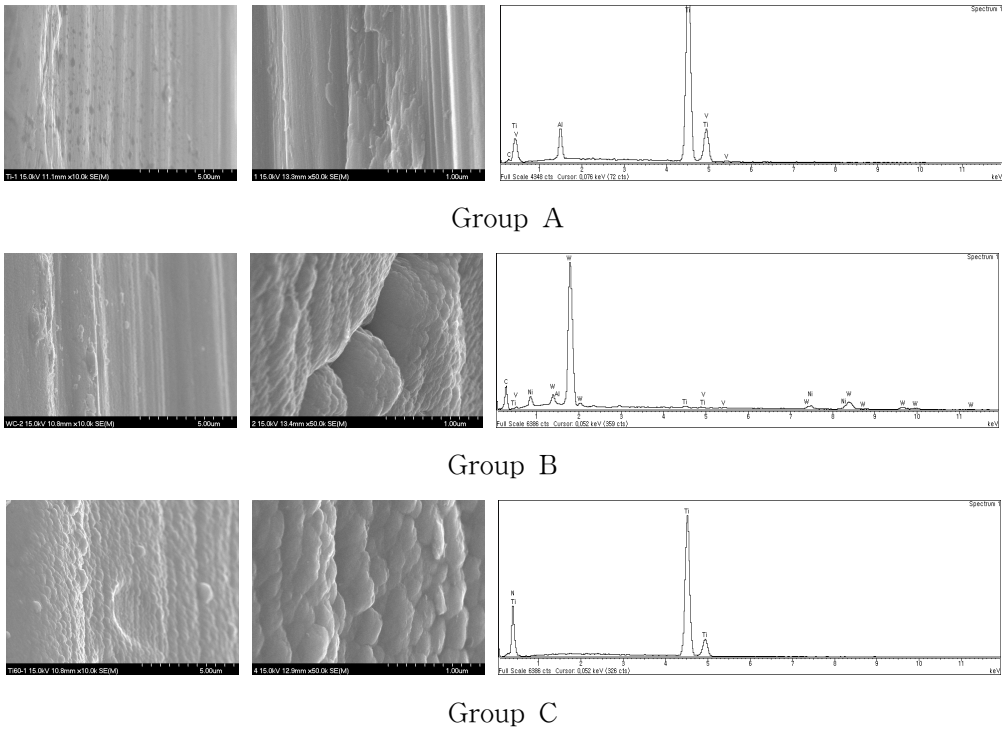

Fig. 11. SEM micrographs and EDX showing surface of each groups after repeated closing and opening. (Left: ×10,000, Middle: ×500,000, Right: EDX)

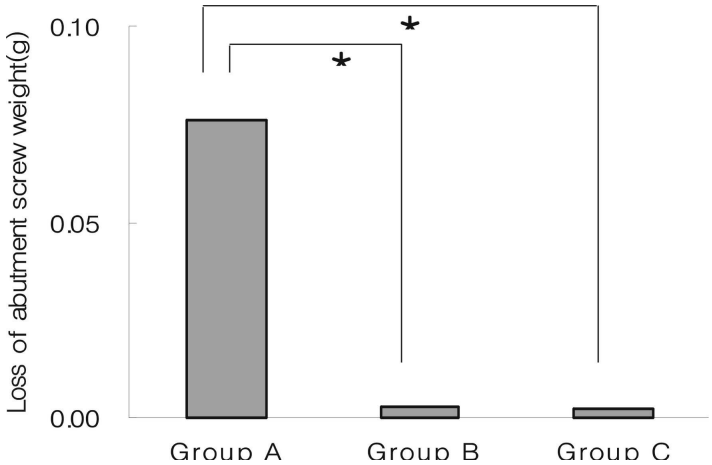

Fig. 12. Loss of the abutment screw weight comparison between groups(*: P<0.05, One-way ANOVA; Turkey test).

