

# 치과 임플란트 지대나사의 풀림 현상에 관한 연구

단국대학교 치과대학 보철학교실

강윤모 · 임주환 · 조인호

## I. 서 론

1952년 Branemark<sup>8)</sup>에 의해 titanium 금속과 골의 유착이 발견된 뒤 완전 무치악과 부분무치악 등에 골유착성 임플란트가 널리 사용되고 있다. 그러나 외과적으로 골유착에 성공한 임플란트라도 장기적인 성공을 이루려면 보철물의 생역학적 고려가 철저히 이루어져야 한다<sup>1,34)</sup>.

치과 임플란트는 최종 상부구조를 고정하는 방법에 따라 나사유지형태(Screw-retained type)와 시멘트고정 형태(Cement-fixed type)로 분류할 수 있다.

나사유지형태는 짧은 치관에서도 나사에 의해서 유지력을 얻을 수 있고, 유지 보수가 필요하면 언제든지 풀었다가 재장착이 가능하다는 장점을 갖고 있다. 반면에 시멘트 공간에 의한 오차 보상이 없으므로 고도의 보철물 적합도가 요구되고 나사풀림(screw loosening)이 발생한다는 단점이 있다<sup>23)</sup>.

나사풀림은 단일 보철물에서 주변조직에 위해작용을 가져올 수 있고, 나사파절<sup>9)</sup> 등으로 골유착에 악영향을 줄 수 있다. 다수 보철물에서도 풀리지 않은 고정체(fixture)에 풀린 쪽의 하중이 부가되어 골유착에 좋지않은 결과를 가져올 수 있다<sup>22)</sup>.

Jemt 등<sup>13)</sup>은 보철물 장착 후 초기 수주 동안 상악에서 50%, 하악에서 20% 정도의 screw loosening이 있다고 보고하였다.

Kallus<sup>26)</sup>는 5년 경과된 전악 고정성 임플란트

보철(full-arch fixed implant prosthesis)에서 유의할만한(not-acceptable) 나사풀림을 24.1%의 증례에서 발견하였다고 보고하였다. Misch<sup>22)</sup>는 overdenture 보다는 부분무치악증례에서 빈발한다고 저술하였다.

Bickford<sup>6)</sup>는 나사풀림은 단기간 풀림(short term loosening)과 장기간 풀림(long term loosening)의 두가지 형태로 크게 분류하고 있다.

단기간 풀림은 나사를 조인된 초기현상으로 서, 현미경적 구조하에서 서로 접촉하는 계면들의 smoothing에 의한 surface settling<sup>17)</sup>과 응력으로 나사가 가소성 영구 변성되는 screw lengthening에 의해 주로 발생한다<sup>1)</sup>.

장기간 풀림은 오랜기간에 걸쳐 일어나는 현상으로, 조임 실패의 대부분은 vibration loosening 형태이고, 그밖에 양이 미미해서 무시해도 좋은 stress relaxation<sup>12)</sup>이 있다. Vibration loosening은 응력이 가해진 나사가 용수철과 같은 작용을 하여 각 계면들 사이에서의 마찰력에 의해 이뤄진 조임현상이 진동에너지를 흡수해 가다가 임계점에 이르면 급격히 풀린다고 설명된다. 그러나 만족할만한 이론이 확립되어 있지는 못하며<sup>16)</sup>, 다만 축력(axial force) 보다는 수평력(horizontal force)이, 인장력(tension force) 보다는 전단력(shear force)이 더 영향을 준다고 알려져 있다.

치과적으로 풀림을 방지하는 방법으로는 보철물의 접촉면 정확도를 높여서 수동적 접합성<sup>7, 18)</sup>을 이루는 것과 임플란트수를 늘리거나 교합

간섭제거, 교합면적축소 등으로 교합을 조절하는 방법 등이 쓰이고 있다.

공학적으로는 단기간 풀림의 경우 균일한 부품가공, 고강도의 재질 사용, 조인 뒤 loosening 후 몇차례 다시 조이는 방법(settling 효과 이용) 등이 있다<sup>5)</sup>. Vibration loosening의 경우 접촉 계면에 흠을 파서 맞물리게 하거나 용접(welding), lock wire or pin, washer<sup>6)</sup> 등을 이용하는 방법 등이 있다.

본 실험에서는 기존의 치과적 풀림방지 방법 외에 공학적인 방법 중 가능한 것을 임플란트에 응용하여 보았다.

즉 단기간 풀림의 경우 loosening을 기다리지 않고 수차례 조이기와 풀기후 조이는 변형방법과 장기간 풀림의 washer를 사용하는 방법을 적용하여 임플란트에서 지대나사의 풀림현상의 변화에 대하여 관찰하였다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 실험재료

#### 1) 금관제작

Hexed type UCLA cylinder(3i Co., U.S.A.) 3개를 이용하여 각각 하악소구치 형태로 제작한 뒤, 교합면에 부하면/loading surface)을 형성하였다. 높이는 평균치에서 1mm 낮은 7.5mm으로 하였고 도재소부용 합금(Degudent G, Degussa Co. U.S.A)제작된 lapping 처리하였다(Figure 1).

#### 2) Temporary cylinder(3i Co., U.S.A)

고정체(fixture)와 접촉면이 정밀가공되어 있는 상품으로써, 2개를 높이는 편의상 7mm 정도로 조절하였다.

#### 3) Block 제작

Loading machine에 접합하도록 15(W) 15(D) 20(H)mm 크기로 임플란트 고정체(3i Co., U.S.A) 5개를 각각 매몰하였다.

