

외측형 임플란트 지대주 나사 풀림에
대한 washer의 영향

연세대학교 대학원

치 의 학 과

OTGONBOLD JAMIYANDORJ

외측형 임플란트 지대주 나사 풀림에
대한 washer의 영향

지도교수 이 근 우

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2009 년 12 월

연세대학교 대학원

치 의 학 과

OTGONBOLD JAMIYANDORJ

OTGONBOLD JAMIYANDORJ의

석사학위 논문을 인준함

심사위원 이 근 우 인

심사위원 문 홍 석 인

심사위원 심 준 성 인

연세대학교 대학원

2009 년 12 월

감사의 글

이 논문이 완성되기까지 끊임없는 지도와 격려, 세심한 배려를 해주신 이근우 교수님께 진심으로 감사를 드립니다.

또한 논문 작성과 심사에 귀중한 조언과 격려를 해주신 김성태 교수님께도 깊은 감사드립니다. 바쁘신 가운데서도 항상 따뜻한 관심과 조언으로 지켜봐 주신 정문규 교수님, 한동후 교수님, 심준성 교수님, 문홍석 교수님, 이재훈 교수님, 박영범 교수님, 김지환 교수님께도 감사드립니다.

논문이 완성되는 동안 늦게까지 함께 일하고, 한글이나 모든 진행 상황에 큰 도움을 주신 전공의 강동림에게도 깊은 감사를 드립니다. 대학원생으로 처음 의국 생활을 하게 된 후 그 동안 친절하게 도움을 주신 전공의들 정재욱, 장희곤, 유지성, 김성희, 강두화에게 큰 도움과 위안이 되었다고 전하고 싶습니다.

아울러 대학원 수업 중에 많은 도움과 지식을 주셨던 보철과 의국원 선생님들께 감사의 뜻을 전합니다. 또한 아무리 힘들어도 유학생생활을 하는 동안에 저의 가족에게 힘이 되어주신 존경 하는 유례 권사님께 감사 말씀을 전하고 싶습니다. 끝으로 지금까지 보살펴 주시고 사랑으로 격려해주신 어머니와 하늘에서 보고 계실 아버지께 감사의 마음을 전하면서 이 기쁨을 함께 하고 싶습니다.

2009년 12월

Otgonbold Jamiyandorj 드림

차 례

그림 차례	ii
표 차례	iii
국문요약	iv
I. 서론	1
II. 연구 재료 및 방법	4
가. 연구 재료	4
1) 임플란트 고정체	4
2) 임플란트 지대주	4
3) 지대주 나사	4
4) 와셔	4
나. 연구 방법	7
1) 실험 군의 분류	7
2) 임플란트와 지대주를 평행 고정하기 위한 상부구조물 제작	8
3) 지대주 연결	9
4) 폴립 토크값	9
5) 고정체-지대주 복합체 단면의 제작 및 포매	9
6) 통계학적 분석	9
III. 연구 결과	11
가. 전체 군을 ANOVA test로 비교한 결과	11
나. 와셔의 재질에 따른 비교	11
다. 와셔의 두께에 따른 비교	13
라. 반복 측정에 따른 폴립 토크값 변화	13
마. 고정체-지대주 복합체의 단면	14
IV. 총괄 및 고찰	18
V. 결론	23
참고 문헌	24
영문 요약	26

그림 차례

Fig.1 Schemes of implant fixture – abutment complex	5
Fig.2 Schematic diagram of flat washer	5
Fig.3 Digital strain gauge(Amplifier GM 70, Messtechnik co., Alfdorf, Germany) ..	8
Fig.4 Implant fixture positioning jig	8
Fig.5 Box plot of statistical results in experimental groups	12
Fig.6 Results of measurement evaluated by repeated ANOVA test.....	14
Fig.7 The optical microscope images of sagittal cutting specimen. (Magnification(a); x 25, (b); x 50) – group I	15
Fig.8 The optical microscope images of sagittal cutting specimen. (Magnification(a); x 25, (b); x 50) – group II	16
Fig.9 The optical microscope images of sagittal cutting specimen. (Magnification(a); x 25, (b); x 50) – group III.	16
Fig.10 The optical microscope images of sagittal cutting specimen. (Magnification(a); x 25, (b); x 50) – group IV.	17
Fig.11 The optical microscope images of sagittal cutting specimen. (Magnification(a); x 25, (b); x 50) – group V	17
Fig.12 The overview of optical microscope images of sagittal cutting specimen. (magnification a; b; c; d; e; x 25)	22

표 차례

Table I. Dimensions of implant components used this study	6
Table II. Physical properties of commercially pure-titanium and titanium alloy...	6
Table III. Classification of experimental groups.....	7
Table IV. Removal torque value of different groups	11
Table V. Comparison of removal torque value between different washer composition.....	12
Table VI. Comparison of removal torque value between different washer thickness	13
Table VII. Distance from screw head to fixture hex top	14

국문요약

외측형 임플란트 지대주 나사 풀림에 대한 washer의 영향

외측형 임플란트 지지 수복물에서 가장 빈번한 합병증 중 하나인 나사 풀림을 해결하기 위한 많은 연구들이 이루어져 왔다. 이전 연구들에서는 나사의 재질과 형태의 변화를 통하여 개선하려는 시도가 대부분이었다. 와셔를 적용함으로써 나사 풀림을 억제할 수 있는 가능성이 제시 되었다. 기존 연구에서는 금 나사에 0.2mm 두께의 stainless steel 와셔를 적용하여 나사 풀림 변화를 측정 한 결과 와셔를 사용하였을 때 풀림 토크값이 증가되었음이 보고되었다. 그러나 와셔의 재질과 두께에 따른 나사 풀림의 변화에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 각기 다른 두께(0.1, 0.2mm)와 재질(cp titanium, titanium alloy)의 와셔를 적용하였을 때, 나사 풀림에 어떠한 영향이 있는지 알아보려고 하였다.

본 연구에서 길이 11.5mm, 직경 4.0mm의 외측 연결형 고정체(USII, Hybrid RBM Ti grade 4, Osstem Implant Co.Ltd., Busan, Korea) 50개가 사용되었고, 이에 상응하는 50개의 지대주(US cement type, hex regular abutment 5.0 Osstem Implant Co.Ltd., Busan, Korea)가 사용되었다. 대조군(I)에서는 통상적인 방법으로 고정체와 지대주를 연결하였고 실험 군에서는 각기 다른 두께와 재질의 와셔를 적용한 후 고정체와 지대주를 연결하였다. 즉 0.1mm 순수티타늄, 0.2mm 순수티타늄, 0.1mm 티타늄 합금, 0.2mm 티타늄 합금 와셔가 실험 군에 적용되었다. 대조군(I)과 4개의 실험 군에 10개씩 고정체-지대주 복합체가 설정되었다. 본 실험에 Digital strain gauge(DC Strain Gauge Amplifier GM 70, Messtechnik Co., Alfdorf, Germany)를 이용하여 지대주 나사를 조인 직후에 풀림 토크값을 측정하여 비교하였다. 와셔 적용에 의한