3. 풀림력의 측정

반복 착탈 시행 횟수에 따른 평균 풀림력의 변화를 Table. 3 과 Fig. 13, 14에 나타내었다. 그룹 B와 그룹 C는 그룹 A에 비해 높은 평균 풀림력을 나타내었고 통계학적으로 유의할 만한 차이가 있었다 ($P<0.05$, One-way ANOVA; Turkey Test). 그룹 C가 그룹 B에 비해 평균 풀림력이 높았으나 통계학적으로 유의할 만한 차이는 아니었다. 모든 그룹에서 3회 또는 4회의 반복 착탈 시 까지 풀림력이 증가하는 경향을 보였다. 3회 또는 4회의 반복 착탈 이후로는 풀림력이 감소하는 경향을 보였다. 3회 또는 4회에서 평균 풀림력이 최대값을 나타내었다. 최대 평균 풀림력, 최소 평균 풀림력, 모든 1회부터 10회 까지의 풀림력에 있어서 그룹 C가 가장 높았다. 모든 그룹에서 4회 이후로 평균 풀림력의 감소 경향이 두드러졌으며 그룹 A는 그룹 B와 그룹 C보다 평균 풀림력의 그래프에서 기울기가 더 급하게 나타났다.

Table. 3. The mean detorque force of each group (Unit: Ncm)

Trial	Group A	Group B	Group C
1	24.10	26.30	27.06
2	24.30	26.76	27.46
3	25.24	27.42	28.08
4	25.02	27.64	28.40
5	24.54	27.26	28.00
6	24.36	27.02	27.74
7	23.88	26.74	27.34
8	23.36	26.38	27.18
9	22.84	26.00	26.98
10	22.48	25.64	26.90
Mean	24.11	26.71	27.51
SD	1.007	0.641	0.517

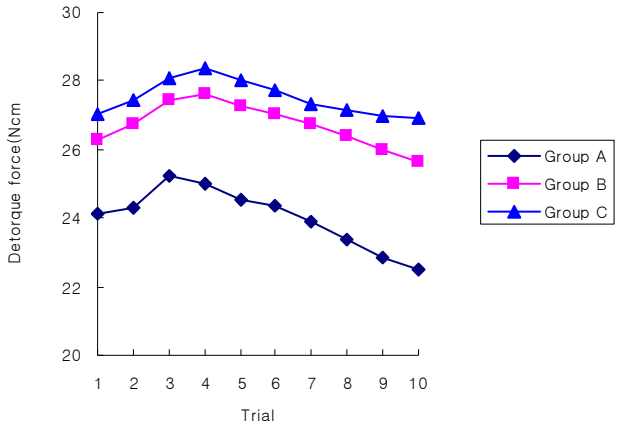

Fig. 13. Comparison with mean detorque forces between groups.

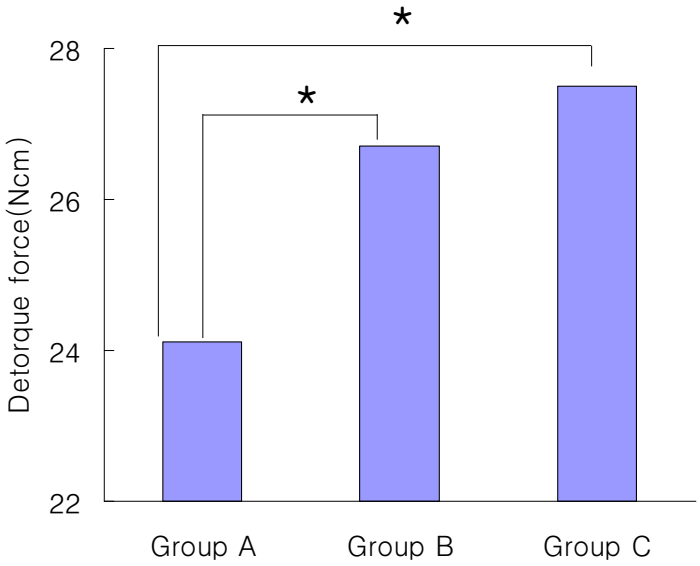

Fig. 14. Comparison with mean detorque force between groups (*: P<0.05, One-way ANOVA; Turkey test).