실험1에서는 clear resin, 실험2에서는 yellow stone을 매몰재료로 사용하였으며, 고정체(fixture)는 block의 정중앙에 수직으로 flange아래

부분만 문히도록 하였다(Figure 2).

#### 4) Titanium screw(3i Co. U.S.A)

“-”자 홈 형태의 지대나사 18개를 사용하였다.

#### 5) Torque controller (Nobelpharma Co., Sweden)

Bur를 장착하여 나사를 조이는 장치로 힘은 10, 20, 32, 45 Ncm, 속도는 10 r.p.m,과 24 r.p.m.을 각각 선택할 수 있다(Figure 3).

#### 6) Torque gauge(Aikoh Co., Japan)

풀림 torque를 측정하는 계측 장치로써 최소 10gf.cm단위까지 주기동작에서 최대 수치를 digital로 표시한다(Figure 4).

#### 7) Loading machine

전기모터의 회전력을 왕복운동으로 변환시켜 block에 하중을 가하는 기계장치로써 정밀가공업체에 의뢰 제작하였다.

크게 전기모터, 계수기, 용수철을 내장하여 압력을 조절할 수 있는 피스톤부, 블록을 고정하고 위치를 조절하는 부위 등으로 구성되어 있다.

횡수는 1만회까지 입력이 가능하고 초당1회 loading하며 압력은 조절가능하다(Figure 5).

#### 8) Washer

기성제품이 없어서 정밀가공업체에 제작 의뢰하였다. 외경은 지대나사 머리부분의 외경과 동일하고 내경은 나사부분보다 약간의 여유를 주었다. 두께와 재료경도는 자료가 부재하여 engineer들의 경험적인 조언에 의존하여 제작하였다(Figure 6).

외경 : 2.7mm

내경 : 2.0mm

두께 : 0.1mm

재료 : 금관보다 낮은 경도의 합금  
(Degulor. S : Degussa Co., U.S.A)

## 2. 실험방법

지대나사의 조임은 고정체(fixture)와 상부 구조(temporary cylinder, 제작된 치관)를 연결한뒤 torque controller를 사용하여 지대나사를 조여서 시행하였다.

힘은 20N, 속도는 24 r.p.m.으로 하였으며, 1회 시행완료를 알리는 alarm후에 확인과정으로써 1회 더 작동하여 조임으로서 지대나사 조임을 완료하였다(Figure 7).

나사풀림 측정의 3가지 방법 중 본 실험에서는 간편한 풀림 torque 측정 방법을 사용하였는데, torque gauge로 지대나사조임시의 역방향으로 조일때와 같은 속도로 돌려서 최대 수치를 측정하였다.

### 1) 실험 1

2개의 fixture block에 각각 temporary cylinder를 조합하고, 사용하지 않은 지대나사 7개씩을 사용하여 지대나사조임과 풀림 torque 측정을 5회 반복하였다.

즉, 동일한 temporary cylinder와 임플란트 고정체(fixture)에 지대나사 마다 5회 반복하여 조인뒤 매번 풀림 torque측정을 하였다.

### 2) 실험 2

본 실험에서는 교합압 측정계를 이용하여 loading machine의 하중을 150N으로 조절 고정된뒤 A. B. C. 각각 3개의 치관과 fixture

block을 조합하여, 각 조합에 사용하지 않은 지대나사를 2개씩 실험하였다(Figure 8).

1. 실험1에서 얻은 결과 중 가장 효과적인 방법(조이기 풀기 반복후 조이기)으로 치관과 fixture를 지대나사로 조인뒤 1800회 loading 후 풀림 torque를 측정하였다.

2. 동일지대나사를 다시 1.과 동일한 방법으로 지대나사조임 후에 12600회 loading후에 풀림 torque를 측정하였다.

3. 동일지대나사에 제작된 washer를 끼우고 1과 동일한 방법으로 지대나사조임 후 1800회 loading한뒤 풀림 torque를 측정하였다.

4. 3.과정과 동일하게 지대나사조임후 12600회 loading한뒤 풀림 torque를 측정하였다.

## III. 실험 결과

### 1. 실험 1

A, B 각 fixture block과 temporary cylinder조합에서 측정한 결과를 도표로 정리하면 다음과 같다.

위 결과를 그래프로 나타내었다.

### 2. 실험 2

A, B, C, 각 fixture block과 치관조합에서 측정한 결과는 다음과 같다.

위 결과에서 1800회, 12600회 loading에서 각각 washer를 사용한 차이를 그래프로 표시하면 다음과 같다.

Table 1. Results of temporary cylinder A(experiment 1)

Specimen Count	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
1	15.29	20.97	12.15	21.75	17.15	17.54	20.68
2	19.01	23.81	17.25	23.91	15.97	16.95	20.29
3	18.34	23.81	17.44	24.59	16.07	19.92	21.36
4	20.29	19.11	17.25	23.61	16.36	18.42	19.50
5	18.42	17.44	18.23	23.61	15.68	17.05	18.82

(Unit : Ncm)

Table 2. Results of temporary cylinder B(experiment 1)

Specimen \ Count	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
1	19.50	23.81	14.11	17.84	20.87	12.25	19.80
2	20.19	23.52	22.32	21.27	20.09	13.72	20.09
3	20.38	23.91	19.11	19.50	21.36	14.60	21.36
4	20.19	21.27	18.33	21.56	20.78	13.23	20.48
5	20.48	20.29	19.40	18.72	18.72	14.11	19.11

(Unit : Ncm)