지대주 나사의 위치의 변화를 관찰하기 위하여 고정체 종단면을 광학현미경을 이용하여 측정하였다. 통계분석은 one-way ANOVA 를 이용하여, 각 군의 차이, 와셔 재질에 의한 차이, 와셔 두께에 의한 차이를 비교하였다. 또한 지대주 나사의 풀림 토크를 반복 측정에 따른 측정 값의 변화를 알아보기 위해 repeated ANOVA test를 시행하였다. 이에 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 임플란트 지대주 나사에 와셔를 사용한 군이 와셔를 사용하지 않은 군보다 통계학적으로 풀림 토크값이 증가하였다.
2. 와셔의 재질에 따른 풀림 토크값은 티타늄 합금 군에 비해 순수 티타늄 군이 유의성 있게 큰 풀림 토크값을 나타내었다.
3. 와셔의 두께에 따라서도 유의차가 있었으며, 0.2mm 두께의 와셔를 이용한 군이 다른 군에 비해 큰 풀림 토크값을 보였다.
4. 모든 실험 군에서 측정 횟수를 반복할수록 풀림 토크값이 감소되는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 일정한 반복하중을 가하지 않고 단지 조인 후에 풀림 토크값을 측정하였으므로 향후 와셔의 형태 차이, 와셔의 표면처리, 또한 기능성 부하를 가한 추가 실험들이 계속 되어야 할 것으로 사료된다.

핵심 단어 : 임플란트, 지대주 나사, 와셔, 재질, 두께, 풀림 토크

외측형 임플란트 지대주 나사 풀림에 대한 washer의 영향

<지도교수 이근우>

연세대학교 대학원 치의학과

OTGONBOLD JAMIYANDORJ

I. 서론

치과용 임플란트는 무치악 또는 부분 무치악 환자에서 높은 성공률을 갖는 예지성 있는 치료방법으로서 다양한 경우에 적용되어 왔다(Naert et al., 1992). 하지만 임플란트 보철의 장기간 사용과 더불어 발생할 수 있는 생물학적 문제(biologic complication)와 기술적인 문제(technical complication)는 여전히 존재하고 있다. 기술적인 문제에는 임플란트 나사 풀림과 파절, 도제의 파절, 금속부위의 파절 등이 있다(McGlumphy et al., 1998). 이중 나사 풀림은 가장 흔히 발생하는 문제이다.

Jemt 등은 87명의 부분 무치악 환자에게 사용된 고정성 임플란트 보철물에서 일년 동안 가장 많이 나타난 문제점은 나사 풀림이고 상악에서 49%, 하악에서 20.8%가 발생하였다고 보고하였다(Jemt et al., 1991). Dixon등도 3년간의 연구에서 단일치아 임플란트의 가장 일반적인 문제점은 지대주 나사의 풀림 현상이라고 하였다(Dixon et al., 1995). 두 개의 부분이 나사에 의해 고정될 때 이 연결단위를 나사 연결부(screw joint)라고 정의하며, 이 나사 연결부는 토크를 적용함에 의해 조여지게 되는데, 이때 가해지는 토크에 의해 나사 내에서 힘이 생성되고 이를 전하중(preload)이라고 한다. 나사를 조이면 나사가 신장되어 장력이 발생되는데 이때 나사의 탄성회복으로 인해 잠금력(clamping force)이 생성된다. 잠금력과 상반되는 힘인 결합 분리력(joint separating force)도 생성되는데 이 분리력이 잠금력 보다 큰 경우에 나사 풀림 현상이 일어난다(McGlumphy et al., 1998). Bickford등은 지대주 나사 풀림의 과정을 두 단계로 설명하였다. 일차적으로 나사 결합 부위의 외력(저작력)이 가해져서 나사 결합부위의 전하중을 일으키고, 나사산 사이에 미끄러짐이 생겨 결과적으로 전하중의 상실이 야기 되며, 이에 따라 두 번째 단계에서는 전하중이 일정한 값 이하로 줄어들게 되고 외력과 진동에 의해 마주보는 나사산이 회전을 일으킨다고 하였다(Bickford et al., 1995). 나사 풀림 문제는 임플란트의 위치, 교합 관계, 과도한 교합력 및 불충분한 조임 토크 등과 연관이 있다. 또한 나사 자체의 기계적인 문제로 인해 각 구성 요소 사이에 생긴 간격으로 진동 에너지를 흡수하여 임계점에 이르러 급격히 풀리는 응력 방출과 연관되어 있기도 하다. 나사 풀림을 방지하기 위하여 나사의 길이, 나사산과 골의 모양, 위치 및 표면 등의 형태를 변형하기도 하고, 나사 표면 거칠기 등 미세구조에 변화를 주기도 한다(J.H.Choi et al., 2006). Koriioth등에 의하면 임플란트 지대주 금 나사에 stainless steel 와셔를 적용하여 나사의 회전 변위를 측정하였을 때 금 나사의 회전변위가 증가하였다고 보고하였다(Koriioth et al., 1999). Versluis 등에 의하면 유한 요소법을 통해 접시 형태의 알루미늄 와셔를 적용함으로써 전하중에 영향을 주지 않았으며 나사 풀림에는 저작력과 재질 뿐만 아니라 진동과 축방향의 응력

도 영향을 준다고 하였다(Versluis et al., 1999). 20년 전 부터 나사의 재질과 표면 처리 방법이 좋아졌음에도 불구하고 현재도 나사 풀림 현상이 계속 발생하고 있다. 특히 나사 풀림 현상이 내측 연결형 보다 외측 연결형 임플란트에서 빈번하게 발생하고 있다. 본 연구의 목적은 이를 방지하기 위하여 경도가 크고, 지대주 또는 임플란트 고정체와 유사한 재질인 티타늄 와셔를 사용하기로 하였다. 또한 와셔의 티타늄 재질을 달리한 순수 티타늄과 티타늄 합금 와셔를 임플란트 지대주 나사에 적용하여 조인 경우와 와셔 없이 지대주의 나사를 조인 경우의 풀림 토크값의 차이와 와셔의 재질과 두께를 다르게 제작하였을 경우에 풀림 토크값의 변화를 평가하여 와셔의 유무 및 와셔의 재질과 두께에 따른 효과를 임상에 활용할 수 있는 방안을 제시 하고자 한다.

II. 연구 재료 및 방법

가. 연구 재료

본 연구에서는 외측 연결형 임플란트 시스템을 사용하였으며, 연결부위에서 고정체와 지대주와 와셔가 결합하는 방식을 취하였다(Fig.1).

1) 임플란트 고정체

현재 임상에서 사용되고 있는 직경 4.0mm, 길이 11.5mm의 외측 연결형 임플란트 고정체(USII, Hybrid RBM Cp titanium grade 4, Osstem Implant Co.Ltd. Busan, Korea) 50개를 사용하였다(Fig.1).

2) 임플란트 지대주

임플란트 지대주(Cement type, hex regular abutment 5.0 Osstem Implant Co.Ltd. Busan, Korea)는 직경 5.0 mm의 시멘트 유지형 지대주를 사용하였다(Fig.1.C).

3) 지대주 나사

티타늄 합금으로 제작된 지대주 나사 50 개를 사용하였다(Fig.1.A). 실험에 사용된 임플란트 고정체와 지대주, 지대주의 나사, 와셔의 사양을 정리하면 Table I 과 같다.