Ⅳ. 총괄 및 고안

지대주 나사의 풀림에 관여하는 인자는 다양하다. 정확한 구조물 간의 적합과 구강내 시적 및 나사의 코팅과 재질 변화 등 다양한 시도들로 인해 지대주 나사의 풀림이 많이 줄어들기는 하였으나, 반복적인 하중에 의한 전하중의 점진적인 상실과 반복적인 상부구조의 착탈에 따른 체결 구성물간의 마모는 여전히 지대주 나사 풀림의 잠재적인 원인으로 남아있다[18.19].

지대주 나사의 조임시 지대주 나사와 고정체 나사산 사이에 발생하는 마찰을 극복하는데 소모되는 힘을 줄일 수 있다면 더 많은 전하중을 얻을 수 있다. 이러한 이유로 건식 윤활제를 이용하여 지대주 나사의 마찰계수를 낮추어 전하중을 더 높일 수 있는가에 대한 연구가 많이 진행되었는데, Martin 등[10]에 의하면 Gold-Tite와 TorquTite 지대주 나사를 이용함으로서 마찰계수를 낮추는데 도움을 주었으며, 통상적인 지대주 나사들보다 더욱 큰 전하중을 발생시켰다고 보고하였다. 또한 Kim 등[20]은 지대주 나사풀림 실험에서 DLC (Diamond like carbon) 코팅을 적용한 임플란트들이 하중에 더욱 저항을 잘한다는 결과를 보고하였으며, Choi 등[17]도 WC/C 코팅을 적용한 지대주 나사가 풀림에 훨씬 저항을 잘 한다고 보고하였다.

고정체에 시멘트 형태의 보철물을 합착 할 때까지 10번 정도의 반복 적인 지대주 나사의 착탈을 기공 및 임상과정에서 경험하게 된다. 이러한 반복적인 착탈은 지대주 나사의 전하중을 감소시키게 되고 풀림에 대한 저항을 낮추는 역할을 하게 된다. Weiss 등[18]은 반복적인 지대주 나사의 착탈 후 풀림력을 측정하는 실험을 하였는데, 지대주 나사의 착탈 횟수가 증가 할수록 풀림력이 감소하였다고 하였다. Byrne 등[21]은 모든 지대주 나사에서 반복적인 조임이 가해지면 전하중의 감소가 나타났으며, 금으로 코팅된 지대주 나사에서 더욱 현저하게 큰 전하중을 얻을 수 있었다고 보고하였다. 이 처럼 몇 몇 건식 윤활제의 사용이 이미 상품화 되었으며 다른 코팅 방법들도 다양하게

시도 되고 있다.

최근 TiN 코팅이 지대주 나사의 문제점을 개선하기 위해 활발히 연구 되고 있는 실정이며, Kim 등[22]은 TiN을 지대주 나사에 코팅 시, 나사 풀림의 저항성이 커짐을 보고했다.

따라서 본 연구에서는 코팅되지 않은 타이타늄 지대주 나사, WC/C 코팅된 지재주 나사. TiN으로 코팅된 지대주 나사의 반복 착탈 시 표면 및 무게의 변화와 풀림력을 비교하였다.

1. FE-SEM에 의한 지대주 나사의 표면 관찰 및 EDX 분석

Mezger 등[15]은 TiN 코팅은 마모 저항성, 부식 저항성, 표면 강도에 있어서 우수한 특성을 나타내며, 또한 코팅표면에서 기포나 미세한 균열과 같은 표면 결함이 생길 수 있고 코팅의 물리적 성질을 향상시키려면 코팅 표면은 균질하고 매끈해야 할 필요가 있다고 보고한 바 있다.

조임력이 미세 거칠기의 지대주 나사의 표면에 가해졌을 때 항복 강도 이상의 부하가 가해진 지점은 소성 변형이 일어난다. 침하효과(settling effect)는 항복 강도 이상의 부하가 가해진 지점에서 코팅표면의 초기 접촉부위가 변형되어 편평해지는 현상을 말한다[23]. 소성 변형은 나사를 안정화 시킬 수 있는 접촉면이 나타날 때까지 일어나며 만약 전체의 침하효과가 나사의 탄성 신장보다 더 커지게 되면 부하가 가해진 지점은 나사를 잡고 있지 못하게 되어 결과적으로 나사의 풀림이 발생하게 된다[24]. Sakaguchi 등[25]의 연구에 따르면 침하 효과 때문에 2-10%의 전하중의 소실이 야기된다고 하였고, Binon 등[26]은 침하 효과의 강도는 초기 표면의 거칠기, 표면 강도, 그리고 적용된 힘에 의해 결정된다고 하여, 코팅 표면의 더 낮은 거칠기는 더 낮은 침하 효과를 발생시키므로 일정하고 매끈한 코팅 표면이 나사 풀림의 가능성을 감소시키기 위해 필요하다 하였다..