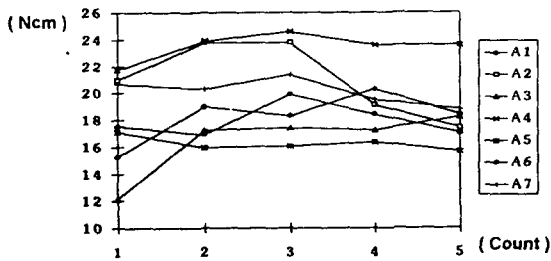


Figure 9. Results of temporary cylinder A (experiment 1)

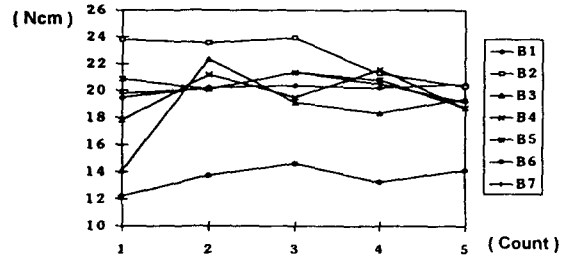


Figure 10. Results of temporary cylinder B (experiment 1)

Table 3. Results of experiment 2

Specimen \ Count	A		B		C	
	N-W	W	N-W	W	N-W	W
1800	19.5	20.0	19.4	21.1	18.7	21.6
12600	18.1	18.9	14.9	20.2	18.5	18.8
1800	17.3	18.4	18.2	20.1	18.4	19.5
12600	15.2	18.8	18.0	18.0	17.0	18.3

Unit : Ncm  
 N-W : No washer  
 W : Washer

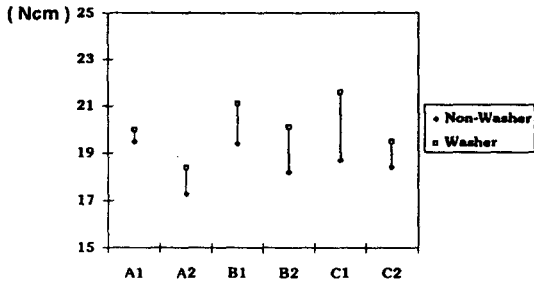


Figure 11. Results of experiment 2(1,800 loading)

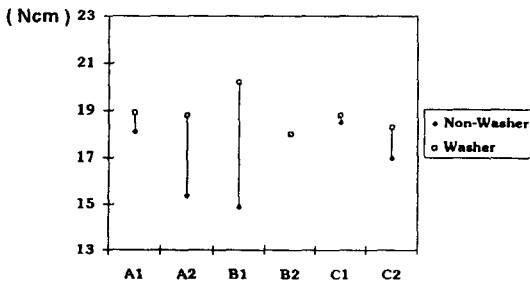


Figure 12. Results of experiment 2(12,600 loading)

### 3. 통계처리

#### A) 실험1

본 실험의 측정자료가 다음과 같다.

$X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}$  : 1번 시편의 첫번째 실험

$X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{25}$  : 1번 시편의 두번째 실험

.....

$X_{i1}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{i5}$ ,

.....

$X_{14 \ 1}, X_{14 \ 2}, X_{14 \ 3}, X_{14 \ 4}, X_{14 \ 5}$  : 2번 시편의 마지막 실험

이 실험의 목적이 torque가 최대인 반복조임횟수를 구하는 것이다. 그래서 두 시편간의 차이와 각 실험간의 차이를 줄이고, 전체적으로 최대 torque를 나타내는 반복조임횟수를 알기 위해 정규화를 적용해 보았다.

#### 가) 원데이터(Raw Data)

원래 데이터를 Plotting하면 개개 실험의 차이와 시편간의 차이로 인해 경향성이 없어 보이는 결과를 얻는다. 즉( $j, X_{ij}$ )를 찍은 것이다.

Plot of  $X^*i$ . Legend : A=1 obs, B=2 obs, etc.

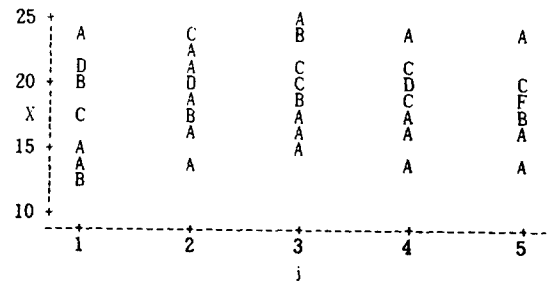


Figure 13. Plotting of raw data

#### 나) 정규화된 데이터

$i$ 번째 실험의 측정치(5개씩)의 표본평균과 표본표준편차를  $M_i, S_i$ 라 하고 통계학에서 흔히 사용되는 정규화(Normalization)를 적용해보았다.

즉

$$Y_{ij} = \frac{(X_{ij} - M_i)}{S_i}$$

$$\text{단, } M_i = \frac{(X_{i1} + X_{i2} + X_{i3} + X_{i4} + X_{i5})}{5}$$

$$S_i^2 = \frac{((X_{i1} - M_i)^2 + (X_{i2} - M_i)^2 + (X_{i3} - M_i)^2 + (X_{i4} - M_i)^2 + (X_{i5} - M_i)^2)}{4}$$

으로 변환(transformation)을 해주면 이 변환은 선형이고  $S_i$ 가 양수이므로 그래프의 형태(최대값의 위치 등)를 변화시키지 않는다. 이렇게 변환된 데이터를 Plotting해 보면 다음과 같다. 즉 ( $j, Y_{ij}$ )를 찍은 것이다.

Plot of  $Y^*j$ . Legend : A=1 obs, B=2 obs, etc.