4) 와셔

와셔는 티타늄 재질에 따라 순수 티타늄(Grade2), 티타늄 합금(Ti-6Al-4V)로 분류하였고, 두 개의 다른 두께 (0.1mm, 0.2mm)로 제작하여 총 4 군을 이루었다. 정밀가공업체에 의뢰하여 외경이 2.5mm, 내경 2.0mm 으로 제작하여 40 개를 사용하였다. 지대주 나사의 외경과 동일하고 내경은 나사보다 약간의 여유 공간을 부여하였다(Fig.1.B, Fig.2).

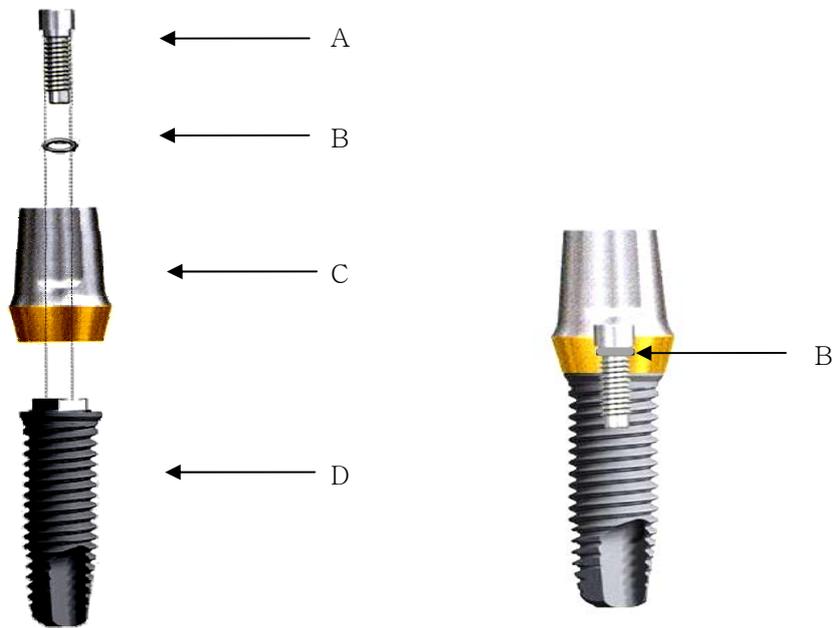


Fig.1. Schemes of implant fixture – abutment complex

A: Abutment screw B: Washer C: Abutment D: Fixture

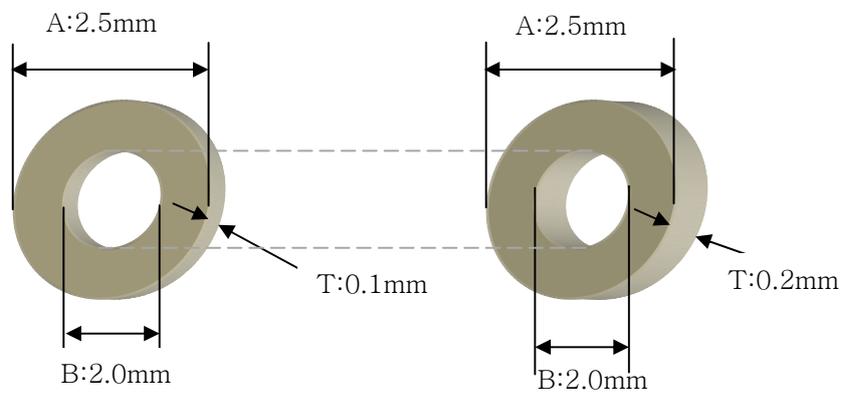


Fig.2. Schematic diagram of flat washer

A : Outer diameter B : Inner diameter T : Thickness

Table I . Dimensions of implant components used in this study

Components	Dimensions(mm)
Fixture	Ø 4.1 X 11.5
Abutment	Ø 5.0 X 5.5
Abutment screw	Ø 2.0 / pitch 0.4
Cp Titanium washer	Outer Ø 2.5 / Inner Ø 2.0 / Thickness 0.1 and 0.2
Titanium alloy washer	Outer Ø 2.5 / Inner Ø 2.0 / Thickness 0.1 and 0.2

Table II . Physical properties of commercially pure-titanium and titanium alloy

Components	Composition	Young's modulus (GPa)	Tensile yield strength (0.2%) (MPa)
Fixture	Ti (grade 4)	114	390
Abutment	Ti (grade 3)	104	320
Abutment screw	Ti-6Al-4V	110	870
Cp titanium washer	Ti (grade2)	103	250
Titanium alloy washer	Ti-6Al-4V	110	870

본 실험에 사용된 부품들의 물리적 성질을 Table II 에 표시하였다(Helsen et al., 1998).

나. 연구 방법

1) 실험 군의 분류

고정체에 지대주를 체결함에 있어서 통상적인 방법으로 임플란트 고정체-지대주 연결한 것을 대조군(I 군)으로, 와셔를 사용한 경우를 실험 군으로 설정하였다. 실험 군은 두께 0.1mm 티타늄 grade2 와셔를 사용한 II군, 두께 0.2mm 티타늄 grade2의 와셔를 사용한 III군, 두께 0.1mm 티타늄 합금 와셔를 사용한 IV군, 두께 0.2mm 티타늄 합금 와셔를 사용한 V군으로 분류했다. 각 군마다 10개의 고정체-지대주 복합체로 실험하였다(Table III). Digital strain gauge(DC Strain Gauge Amplifier GM 70, Messtechnik co., Alfdorf, Germany)를 이용 하여 지대주 나사를 조인 직후에 풀림 토크값을 측정 하였다(Fig.3).

Table III. Classification of experimental groups

Group	Washer	Composition of Washer	Thickness of Washer (mm)
I	-	-	-
II	+	Ti (grade2)	0.1
III	+	Ti (grade2)	0.2
IV	+	Titanium alloy	0.1
V	+	Titanium alloy	0.2



Fig.3. Digital strain gauge(Amplifier GM 70, Messtechnik co., Alfdorf, Germany)

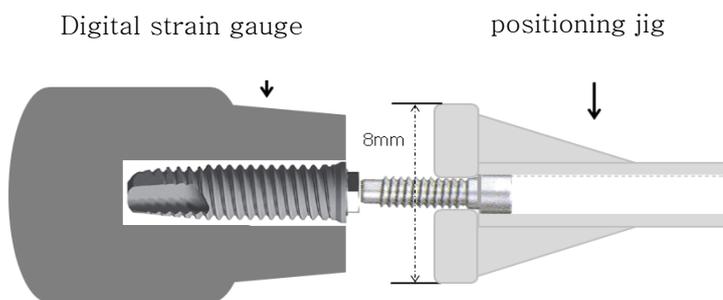


Fig.4. Implant fixture positioning jig

2) 임플란트와 지대주를 평행 고정하기 위한 상부구조물 제작

임플란트 고정체를 Digital strain gauge(Amplifier GM 70, Messtechnik co., Alfdorf, Germany)의 일정 위치에 고정시킬 수 있도록 제작한 직경이 8mm인 금속 지그(UCLA plastic/ PSR 200 hex regular/ abutment, Osstem Implant Co.Ltd., Busan, Korea)를 주조 하였고, 시편을 측정할 때마다 임플란트 고정체에 지그를 연결하여 Digital strain gauge에 고정시켜 실험을 시행 하였다(Fig.4).