Sopwith[27]는 나사가 상부구조를 고정시킴에 있어 상부 3-4개의 나사날 만

이 나사의 고정에 관여하며, 상부 구조를 고정시키는데 3-4개의 나사날이면 충분하다고 하였다. 따라서 이를 근거로 본 연구에서는 FE-SEM을 통해 지대주 나사를 관찰 시 지대주 나사의 상부 3-4개의 나사날을 관찰 하였다.

Fig.10에서 보는 바와 같이, 반복 착탈 전에 지대주 나사의 표면을 FE-SEM을 이용하여 관찰 한 결과, 그룹 A는 지대주 나사의 제작과정에서 생긴 일정한 방향성을 가진 다소 거친 표면을 관찰 할 수 있었고 WC/C와 TiN으로 코팅된 그룹 B와 그룹 C는 코팅된 입자들이 관찰되었으며 코팅층이 전체적으로 균일하고 매끈한 모양을 나타내었다. 이는 지대주 나사의 제작과정에서 생긴 거친 표면이 코팅 처리에 의해 매끈한 표면을 갖게 된 것으로 여겨진다. 또한 WC/C 코팅 된 그룹 B에 비해 TiN 코팅된 그룹 C의 표면에서 코팅 입자의 크기가 더 크고 두껍게 코팅 된 모양을 나타내었는데 이는 TiN 입자와 WC/C 입자의 크기 및 코팅 방법의 기술적인 차이에 의한 현상으로 여겨진다. 반복 착탈 전에 EDX를 이용한 성분 분석 결과 코팅의 종류에 따라 WC/C 또는 TiN 성분이 검출되었으며 모든 지대주 나사가 Ti-6Al-4V 합금으로 제작되었기 때문에 모든 그룹에서 Ti, Al, V의 성분이 검출 되었다.

Fig.11에서 보는 바와 같이, 반복 착탈 후 지대주 나사에 WC/C 또는 TiN 코팅 된 그룹 B와 그룹 C는 나사 표면의 마모와 변형이 코팅하지 않은 그룹 A에 비해 적었으며 이는 WC/C 또는 TiN 코팅이 지대주 나사의 마모 저항성 증가에 영향을 끼친 것으로 사료 된다. 그룹 B에서는 코팅 입자의 탈락 현상을 관찰 할 수 있었으며 이러한 코팅 입자의 탈락 현상을 줄일 수 있는 부착 강도가 높은 코팅 재료 및 기술의 개발이 요구된다 하겠다.

반복 착탈 후 EDX를 이용한 코팅 표면의 성분 분석 결과 모든 그룹에서 반복 착탈 전 과 동일한 성분 조성이 검출되었으며 이를 통해 반복 착탈 과정은 코팅 표면의 구성 성분에는 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

2. 반복착탈 전 후의 지대주 나사의 무게 측정

기계적인 면에서 기질에 대한 코팅의 접합 강도는 가장 중요한 코팅의 물리적 성질 중 하나이다. Milic 등[28]은 코팅을 통해 높은 부식 저항성이나 마모 저항성을 얻으려면 코팅성분의 기질에 대한 접합 강도가 강해야 한다고 하였다. 지대주 나사의 코팅이 낮은 마모 저항성을 갖는다면 소성 변형이 쉽게 발생되고 코팅 표면의 마모와 탈락이 일어날 것이며 결국 지대주 나사의 풀림을 일으킬 수 있다. 그러므로 지대주 나사의 코팅 성분의 마모 저항성이 클수록 나사의 풀림 현상은 감소 될 수 있다.