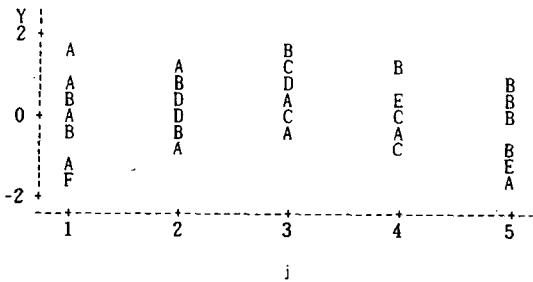


Figure 14. Plotting of normalized data

Plotting결과를 보면 j가 1일때 F(6), 2와 3일때 D(4), 4와 5일때 E(5)를 중심으로 모여 있어 전체적인 형태가 이차항의 계수가 음인 이차함수와 유사하다. 그래서 회귀 곡선의 모델을.

$$Y = a + b \times i + c \times i^2$$

으로 선택했다. 이 모델은 비선형이지만  $i^2$ 을 j로 치환하면

$$Y = a + b \times i + c \times j$$

다중선형회귀모델(Multiple Regression)이 된다.

SAS(statistical analysis system)패키지를

이용해 분석한 결과는 다음과 같다<sup>33)</sup>.

F-test의 결과는 99%의 유의 수준으로 이차 곡선 모델이 적합하다. 이차 곡선 모델이 적합하므로 곡선의 계수를 추정하면 다음의 결과를 얻는다.

즉  $a = -1.99$ ,  $b = 1.69$ ,  $c = -0.28$ 이고, 각 계수가 0이 아니라는 검정의 유의 수준은 99%이다.

이 결과를 이용하여 최대 torque가 나타나는 반복조임횟수를 구하면

$$-b/2c = -1.69 / (-2 \times -0.28) = 3.02 \text{이다.}$$

### B) 실험2

Washer의 유의성 검정

Washer의 유의성을 알아보기 위한 실험의 측정치는 다음과 같다.

$X_1, Y_1$

$X_2, Y_2$   $X_i$ : Washer를 사용하지 않은 경우

...  $Y_i$ : Washer를 사용한 경우

$X_n, Y_n$

이때  $(X_i, Y_i)$ 는 같은 시편에서 같은 지대나사를 사용하여 측정된 결과이다. 따라서  $X_i, Y_i$ 는 독립성이 보장되지 않고 상당한 상관(Correlation)을 갖게 된다. 이 실험에서 검정하고자 하는 가설은 Washer를 사용한 경우가 Washer를 사용하지 않은 경우보다 torque분포의

Table 4. Results of ANOVA test(analysis of variance)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	Prob>F
Model	2	15.4611	7.7306	12.777	0.0001

Table 5. Results of parameter estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for Ho: Parameter=0	Prob >  T
INTERCEP	1	-1.9913	0.4459	-4.466	0.0001
X	1	1.6933	0.3398	4.983	0.0001
XX	1	-0.2808	0.0556	-5.053	0.0001

Table 6. Results of paired comparison(experiment 2)

1800 cycle	Mean	SD	T	Prob >  T
	-1.83	0.83	-4.51	0.0064
12600 cycle	Mean	SD	T	Prob >  T
	-1.88	2.11	-2.19	0.0801

평균이 크다는 것이다. 그런데 흔히 평균을 비교하기 위해 사용하는 t-검정은 검정하고자 하는 두 확률변수(Random Variable)간의 독립성을 가정한다.

그러나 본 실험의 경우  $(X_i, Y_i), (X_j, Y_j)$ , (단,  $i=j$ )간의 독립성을 가정하는 것은 가능해도  $X_i, Y_i$ 간의 독립성은 보장 못한다.

이런 경우

$$Z_i = X_i - Y_i$$

를 고려하면  $Z_i, Z_j$  (단,  $i=j$ )간의 독립을 가정할 수 있다.

검정할 귀무가설은 ‘Z의 평균이 0이다’이고, 대립가설은 ‘Z의 평균이 0보다 작다’를 검정하는 대응비교<sup>24)</sup> (Paired Comparison)를 시행하였다.

본 실험의 측정치를 사용하여 SAS(statistical analysis system) 패키지를 수행한 결과는 다음과 같다.

#### IV. 총괄 및 고안

초기 임플란트 치료는 주로 완전 무치악증례들이 대부분이었다.

그 후 점차 부분무치악, 최근에는 단일 임플란트 보철물이 증가하는 추세임에, screw loosening은 상부구조물의 중요한 문제점으로 부각되고 있다<sup>2, 15, 19, 30)</sup>.

이를 극복하기 위한 방법으로 고정체(fixture)와 보철물의 결합구조와 지대나사조임시 torque양이 주로 논의되어 왔다<sup>20)</sup>.

전자 방법의 경우 고정체(fixture)의 외육각(external hexa)구조에 의해서 회전과 loosening이 방지되는 것을 도모하고 있으나, 사실상

일정정도의 유격을 허용하고 있다. Binon<sup>6)</sup>은 다양한 제조회사의 외육각(external hexa)구조의 고정체(fixture)와 상부구조물 제품들을 조사한 결과 최소 4.6° 이상의 회전유격을 보고 하였다.

그래서 단일 임플란트보철물의 경우 일반적으로 인접치아에 회전 방지용 구조물을 연장하거나 구치부에서는 인접치아와의 접촉면을 확장하는 등의 방법을 사용하여 왔다.

지대나사 조임 torque양은 골유착과 나사구조물에 대한 손상이 없는 범위에서 loosening을 효과적으로 막을수 있는 필요충분한 정도에 대해서 많은 논의가 되어왔다<sup>2, 24)</sup>.