3) 지대주 연결

Digital strain gauge를 이용하여, 제조사에서 추천한 30Ncm 로 지대주 나사를 연결했다. II군에서 V군까지는 하나의 지대주에 하나의 와셔만 사용하였다.

4) 풀림 토크값

각각의 군별로 30Ncm로 일정하게 조인 지대주 나사의 풀림 토크값을 측정하였고, 이것을 각각 10회 반복 측정하였다.

5) 고정체-지대주 복합체 단면의 제작 및 포매

임플란트의 연결 부위에서 원하는 단면이 section될 수 있도록 고정체의 측면에 표시하고, 먼저 각 지대주들은 규정된 digital torque gauge에 30Ncm torque로 고정체에 체결하였다. 지그(mold)를 이용하여 고정체와 지대주를 함께 Epoxy resin으로 포매하였다. 시편 단면을 절단기(Variable speed grinder, Metpol-1, Research and Business Inc, Daejon, Korea)를 이용하여 주수하에 400 RPM에서 320 grit 실리콘 카바이드지를 이용하여 절삭하고 300 RPM 에서 1200 grit silicon carbide paper를 이용하여 연마하여 고정체의 길이방향의 종단면을 얻었다. 실물 광학현미경(Axio Imager.A1m, Zeiss co., Oberkochen, Germany)을 이용하여 25, 50배율로 절단면의 영상을 채득하고 이를 PC용 이미지 파일로 저장하였다. 나사의 머리 부분부터 헥스 탑까지 좌, 우측 거리를 측정하였다(Fig.7~11).

6) 통계학적 분석

모든 통계 처리는 SPSS for Windows 12.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, U.S.A.)을 이용하여 분석하였다. 외측 연결형 임플란트의 지대주 나사에 와셔를 삽입하지 않은 대조군(I)과 와셔를 삽입한 군들을 비교하여 평균과 표준편차를 계산하였다. 각 군간 풀림 토크값은 신뢰구간 95% 수준으로 one way ANOVA test를 시행하여,

와셔의 재질과 두께에 따라서 폴립 토크값에 어떠한 차이를 있는지 비교하였다. 각각에 대해 Scheffe test 시행하여 사후 검정하였다($p < 0.05$). 또한 반복된 측정 횟수에 따라서 폴립 토크값에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 repeated ANOVA test을 이용하여, 군 안에서 측정 횟수에 따른 폴립 토크값에 유의차가 있는지 분석하였다($p < 0.05$).

III. 연구 결과

가. 전체 군을 ANOVA test로 비교한 결과

총 50개 임플란트의 각 군은 10개의 고정체-지대주 복합체를 설정하였다. 임플란트 지대주 나사에 와셔를 사용하지 않은 군에 비해 와셔를 사용한 II, III, IV, V 군의 풀림 토크값은 통계학적으로 유의하게 큰 값을 얻었다($p < 0.05$), (Table IV). 실험의 측정치의 표준 평균과 표준 편차 변화 데이터를 plotting해 보면 다음과 같다(Fig.5).

Table IV. Removal torque value of different groups

Group	Removal torque value		
	Mean (NCm)	Pair	Standard deviation
I	24.88		1.72
II	26.45		1.84
III	27.06		1.80
IV	25.74		2.11
V	26.74		1.72

a,b,c ; pairs that have not significant differences by Scheffe's test.

나. 와셔의 재질에 따른 비교

와셔의 재질에 따라 티타늄 와셔를 사용한 II군, III군과 티타늄 합금 와셔를 사용한 IV군, V군을 비교해 보았다. One-way ANOVA test 결과, 대조군(I군)에 비해 와셔를 사용함으로써 풀림 토크값은 유의하게 큰 값이 측정되었다($p < 0.05$).

와셔의 재질별 비교에서 대조군(I군)에 비하여 티타늄 (grade2)의 풀림 토크값이 유의성 있게 높았다. 대조군(I군)과 티타늄 합금 군을 비교 시에도 티타늄 합금 군의 풀림 토크값은 크게 나타났으며, 순수 티타늄 군은 티타늄 합금 군 보다 풀림 토크값이 크게 차이가 있었다($p < 0.05$).

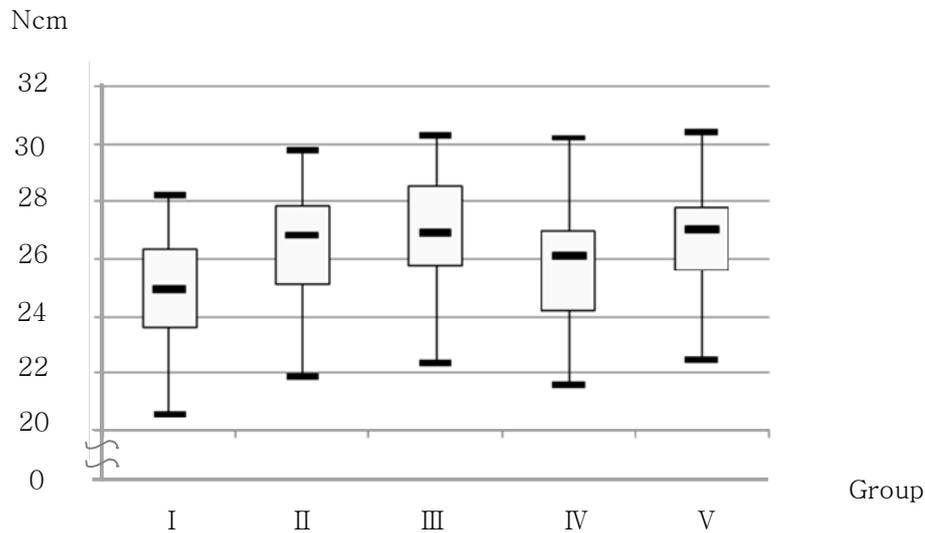


Fig.5. Box plot of statistical results in experimental groups.

Table V. Comparison of removal torque value between different washer composition

Composition	Removal torque value		
	Mean(Ncm)	Pair	(<i>p</i> -value)
Group I	24.88	a] b] c]	(.000) (.000) (.019)
Cp titanium grade2 (Group II, III)	26.75		
Titanium alloy (GroupIV, V)	26.22		

a,b,c ; Statistically significant ($p < 0.05$)

다. 와셔의 두께에 따른 비교

동일한 통계방법으로 와셔의 두께에 따른 풀림 현상을 비교한 결과 대조군(I)과 비교시 0.1mm 두께의 와셔를 사용한 군은 유의성 있게 큰 풀림 토크가 측정되었다. 0.2mm 두께의 와셔를 사용한 군은 0.1mm 두께의 와셔를 사용한 군보다 유의차 있게 큰 값을 보였다. 결과적으로 0.2mm 두께의 와셔를 사용한 군이 가장 높은 풀림 토크값을 보였다.