지대주 나사의 마모 저항성은 지대주 나사의 크기가 매우 작고 굴곡이 있는 나사의 형태로 인해 직접적으로 측정하는데 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 반복 착탈 전과 후의 무게를 비교해 보아 그 차이를 이용해 마모 저항성을 측정하였다.

반복 착탈 전 후의 무게의 감소에 있어서 Table 2에서 보는 바와 같이 그룹 A에서 그룹 B와 그룹 C에 비해 무게의 감소가 현저했으며, 그룹 A와 그룹 B, 그리고 그룹 A와 그룹C 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ($P<0.05$, One-way ANOVA; Turkey Test). 그러므로 반복 착탈로 인한 지대주 나사의 마모를 감소시키기 위해서는 지대주 나사의 코팅이 필요하다고 사료된다.

3. 풀림력의 측정

Table 3 및 Fig.13에서 보는 바와 같이 모든 그룹에서 3-4회의 착탈 까지 풀림력은 증가하는 경향을 보였고, 특히 4회의 착탈 시 풀림력이 최대값을 보였으며 그 이후로 부터는 감소하는 경향을 보였다. 처음부터 3-4회 까지 풀림력이 증가하는 경향을 보이는 이유는 고정체와 지대주 나사 표면의 침하 효과에 의해 점진적으로 지대주 나사 표면의 불규칙성의 감소되기 때문이며, 3-4회 이후로 풀림력이 감소하는 이유는 지대주 나사의 기계적인 마모로 인

해 지대주 나사와 고정체 사이의 마찰이 증가하고 전하중이 감소하여 풀림력이 계속적으로 감소하게 되는 것으로 여겨진다[29].

풀림력의 증가 와 감소의 경향을 평가함에 있어 침하효과와 기계적인 마모가 독립적 현상이 아니며 두 가지 효과는 시간을 달리해 나타나는 현상이며, 이를 토대로 침하 효과의 영향은 3-4회까지의 착탈 시행시 두드러지며 기계적 마모의 효과는 3-4회 이후부터 두드러지게 나타나므로 임상에서 처음 지대주 나사를 조일 때는 침하 현상을 고려한 반복 조임이 필요하며, 그러나 너무 반복되는 풀림과 조임은 나사의 마모를 줄이기 위해서 피해주어야 할 것으로 사료된다.

Fig. 13, 및 Fig 14에서 보는 바와 같이 지대주 나사에 코팅 처리를 하지 않은 그룹 A에 대해 코팅 처리를 한 그룹 B와 그룹 C는 평균 풀림력에서 통계적으로 유의할만한 차이의 증가를 보였다($P<0.05$, One-way ANOVA; Turkey Test). 1회부터 10회까지의 각각의 착탈 시도에서도 그룹 B와 그룹 C의 풀림력은 그룹 A보다 모두 높았으며. 또한 풀림력 감소의 경향 역시 그룹 A에 비해 그룹 B와 그룹 C에서 더욱 완만했다. 모든 결과 비교에 있어 그룹 C가 그룹 B 보다 높은 수치를 나타냈으나 통계적으로 두 그룹간의 유의할 만한 차이는 없었다.

위와 같은 결과를 살펴 볼 때 코팅된 지대주 나사가 코팅되지 않은 지대주 나사 보다 낮은 마찰 계수와 우수한 마모 저항성을 가짐으로 인해 반복 착탈시 풀림력을 증가시켜 주며 따라서 지대주 나사의 풀림 현상을 감소 시켜 줄 것으로 판단된다.

본 연구에서 지대주 나사의 반복 착탈시 토크 발생 장치의 토크 발생값을 매번 30Ncm으로 가정하였으나 토크 발생 장치로부터 발생하는 실제 토크값은 규칙적이지 않을 수 있으며 이는 실험 데이터의 오차를 만들 수 있다[30]. 또한 지대주 나사의 코팅은 풀림력, 조임회전각, 압축력에 영향을 주나 본 연구에서는 압축력과 조임회전각에 미치는 코팅의 효과를 측정하지 못했다. 그러므로 차후 조임회전각과 압축력에 코팅이 미치는 영향에 대한 추가 적인

연구가 필요하다고 사료된다.