근차에는 Branemank의 CeraOne system의 경우에는 abutment cylinder를 매우 큰힘(32 Ncm)으로 조인된 상부보철물을 접착하는 방법을 쓰고 있다<sup>35)</sup>.

본 실험에서는 방향을 달리하여 공학에서 논의되고 사용되는 부분, 즉 나사구조에 국한된 폴리머억제방법에 대하여 접근해 보았다.

그러나 공학분야에서는 나사에 관한 학문이 70년대를 정점으로 별진전이 없고, 근차에는 신소재 이용에 관한 연구들만이 가끔 추가되고 있을 뿐이다. 더구나 많은 부분의 이론들이 반복실험의 결과로써 정립되고 있을 뿐이다. (예 : 나사의 지름에 효과적인 pitch 거리 등)

실험1에서는 surface settling에 의한 효과를 이용하였다.

나사를 조인된 loosening후 다시 조이기를 몇차례하는 방법으로서 우주선에 카메라를 장착하는 방법 등으로도 이용되고 있다<sup>3)</sup>.

그러나 본 실험에서는 나사를 조인후 계면들 사이에 발생하는 settling에 의한 loosening을

미리 진행시켜 풀림현상을 억제해 본다는 의도이다.

실험횃수는 임상에서 실제 가능한 횃수로써 5회정도로 국한하였다.

재료로는 고가의 abutment cylinder 대응으로 고정체(fixture)와 접촉되는 면이 정밀가공되어 있는 temporary cylinder를 사용하여 계면들간의 영향을 최소화하였다.

Screw loosening 정도의 측정은 크게 3가지 방법이 있다<sup>6)</sup>.

풀리는 힘, 즉 breakaway torque 측정방법이 있는데, 이는 간편하나 lubricant나 corrosion 등에 의해 왜곡될 가능성이 있다.

다음으로 length measurement, 즉 screw의 initial stretched length와 loosening후 length 비교로 residual preload를 측정하는 방법과 소형 인장력 측정기를 외부에 장착하여 측정하는 방법이 있는데 복잡하고 전문적인 장비들이 요구되므로 본 실험에서는 간편한 풀림 torque 측정방법을 사용하였다.

지대나사의 조임 torque양은 일반적으로 abutment screw위에 gold screw를 조일때는 10N, abutment cylinder 조임시는 20N, 단일 보철물(예 : CeraOne, Nobelpharma Co., Sweden)에서는 32의 힘이 사용되고 있다. 이에 본실험에서는 abutment cylinder에 사용하는 20N의 힘으로 설정하였다.

지대나사 조임시 예비실험에서 손으로 block을 고정하였으나, 많은 오차를 유발함이 발견되어 loading machine의 고정장치를 이용 고정하고 실험에 임하였다.

개인적인 차이에 의한 조임 torque양을 표준화하기 위한 기계장치가 필요한데, Goheen등<sup>11)</sup>과 Burguete등<sup>24)</sup>은 기계적 torquing 장치들을 사용하여도 상당량의 편차를 보이는 지대나사 조임이 이루어진다고 보고하면서 적절한 torquing device와 torque양이 결정되어야 한다고 주장하였다.

그러나 실험결과를 보면 조이는 torque양의 예상되는 편차에도 불구하고 풀림 torque 양은 지대나사에 주로 영향을 받는 경향을 보이고 있다.

앞에서의 통계분석 결과에서와 같이 3회에서, 즉 3번째 지대나사 조임시 가장 큰 풀림 torque 양을 보였다.

즉 2번의 계면 smoothening이 최고의 응력 보존상태이며, 그 이상이 되면 오히려 과도한 smoothening으로 풀림현상이 증가한다고 볼수 있다.

그러나 실제 임상에서는 최종 장착 이전에 보철물 조정과정속에서 수회의 지대나사 조임을 시행한다. 따라서 임상과정속에서 도재축성, 연마 등의 과정과 소요되는 시간적 요인이 지대나사 조임에 얼마나 새로운 환경을 조성하는가에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

실험2에서는 기계공학 부분에서 흔히 사용되는 washer를 이용해 보았다. Washer는 계면들을 보호하기도 하며 완충효과에 의하여 풀림을 방지하기도 하는데 정확한 원리에 대해서는 자료가 빈약하다<sup>25)</sup>.

산업분야에서는 washer외에도 기계적 잠금 장치가 사용되고 있다. 접촉하는 면들에 홈을 만들어 고정시키거나 pin이나 wire등을 사용하기도 하고 nut부분의 나선홈에 합성수지를 개재시키기도 한다<sup>6)</sup>.

임플란트에서는 위와같은 다양한 방법들을 사용할 수 없는 많은 제한들을 갖고 있다.

즉 지대나사 조임이 영구적인 locking이 아니며, 조임 torque는 골유착에 영향을 주지 말아야하고 필요시에는 적절한 torque로 풀어볼수있어야 하며 추가장치가 들어갈수 없는 공간적인 제약들이 존재한다.

그러므로 본 실험에서는 다양한 washer중에서도 가장 간단한 평면 washer를 사용하였다.

Washer의 외경과 내경은 지대나사와 cylinder에 의해 결정이 되었고 두께는 engineer들의 경험적 자문에 의할수밖에 없었다. 재질의 경도도 역시 경험적 자문에 의하여, 보철물보다는 낮은 경도의 합금으로 결정하였다. Washer제작은 합금을 외경 내경에 맞게 tube 형태로 주조한뒤 절삭하여 연마 가공하였다.