Table VI. Comparison of removal torque value between different washer thickness

Thickness	Removal torque value		
	Mean	Pair	<i>p</i> -value
Group I	24.88		.000
0.1mm (Group II, IV)	26.10		
0.2mm (Group III, V)	26.88		

a,b,c ; Statistically significant ($p < 0.05$)

라. 반복 측정에 따른 풀림 토크값 변화

시편당 측정 횟수에 따라 풀림 토크값에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 repeated ANOVA test를 시행하였다. 그 결과 측정 횟수가 증가 할수록 풀림 토크 값이 유의성 있게 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 와셔의 재질이나 두께의 차이에 따른 영향은 없었다. Fig.6에서와 같이 측정 횟수가 증가함에 따라 각 군에서의 풀림 토크값이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

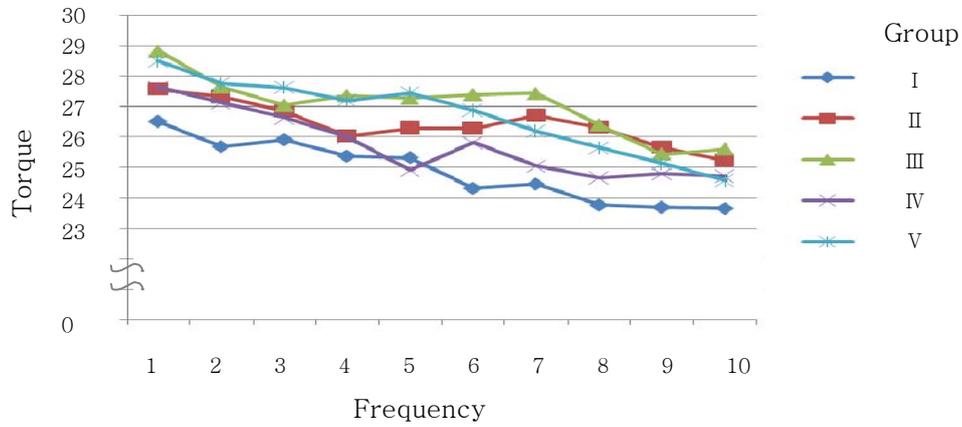


Fig.6. Results of measurement evaluated by repeated ANOVA test

마. 고정체-지대주 복합체의 단면

와셔를 적용하였을 때 이로 인하여 지대주 나사의 조임 길이의 변화와 고정체-지대주 복합체 단면에서 와셔의 형태를 비교해 각군을 종단면으로 절단하여 지대주 나사의 머리 부분부터 헥스 탑까지 좌, 우측 거리를 측정하였다. 모든 실험 군들이 측정길이는 대조군 (I)과 비교시 와셔의 두께만큼의 차이를 보였다.

Table VII. Distance from screw head to fixture hex top

Group	Left (μm)	Right (μm)
I	3064.3	3057.6
II	3171.4	3167.8
III	3260.7	3257.6
IV	3153.5	3150.0
V	3271.4	3253.6

시편의 단면을 관찰한 현미경 소견에서는 지대주와 지대주 나사 사이에 와셔가 들어감으로써 외측연결 헥스 탑에서 나사의 머리까지 길이는 와셔의 두께를 확보하는 전체 길이와 일치하는 것을 관찰할 수 있었다(Table VII).

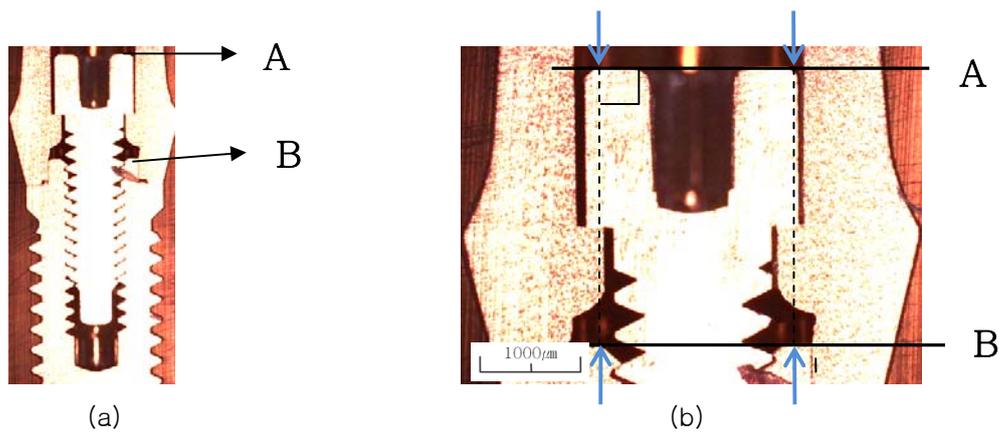


Fig.7. The optical microscope images of sagittal cutting specimen.

(Magnification(a); x 25, (b); x 50) – group I .

(a): Overview of screw joints (b): The relevant parts of the study specimen

A : Head of the abutment screw B : External hex top

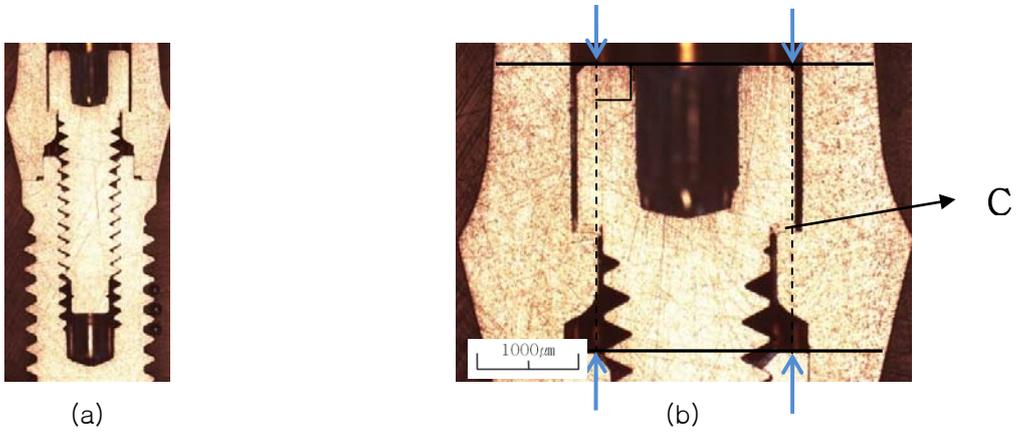


Fig.8. The optical microscope images of sagittal cutting specimen.
 (Magnification(a); x 25, (b); x 50) – group II.
 C: Washer (0.1mm)

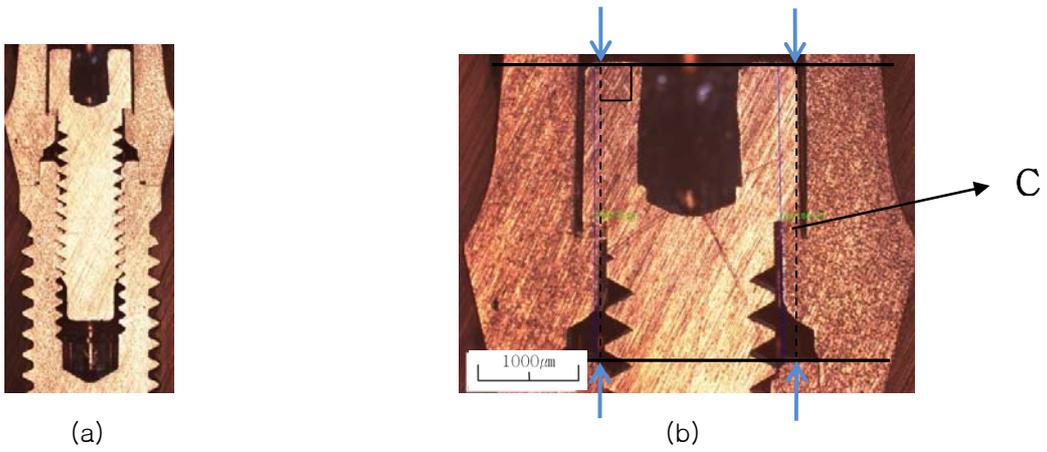


Fig.9. The optical microscope images of sagittal cutting specimen.
 (Magnification(a); x 25, (b); x 50) – group III.
 C: Washer (0.2mm)