결론적으로, WC/C 또는 TiN 코팅된 지대주 나사는 반복적인 사용 후에도 코팅되지 않은 타이타늄 지대주 나사에 비해 뚜렷한 표면 변화를 보이지 않았으며 마모에 대한 저항성이 우수하였고 높은 풀림력을 나타내었다. WC/C 코팅된 지대주 나사와 TiN 코팅된 지대주 나사를 비교시엔 TiN 코팅된 지대주 나사가 좀 더 나은 기계적 성질을 보여주었으나 통계적으로 유의할 만한 수준은 아니었다. 따라서 지대주 나사에 WC/C 또는 TiN 코팅을 적용 시 나사 풀림의 문제점을 개선할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결　　론

본 연구에서는 지대주 나사에 적용된 코팅이 나사 풀림에 미치는 영향을 알아보기 위하여 코팅되지 않은 타이타늄 지대주 나사(그룹 A)와 WC/C로 코팅된 지대주 나사(그룹 B) 그리고 TiN으로 코팅된 지대주 나사(그룹 C)의 반복 착탈시 표면의 변화 및 풀림력을 측정, 비교해본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 반복 착탈 전, 그룹 A에서는 일정한 방향성을 가진 다소 거친 표면이 관찰되었고 그룹 B와 그룹 C에서는 코팅된 입자들이 관찰되었으며 코팅층은 전체적으로 균일하고 매끈한 모양을 나타내었다. 그리고 그룹 C에서 코팅 입자는 그룹 B에 비해 더 크고 두꺼웠다.

2. 반복 착탈 후, 그룹 A와 그룹 B에서는 지대주 나사 표면의 마모와 변형이 관찰 되었으며 그룹 B에서는 코팅 입자의 탈락 현상을 볼 수 있었다. 그러나 그룹 C에서는 비교적 큰 변화없이 안정된 양상을 보였다.

3. 반복 착탈 전과 후에서 지대주 나사의 무게 손실은 그룹 A에서가 그룹 B 또는 그룹 C에서 보다 컸다($P<0.05$).

4. 그룹 B 또는 그룹 C에서 풀림력은 그룹 A에서 보다 높았다($P<0.05$). 그리고 그룹 C에서가 그룹 B에서에 비해 풀림력이 높았으나 통계학적으로 유의할 만한 차이는 아니었다.

5. 모든 그룹에서 반복 착탈 3회 또는4회까지 풀림력이 증가하는 경향을 보였고, 그 이후로는 풀림력의 감소 경향이 두드러졌으며, 그룹 A는 그룹 B

와 그룹 C보다 평균 풀림력의 감소가 더 급하게 나타났다.

본 연구 결과를 종합하여 볼 때, 지대주 나사에 TiN 또는 WC/C 코팅 처리는 지대주 나사 표면의 마모 저항성을 증가시켜 주며 높은 풀림력을 제공하므로서 지대주 나사의 풀림 현상을 개선할 수 있는 임상적으로 효율적이고 안정된 방법이라고 사료된다.

참고문헌

1. Branemark PI. Osseointegration and its experimental background. J Prosthet Dent 1983;50:399-410.
2. Goodcare CJ. Kan JY. Rungcharassaeng K. Clinical complications of osseointgrated implants. J Prosthet Dent 1999;81(5):537-552.
3. Tolman DE. Laney WR. Tissue-integrated prosthesis complications. Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7(4):477-484.
4. Carlson B. Carlsson GE. Prosthodontic complications in osseointegrated dental implant treatment. Int J Oral Maxillofac Implants 1994;9(1): 90-94.
5. Taylor TD. Prosthodontic problems and limitations associated with osseointegration. J Prosthe Dent 1998:79(1):74-78.
6. Goodcare CJ. Bernal G. Rungcharassaeng K, Kan JYK. Clinical complications with implants and implant prostheses. J Prosthet Dent 2003;90:121-132.
7. 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 the first annual check up. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6: 270-276.
8. Jemt T. Pettersson P. A 3-year follow-up study on single implant treatment. J Dent 1993:21:203-208.
9. Binon PP, Sutter F, Beaty K, Brunski J, Gulbransen H, Weiner R. The role of screws in implant systems. Int J Oral Maxillofac Implants 1994;9:8-63.
10. Martin WC, Woody RD, Miller BH, Miller AW. Implant abutment screw rotations and preloads for four different screw materials and

surfaces. J Prosth Dent 2001;86(1):24-32.