3개의 치관은 임상적 상태의 재현이 필요하다고 사료되어 UCLA hexed type(3i Co., U.S.A.)으로 제작 lapping처리하였다.



치의학에서 저작횟수는 1800회/day, 속도는 1회/sec 정도로 널리 받아들여지고 있으나, 교합력에 대해서는 일반적인 견해가 별로 없다.

Loading force는 Richter등<sup>10)</sup>이 발표한 임플란트에 가해지는 수직압력중 최대치에 근접하는 150N으로 하였고 loading 횟수는 1일과 1주일 저작횟수에 해당되는 1800, 12600회로 각각 결정하였다.

Block 매물재는 실험1에서 clear resin의 특별한 의미가 없었기 때문에 다루기 쉬운 yellow stone을 사용하였다.

실험결과 1800회 loading에서는 95%의 유의성으로 washer를 사용한 경우 풀림 torque의 증가를 가져왔다.

그러나 12600회 loading에서는 92%의 유의성으로, washer를 사용한 경우 풀림 torque의 증가를 결론내리기는 어려웠다.

초기 일정정도의 하중에서는 washer가 screw loosening억제 역할을 하나 계속되는 하중에는 기능을 상실해감을 의미하고 있다. 즉 금합금의 washer가 계속되는 하중에 완충역할이 감소함을 보여준다.

Walker<sup>27)</sup> vibration loosening에 관한 실험들이 많은 복합된 요소와 상호작용을 고려하지만, 아직 알려지지 않은 요소들이 산재해 있다고 강조하였다. Bickford<sup>5)</sup>는 이에 한가지 시스템만으로 실험하면 알려지지 않은 요인에 의해 오류를 범하기 쉽다고 저술하였다.

그러나 위의 결과에서 washer를 이용한 풀림 억제기능의 가능성을 제시한다고 본다. 즉, 완충작용을 지속시킬수 있는 재질과 규격에 대한 고찰이 필요하다고 사료된다.

예비 실험에서도 washer 두께가 0.3, 0.2, 0.1mm로 감소함에 따라 풀림 torque가 증가함을 간단하나마 관찰하였다.

따라서 주어진 임플란트 보철 구조하에서 다양한 두께와 재질에 따라 washer의 역할은 달라지리라 사료된다.

그리고 실험중 loading machine의 윤활제가 홀러 치관에 들어간 경우가 있었는데 풀림 torque의 현격한 감소를 가져와서 다시 실험한 사례가 있었다. 그래서 타액의 윤활작용과 풀림

torque에 미치는 영향도 고려되어야 할 부분이라 여겨진다.

마지막으로 공학적으로도 vibration loosening에서 수평력(horizontal force)이 더 영향을 주는바, 임플란트에서도 측방압에 대한 washer의 기능에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

## V. 결 론

치과 임플란트 보철에서 지대나사 조임방법과 washer사용에 의한 지대나사 풀림 현상의 변화에 대하여 실험한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험1에서 지대나사 조이기와 풀기를 반복한 결과 3회째 조임에서 가장 큰 풀림 torque를 보였다( $P < 0.01$ )
2. 실험2에서 150N으로 1800회 loading을 시행한 결과 washer를 사용한 경우 풀림 torque의 증가를 보였다( $P < 0.01$ ).
3. 실험2에서 150N으로 12600회 loading을 시행한 결과 washer를 사용한 경우 풀림 torque의 증가는 유의성이 없었다( $P < 0.1$ ).

위의 결과들의 임상적 의의들을 살펴보면 실험1의 결과는 임상적으로 임플란트 지대나사로 조임고정을 할때 한 번에 고정하기보다는 2회 조였다가 푼 뒤 3회째 최종고정을 하는 것이 가장 효과적임을 보여준다.

실험2의 결과에서 washer를 사용한 경우에 전반적으로 풀림 torque는 증가하는 경향을 보였으나, 12600회 loading시는 통계학적 유의성은 없었다.

즉 washer를 사용한 풀림 억제기능이 초기는 유의할만한 양을 보이거나 loading양이 증가함에 따라 저하되는 경향을 보였다.