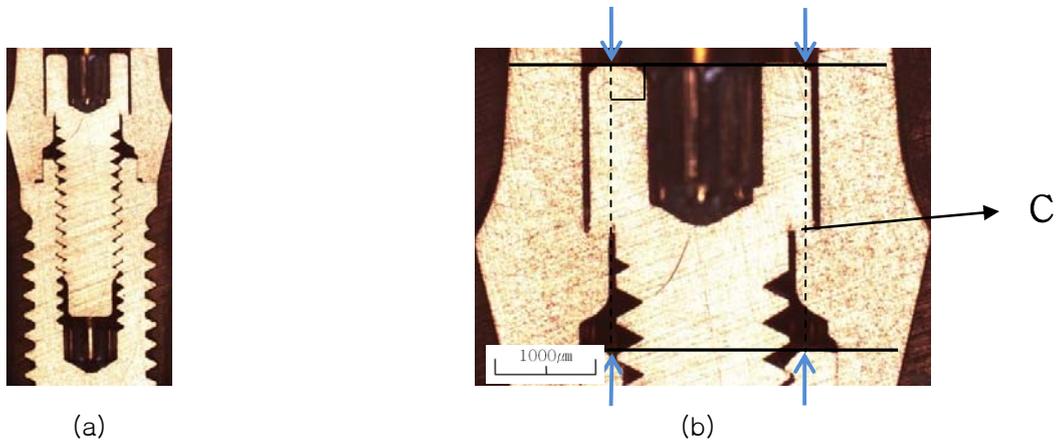


Fig.10. The optical microscope images of sagittal cutting specimen.

(Magnification(a); x 25, (b); x 50) – group IV.

C: Washer (0.1mm)

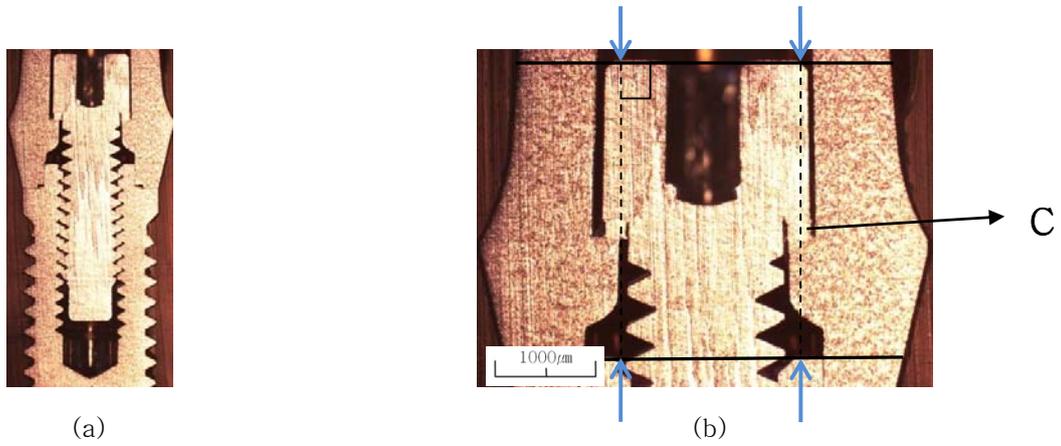


Fig.11. The optical microscope images of sagittal cutting specimen.

(Magnification(a); x 25, (b); x 50) – group V.

C: Washer (0.2mm)

IV. 총괄 및 고찰

임플란트 보철물의 문제점 중에 하나인 지대주 나사의 풀림을 방지하려는 노력이 많이 있었다. 본 연구에서는 그 중에 와셔를 이용하여 나사 풀림에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보았다. 와셔의 공학적 원리는 두 계면을 보호하여 진동이 발생하는 곳에 적용 하게 된다. 즉 나사측으로 직접 진동이 전달 되지 않고 와셔의 탄성계수와 완충효과(buffer effect)로 인해 진동을 감소시키게 되므로 나사 풀림을 방지할 수 있다는 것이다(Robert et al., 1997).

그러나 이종 금속을 함께 사용하게 되면 이 금속간에 갈바닉 전류가 발생하여 금속의 부식(corrosion)이 일어나게 된다. 그러므로 이종 금속 사용시 전기 검사(electrochemical tests)를 통해 안전한 금속조합을 예측 할수 있어야 한다고 하였다. 이러한 이유로 가능한 이종 금속 보다는 같은 종류의 금속을 사용하게 되면 이러한 부식을 예방할 수 있어서 보다 생체친화적인 구조들을 만들 수 있게 된다(Mears et al., 1975).본 연구에서는 임플란트 지대주에 나사 풀림을 방지 하기 위하여 경도가 크고, 지대주 또는 임플란트 고정체와 유사한 재질인 티타늄 와셔를 사용하기로 하였다. 이는 와셔의 재질을 stainless steel, 알루미늄, 금합금 대신에 생체친화성인 티타늄 와셔를 사용함으로써 이종 금속 간 발생할 수 있는 전류(current)의 위한 문제점을 줄일 수 있기 때문이다. 본 실험에서 임플란트 나사의 풀림 토크값은 와셔를 사용하지 않은 군에 비해 와셔를 사용한 모든 군에서 유의성 있게 큰 것으로 나타났다. 와셔를 사용하지 않은 I 군의 풀림 토크값이 평균 24.88Ncm였고, 와셔를 삽입한 III군은 I 군과 다른 실험 군들에 비해 가장 큰 풀림 토크값(27.06Ncm)을 나타내었다. 이는 지대주의 나사에 와셔를 적용 하였을 때 나사 풀림 방지에 효과가 있다는 것으로 추정된다. 이는 Koriotoh등이 연구에서 임플란트의 지대주의 금 나사에 플랫 형태의 와셔를 적용하여 회전 변위에 미치는 영향을 알아보았는데 와셔를 적용 하였을 때 금 나사의 회전 변위는 평균적으로 35%(14.1 μ m) 증가하였다는 보고와 연관성을 있을 수

있겠다(Koriioth et al., 1999). 본 연구에서도 플랫 형태의 와셔를 사용하였으며, 또한 와셔의 재질과 두께도 다르게 하였다. Versluis 등에 의하면 유지 나사에 와셔를 적용하여 나사를 조였을 때 생긴 전하중을 유한요소 분석 방법으로 평가하였는데 접시 형태의 와셔를 금 유지 나사와 gold prosthetic coping 사이에 추가함으로써 조임력 증가에 영향을 미쳐, 나사 풀림 방지에 도움을 준다고 하였다. 와셔의 두께는 유지나사의 나사산과 나사산 사이 길이만큼 설정하였고 알루미늄 재료를 이용하였다. 결과적으로 와셔를 적용함으로써 전하중에 영향을 주지 않았으며, 나사 풀림에는 저작력과 와셔의 재질뿐만 아니라 진동과 축방향의 응력에도 영향을 준다고 하였다(Versluis et al., 1999). Versluis 등은 와셔의 형태를 conical 형태로 함으로써 와셔의 구조적인 강도를 확보하였고, Branemark 시스템에 적용하였다.