11. Lang LA. May KB, Wang RF. The effect of the use of a counter torque device on the abuttment-implant complex. J Prosthet Dent 1999;81(4):411-417.
12. Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and preload stress in dental implant abutment screws. Int J Oral Maxillofac implants 1995;10:529-536.
13. Motosh N. Development of design charts for bolts preloaded up to the plastic range. J Eng Ind 1976;98:849-851.
14. Drago CJ. A clinical study of the efficacy of gold-tite square abutment screws in cemented-retained implant restorations. Int J Oral Maxillofac Implants 2003;18:273-278.
15. Mezger PR. Creugers NH. Titanium nitride coatings in clinical dentistry. J Dent 1992;20:342-344.
16. Binon PP. Implants and components: Entering the new millenium. Int J Oral Maxillofac Implants 2000;15:76-94.
17. Choi JU, Jeong CM, Jeon YC, Lim JS, Jeong HC, Eom TG. Influence of tungsten carbide/carbon coating on the preload of implant abutment screws. J Korean Acad Prosthodont 2006;44:229-242.
18. Weiss EI, Kozak D, Gross MD. Effect of repeated closures on opening torque values in seven abutment-implant systems. J Prosthet Dent 2000:84:194-199.
19. Bickford JH. An introduction to the design and behavior of bolted joints. 3rd ed. New York: Marcel Dekker 528-542, 1995.
20. Kim SK, Lee JB, Koak JY, Heo SJ, Lee KR, Cho LR, Lee SS. An abutment screw loosening study of Diamond Like Carbon-coated CP titanium implant. J Oral Rehabil 2005;32:346-350.

21. Byrne D, Jacobs S, O'connell B, Houston F, Claffey N. Preloas generated with repeated tightening in three types of screws used in dental implant assemblies. J Prosthodont 2006;15(3):164-171
22. Kim HJ, Choe HC, Kim SG, Chung CH. Effect of TiN coating of abutment screw on detorque force. Int J Oral Maxillofac Implants 2007 under review
23. Winkler S, Ring K, Ring JD, Boberick KG. Implant screw mechanics and the settling effect : An overview. J Oral Implantol 2003;29:242-245.
24. Jorneus L, Jemt T, Carlsson L. Loads and designs of screw joints for single crowns supported by osseointegrated implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7:353-359.
25. Sakaguchi RL, Borgersen SE. Nonlinear contact analysis of preload in dental implant screws. Int J Oral Maxillofac Implants 1995;10:295-302.
26. Binon PP. Implants and components : Entering the new millenium. Int J Oral Maxillofac Implants 2000;15:76-94.
27. Sopwith DG. The distribution of load in screw threads. Proc Inst Mech Eng 1948;159:373-383.
28. Milic M, Milosavljevic M, Bibic N, Nenadovic T. Mechanical properties of sputtered TiN coatings. Thin Solid Films 1985;126:319-323.
29. Bickford JH. An introduction to design and behavior of bolted joints. New York : Marcel Decker, 1981
30. Standlee JP, Caputo AA. Accuracy of mechanical torque-limiting devices for implant. Int J Oral Maxillofac Implants 2002;17(2):220-224.

저작물 이용 허락서

학 과	치의학과	학번	20057458	과 정	박사
성 명	한글: 장 종 석 한문 : 張 鍾 錫 영문 : Jang, Jong-Suk				
주 소	광주광역시 서구 화정동 768-7				
연락처	E-MAIL: lbs8736@yahoo.co.kr				
논문제목	한글 : 코팅된 지대주 나사의 반복 착탈 후 표면변화와 풀림력에 관한 연구				
	영문 : Surface change and detorque force of coated abutment screw after repeated closing and opening				

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 의사 표시가 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 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(0) 반대( )

2007년 8월 일

저작자: 장 종 석 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하