## 참고문헌

1. Adell R, Lekholm U, Eriksson B, Brånemark P-I, Jemt T. : A long-term follow-up

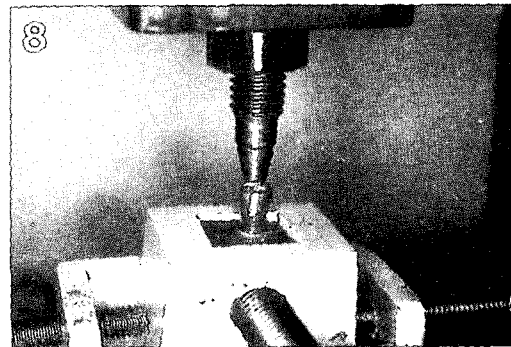
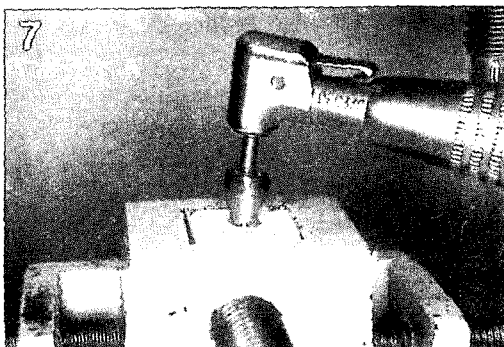
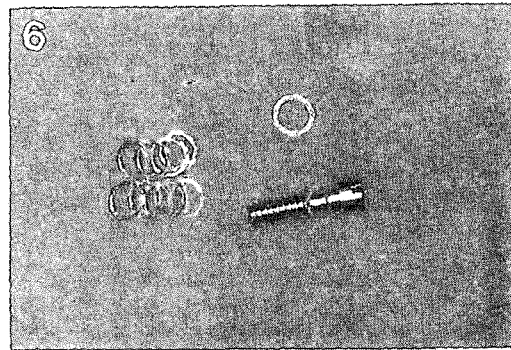
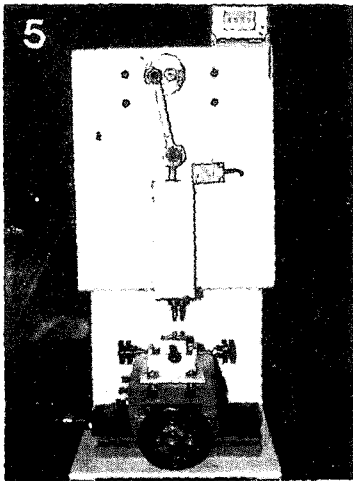
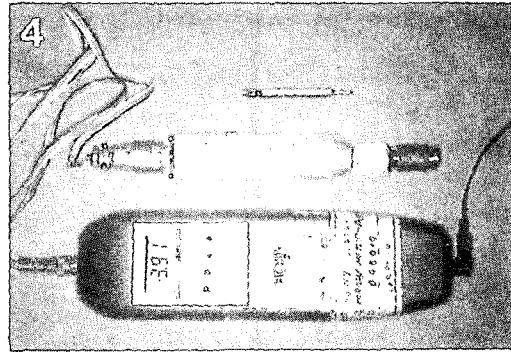
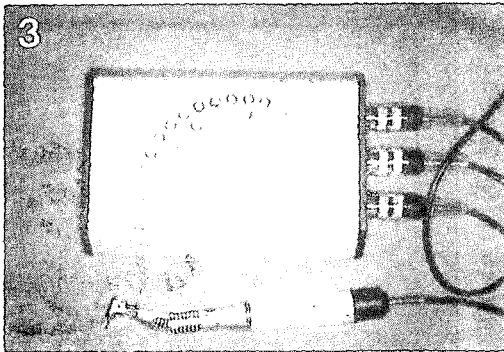
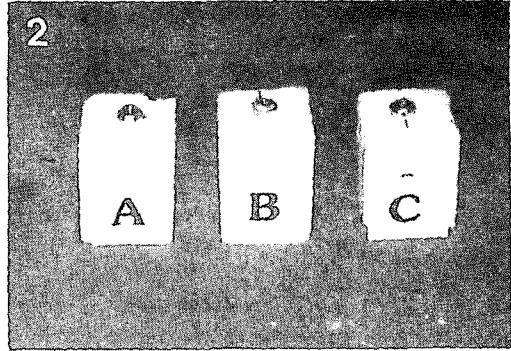
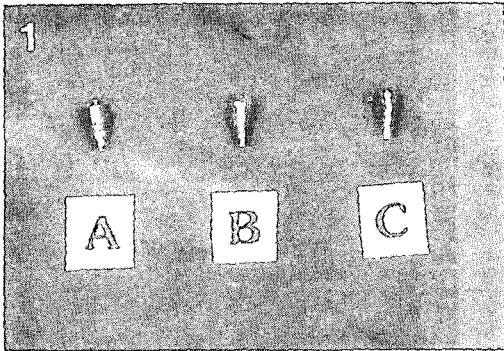
- study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991: 5 : 347.
2. Alan B. Carr, Peter E. Larsen, Efstratios Papazoglou, Edwin McGlumphy. : Reverse torque failure of screw-shaped implants in Baboons : Baseline Data for Abutme. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995 : 10 : 167.
  3. Andersson B, Odman P, Carlsson L, Branemark P-I : A new Branemark single tooth abutment : Handling and early clinical experience. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992 : 7 : 105.
  4. Baubles, R. C., and G. J. McCormick. : Loosening of fasteners by vibration, ENSA, Union, N. J., December 1966.
  5. Bickford J. H. : An introduction to the design and behavior of bolted joints. New York : Marcel Dekker, Inc, 1981.
  6. binon, Paul. : Evaluation of machining accuracy and consistency of selected implants, standard abutments and laboratory analogs. *Int J Prosthodont*.
  7. Bo Rangert, Mech Eng, Torsten Jemt, Lars Jorneus, Mech Eng. : Forces and moments on Branemark implants. *Int J Oral Maxillofac implants* 1989 : 4 : 242.
  8. Branemark, P.I. : Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent*. 1983 : : 50 : 397.
  9. Eann A. Patterson, B. Eng, PHD, C Eng, Mi Mech, Richard B. Johns, P. : Theoretical analysis of the fatigue life of fixture screws in osseointegrated dental implants. *Int J Oral maxillofac Implants* 1992 : 7 : 26.
  10. Ernst-Jurgen Richter, Priv-Doz, Dipl-Ing. : Vivo vertical forces on implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995 : 10 : 99.
  11. Goheen KL, Vermilyea SG, Vossoughi J, Agar JR. : Torque generated using hand-held screwdrivers and torque drivers for osseointegrated implants. Proceedings of the Eighth Annual Meeting of the Academy of Osseointegration. San Diego, 1993 : 103.
  12. Halsey, N., J.R. Gieske, and L. Mordfin. : Stress relaxation in aeronautical fasteners, National Bureau of Standards Report no. NBS-9485, February 1967.
  13. Jemt T, Linden B, Lekholm U : Failures and complications in 127 consecutively placed fixed partial prostheses supported by Branemark implants : from prosthetic treatment to first annual checkup, *Int J Oral Maxillofac implants* 1992 : 7 : 40.
  14. Jemt T : Modified single and short span restorations supported by osseointegrated fixtures in the partially edentulous jaw. *J Prosthet Dent* 1986 : 55 : 243.
  15. Kevin L. Goheen, Stanley G. Vermilyes, Jafar Vossoughi, John R. Agar. : Torque generated by handheld screwdrivers and mechanical torquing devices for osseointegrated implants. *Int Oral Maxillofac Implants* 1994 : 9 : 149.
  16. Lars Jorneus, Mech Eng, Torsten Jemt, Lennart Carlsson, Elect Eng : Loads and designs of screw joints for single crowns supported by osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992 : 7 : 353.
  17. Landt, Richard. : Preload loss and vibration loosening, SPS technology, Jenkintown, Pa, 1979.
  18. Lawrence A. Weinberg. : The Biomechanics of force distribution in implant supported prosthesis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993 : 8 : 19.
  19. Naert I., Quirynen M., Ven Steenberghe. D., Darius P.A. : Six-year prosthodontic