본 연구 결과에서 와셔의 재질에 따라 순수 티타늄(grade2) 와셔를 사용한 II군, III군과 티타늄 합금 와셔를 사용한 IV군, V군을 비교해 보았을 때 풀림 토크값은 유의하게 큰 값이 측정되었다($p < 0.05$). 1999년에 Koriioth, Versluis 등은 지대주 나사 재료가 금합금으로 되어 있어서 풀림 토크값이 더 높게 나타났다고 설명하였다. 재질에 따른 티타늄 지대주 나사와 금 와셔 사이의 적합은 금이 밀려들어가 빈틈을 채움으로써 비교적 긴밀한 접촉을 이룬다는 원리를 내세우고 있다. 또한 Kang 등은 티타늄 지대주 나사에 금관보다 낮은 경도의 합금 와셔를 적용하여 풀림 토크값의 변화를 관찰하였다. 이들은 와셔를 사용하여 150N 하중으로 1800회 적용 후 측정된 결과 풀림 토크값의 증가를 보였으나, 12,600회 적용 후에는 풀림 토크값의 증가는 유의성이 없었다는 결과를 보고하였다(Y.M.Kang et al., 1996). Kang 등의 연구에서는 주조된 와셔를 사용하였으나, 본 연구에서는 정밀가공업체에 의뢰하여 절삭 제작된 티타늄 와셔를 사용하였다. 티타늄 합금 지대주 나사에 티타늄 와셔를 적용하여 풀림 토크값을 측정된 결과는 와셔의 재질에 따라 유의성을 보였으며, 이는 grade 2 순수티타늄과 티타늄 합금의 강도 차이 때문이라고 볼 수 있다. 나사산 사이에 계면은 Fig.12(a, b, c, d, e)에서 확인해보면 사진에서 보이는 마모입자 중 일부는 절단시에

발생되는 입자가 포함될 가능성이 높다. 이에 절단시에 초음파 세척기로 이물질 제거하려 노력하였으며 완벽히 입자가 제거 되었으리라 생각 하기는 어렵다. 지대주 나사산과 고정체 내면 사이의 접촉면적이 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이것은 사용한 와셔의 재질에 따라 발생한 현상인 것으로 사료된다. Grade 2의 티타늄은 티타늄 합금에 비해 항복 강도, 탄성계수가 낮은 점으로 미루어 볼 때 지대주 나사를 조이는 힘에 의해 더 많은 변형을 일으켰을 것이다. 하지만 본 실험에서 측정 한 거리는 와셔의 변형에 대해 정확한 입증이 힘들기 때문에, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이라고 사료된다. 유지 나사가 신장되는 정도는 탄성계수(modulus of elasticity)와 연관되어 있는데, 그것은 단위당 받는 응력과 어떤 재질인가에 따라 다르다. 조임 과정을 계속하면, 탄성한도 내에서 나사가 신장함에 따라 전하중도 증가하다가, 재료의 재질에 따라 전하중 증가도 한계점에 달한다.

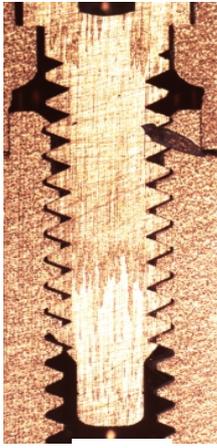
본 연구에서는 결과적으로 0.2mm 두께의 와셔를 사용한 III 군이 I 군이나 0.1mm 와셔를 사용한 II, IV군에 비해 가장 높은 풀림 토크값을 보였다. 와셔 재료에 따라 탄성 계수, 강도 등의 물리적 성질이 다르며, 이것은 또한 물체의 탄성 계수도 큰 영향을 받기 때문에 와셔의 두께를 2가지로 적용해 보았다. Koriioth 등은 기본 원추형 0.2 mm 두께의 stainless steel 와셔를 적용 하였다(Koriioth et al., 1999). Versluis 등은 와셔의 두께를 유지나사의 나사산과 나사산 사이 길이만큼 설정하였고 알루미늄 재료를 이용하였다. 그러나 정확한 길이는 언급되지 않았다(Versluis et al., 1999). Lee 등은 금 합금 나사에 표면 처리한 것과 두께 0.3mm인 알루미늄 플랫 와셔를 사용한 것에 풀림 토크값을 비교 하였다. 알루미늄 와셔의 두께를 0.3mm로 설정한 이유는 알루미늄의 강도가 약하기 때문에 두께로 강도를 보상하기 위함이라고 설명하였다(J.H.Lee et al.,2002). 본 연구에서 와셔의 두께를 0.1mm와 0.2mm로 설정한 것은 알루미늄이 아닌 그보다 강도가 높은 티타늄을 사용했기 때문이다. 와셔의 두께를 선택할 때 무한정 두꺼운 와셔를 제작할 수 없는 이유는 지대주와 지대주 나사 사이에 와셔가 들어가는데 있어서 나사 머리와 첫 나사산 사이의 길이가 제한되어

있기 때문이다. 따라서 나사 머리와 임플란트 고정체 상부의 육각 구조 사이에 와셔가 들어가므로, 와셔의 두께에 따라 나사의 전하중에 영향을 줄 가능성이 있다. 2가지 두께에 따라 와셔의 역할이 달라지고, 풀림 현상이 달라진다는 생각을 해 볼 수 있다. 따라서 와셔 두께에 따른 풀림 토크값에 대한 영향은 추가적인 연구가 필요할 것이다.

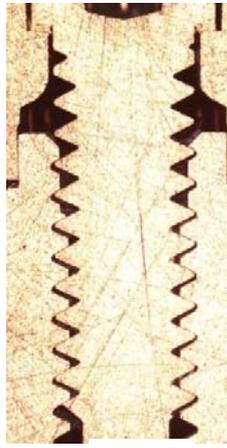
각군을 종 단면으로 절단한 뒤 광학현미경으로 관찰한 사진으로 지대주 나사의 머리 부분부터 헥스 탑까지 좌, 우측 거리를 측정하였다. 고정체-지대주 복합체의 단면에서는 와셔를 적용하였을 때 이로 인하여 지대주 나사의 조임 길이의 변화와 와셔의 형태를 비교하였다. 모든 실험 군들이 측정길이는 대조군(I)과 비교시 와셔의 두께만큼의 차이를 보였다. 시편의 단면을 관찰한 현미경 소견에서는 지대주와 지대주 나사 사이에 와셔가 들어감으로써 외측연결 헥스 탑에서 나사의 머리까지 길이는 와셔의 두께를 확보하는 전체 길이와 일치하는 것을 관찰할 수 있었다(TableⅦ).