- study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. *J Prosthet Dent* 1992 : 67 : 236.
20. Maintaining the tightness of threaded fasteners. ESNA Division, America Corporation, Union, N.J., 1976.
  21. McGlumpy, E.A Campagni, W.V. and Peterson, L.J. : Biomechanical analysis of the tooth and implant supported fixed partial denture. *J. Dent Res.*, 1988 : 67 : 346.
  22. Misch, C.E. : "Contemporary implant dentistry", Mosby-Year Bok, Inc, St. Louis 1993.
  23. Robert O. Parmley, P.E. : Standard Handbook of Fastening and Joining. McGraw-Hill book company, 1997.
  24. Richard L. Burguete, MEng, Richard B. Johns, LDSRCS, Toby King, BA, and Eann A. Patterson, BEng. : Tightening characteristics for screwed joints in osseointegrated dental implants. *J Prosthet Dent* 1994 : 71. 592.
  25. Sherwood RL, Jr, Sullivan DY. : Concepts and techniques of single-tooth implant restorations. *Esthet Dent Update* 1991 : 2 : 16.
  26. Thomas Kallus, Christer Bessing. : Loose gold screws frequency occur in full-arch fixed prostheses supported by osseointegrated implants after 5 years. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994 : 9 : 168.
  27. Walker, R.A. : The factors which influence the vibration loosening of fasteners, Presented at 1973 Design Engineering Conference, Philadelphia Civic Center, April 10, 1973.
  28. Yoem, Y. Vossoughi, J. Burgess, A.R., Poka A. : Influence of tightening on the rigidity of external fixation, *Proceedings of the 39th Annual Conference on Engineering in Medicine and Biology*, Oct 9-11, Bavaria, West Germany, 183, 1986.
  29. Yoem, Y. Vossoughi, J. Burgess, A. R., Poka A. and Brumback, R.J. : Rigidity of external fixation and its dependance in the amount of tightening of its component, *Proceedings of the 12th International Conference on Hoffman External Fixation*. Sep 13-16, Baltimore, Maryland, 48, 1986.
  30. Zarb GA, Schmitt A. : The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants. The Toronto study. Part III : Problems and complications encountered. *J Prosthet Dent* 1990 : 64 : 1994.
  31. 김충련. : SAS라는 통계상자. 데이터 리서치, 1994.
  32. 서울대학교 자연과학대학 계산통계학과 김우철 외 7인. : 현대통계학, 영지문화사. 1991.
  33. 정선모, 한동철 공저. : 표준 기계설계학 (신판), 동명사, 1986.
  34. 조인호 : IMPLANT보철 수복방법의 생체역학적 분석, 대한치과의사협회지. 1993 : 31 : 438.
  35. 조인호 : 치과 임플란트 시술에 관한 해외 최신 지견(2), 대한치과의사협회지. 1991 : 29 : 12.

## 논문 사진 부도

- Figure 1. Feature of finished gold crown
- Figure 2. Feature of implant fixture block
- Figure 3. Feature of the Nobelpharma torque controller
- Figure 4. Feature of Aikoh torque gauze
- Figure 5. Feature of Loading machine
- Figure 6. Feature of finished washer
- Figure 7. Feature of tightening the screw
- Figure 8. Feature of loading the crown of fixture block

논문 사진부도



## Abstract

### A STUDY ON THE ABUTMENT SCREW LOOSENING OF DENTAL IMPLANTS

Yun-Mo Kang, Ju-Hwan Lim, In-Ho Cho

*Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University*

Abutment screw loosening of dental implant is a major problem in the treatment of dental implant.

The purpose of this study was to examine the effect on the prevention of screw loosening according to tightening method and using of washer.

In the first experiment, using a implant fixture and precisely fabricated temporary cylinder, the loosening torque was measured by tightening the screw 5 times repeatedly.

In the second experiment, the fabricated crown and implant fixture was tightened by the screw that is attached washer and then the loosening torque was measured after loading it 1800, 12600 times under the force of 150N.

The results were as follows.

1. The highest loosening torque appeared after tightening 3 times repeatedly( $p < 0.01$ ).
2. When the washer was used, the loosening torque was increased significantly under the loading 1800 times( $p < 0.01$ ),
3. When the washer was used, the loosening torque was increased under the loading 12600 times, but it is statistically not significant( $p < 0.01$ ).

The first experiment results mean that 3 times repeated tightening screw is most effective clinically. The second results mean that washer is effective in prevention screw loosening, but the effect is decreased with increasing load.