통계학적으로 repeated ANOVA test 시행한 결과를 Fig.6에서 보면 측정 횟수가 증가함에 따라 각 군에서의 풀림 토크값이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 임상에서도 지대주 나사를 여러 번 반복 조임과 풀림을 할수록 풀림 현상에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

이번 연구에서는 현재 임상적으로 많이 사용되는 시멘트 유지형 보철 형태인 고정체-지대주(시멘트 유지형) 사이에 와셔를 적용하여 시대적 변화를 반영하려고 하였다. 본 연구는 일정한 반복하중을 가하지 않고 단지 조임 후에 풀림 토크값을 측정하였다는 본 연구의 한계가 있지만 와셔를 사용함으로써 풀림 토크값이 증가하였음을 보여주고 있으며, 또한 와셔의 재료의 두께를 다르게 하였을 때 풀림 토크가 달라진 것이 관찰되었다. 지대주 나사에 와셔를 적용함으로써 나사의 풀림을 최소화 시켜 풀림 방지에 크게 기여 할 것으로 보이며 또한 나사 표면의 마찰계수를 향상시키는 방법까지 함께 포함 한다면 더욱 효과적일 것이라 사료 된다. 추후에 와셔의 형태 차이, 와셔의 표면처리, 부하를 가한 실험이 필요할 것으로 생각된다.



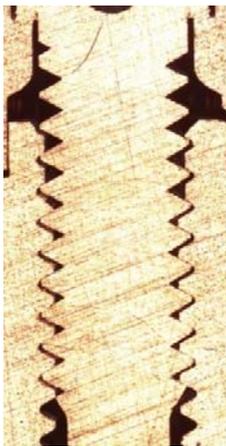
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Fig.12. The overview of optical microscope images of sagittal cutting specimen.

(magnification a; b; c; d; e; x 25)

(a) Group I, (b) Group II, (c) Group III, (d) Group IV, (e) Group V

V. 결 론

본 연구에서는 외측 연결형 임플란트의 지대주에 와셔를 적용함에 따라 보철물의 나사 풀림에 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였다. 지대주와 고정체를 미리 제작된 지그로 일정한 깊이로 착착 후, 30Ncm 조인 후에 풀림 토크를 측정하였다. 그 후에 각각의 군에서 와셔의 재질과 두께에 따라 나사 풀림에 미치는 영향을 비교하였다. 본 연구의 한계 내에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 임플란트 지대주 나사에 와셔를 사용한 군이 와셔를 사용하지 않은 군보다 통계학적으로 풀림 토크값이 증가하였다.
2. 와셔의 재질에 따른 풀림 토크값은 티타늄 합금 군에 비해 순수 티타늄 군이 유의성 있게 큰 풀림 토크값을 나타내었다.
3. 와셔의 두께에 따라서도 유의차가 있었으며, 0.2mm 두께의 와셔를 이용한 군이 다른 군에 비해 큰 풀림 토크값을 보였다.
4. 모든 실험 군에서 측정 횟수를 반복할수록 풀림 토크값이 감소되는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 일정한 반복하중을 가하지 않고 단지 조인 후에 풀림 토크값을 측정하였으므로 향후 와셔의 형태 차이, 와셔의 표면처리, 또한 기능성 부하를 가한 추가 실험들이 계속 되어야 할 것으로 사료된다.

VI. 참고 문헌

1. Antheunis Versluis, Tom WP, Koriath WP, Cardoso AC. Numerical analysis of a dental implant system preload with a washer. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:337-341.
2. Bickford JH. An introduction to the design and behavior of bolted joints Marcel Dekker, New York 1995:894.
3. Choi JH, Yang JH, Cho WP, Lee JB. The influence of abutment screw length and repeated tightening on screw loosening in dental implant. *J Korean Acad Prosthodont* 2006;44(4):432-42.
4. Dixon DL, Breeding LC, Sadler JP, Matthew L. McKay. Comparison of screw loosening, rotation, and deflection among three implant designs. *J Prosthet Dent* 1995;74(3):270-8.
5. McGlumphy EA, Mendel DA, Holloway JA. Implant screw mechanics. *Dent Clin North Am* 1998;42(1):71-89.
6. Mears DC. The use of dissimilar metals in surgery. *J Biomed Materials Res* 1975;9(4):133-48.
7. Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and preload stress in dental implant abutment screws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:529-36.
8. Helsen AJ, Breme HJ. Metals as Biomaterials. Biomaterials Science and Engineering Series John Wiley and Sons West Sussex 1998;52-7.
9. Jemt T. Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Branemark implants in edentulous jaws: A study or treatment from the time of prosthesis placement to the first annual checkup. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:270-276.

10. Koriath WP, Antonio CC, Antheunis V. Effect of washers on reverse torque displacement of dental implant gold retaining screws. *J Prosthet Dent* 1999;82(3):312-6.
11. Kang YM, Lim JH, Cho IH. A study on the abutment screw loosening of dental implants. *J Korean Acad Prosthodont* 1996;34(1):1-14.
12. Lee JH, Jang KS, Kim CW, Kim YS. Effect of the surface modifications and the use of washer on the reverse torque of the implant prosthetic gold retaining screw. *J Korean Acad Prosthodont* 2002;40(3):246-61.
13. Naert I, Quirynen M, Steenberghe D, Darlus P, A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. Part II: Prosthetic aspects. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1992;67:236-45.
14. Park YS, Vang MS, Lee SH. A study on fitness of several domestic implant fixture and abutment screws. *J Korean Acad Prosthodont* 2004;42(1):94-109.
15. Robert O, Parmley PE, Standart hand-book of fastening and joining. McGraw-Hill book company, 1997.
16. Siamos G, Winkler S, Boberick KG. The relationship between implant preload and screw loosening on implant-supported prostheses. *J Oral Implantology* 2002;28(2):67-73.

Abstract

Effect of washers on removal torque of abutment screw in the external connection type dental implant

Otgonbold Jamiyandorj

Department of Dentistry
The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Keun-Woo Lee, DDS, Ph.D.)

Many studies have been made in order to solve the screw loosening problem which is one of the most frequent complications in implant supported restorations. In this study the effect of washers with different thickness (0.1, 0.2mm) and composition (cp titanium, titanium alloy) on screw removal torque was evaluated.

Washers were applied between abutment and abutment screw, and its removal torque was compared with that of the control group without washer. Using an optical microscope, cross sectional images of the specimens were obtained and displacement of were measured at two locations in both right and left side. One-way ANOVA was used for statistics. The conclusion is as follows:

1. In the group using the washer, increase removal torque was observed with statistical significance when compared to the control group without the washer.
2. In accordance with the composition of the washers, the removal torque values

of titanium alloys were greater than the pure cp titanium group.

3. In the effect of thickness of the washers were also statistically significant. 0.2mm thickness washer groups showed higher removal torque than other groups with other group removal torque values were compared with a removal torque.

4. Removal torque values decreased in all groups with repeated measurements. However, further studies are necessary under the cyclic loading in order to make proper decision on material selection and design of the washer.

Key Words : Implant, abutment screw, washer, composition, thickness,
removal torque