

임플란트 지대주 종류가 나사풀림력과 연결부의 안정성에 미치는 영향

단국대학교 치과대학 보철학교실

배병룡 · 최유성 · 조인호

연구목적

본 연구는 임플란트 지대주에 동적하중을 가하기 전, 후의 풀림토크 변화를 측정함으로써 수종의 지대주에 가해진 단기간의 교합력이 임플란트-지대주의 안정성에 영향을 미치는지를 연구하고자 하였다.

재료및 방법

임플란트 고정체는 외부육각구조를 사용하였고, 티타늄합금 지대주, 지르코니아 지대주, 주조 금합금 지대주인 UCLA plastic abutment를 사용하였다. 초기 풀림회전력을 측정하고, 하중을 10^5 회 가한후, 풀림회전력을 측정하였다. 초기 풀림회전력 상실률, 하중후 풀림회전력 상실률, 동적하중에 의한 풀림회전력 상실률을 계산하였다.

결과

초기 풀림회전력, 동적 하중후 풀림회전력, 초기 풀림회전력 상실률, 동적 하중후 풀림회전력 상실률, 동적 하중에 의한 풀림회전력 상실률은 각 지대주간 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한, 각 지대주 내에서 동적 하중 전후의 풀림회전력은 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

결론

Titanium, zirconia, UCLA 지대주의 초기 나사풀림은 지대주간 유의한 차이가 없음을 알 수 있었고, 초기의 저작력은 하중전후 나사풀림에 큰 영향을 주지 않는다고 생각된다. 또한, UCLA, zirconia, titanium 지대주의 선택시 초기 나사풀림과 관련하여 특정 종류의 지대주 선택을 기피할 필요는 없다고 생각된다.

주요어: 나사 풀림, 지르코니아, 동적 하중, 토크, UCLA, 티타늄 (구강회복응용과학지 2010;26(2):97~109)

서 론

골유착의 개념이 1952년 Brånemark¹⁾에 의해 소개된 이래로 1965년 무치악 환자에게 첫 임상 적용이 되었고, 1978년 토론토 회의를 통해 전 세계적으로 전파되었으며 현재는 치과학의 한 분야로 인식되고 있다. 임플란트의 장기적 성공

을 위해서는 치유과정에서 일어나는 임플란트 골유착의 성공뿐만 아니라, 상부보철물의 생역학, 교합 등에 대한 고려가 필요하다.²⁾

임플란트 치료에서 흔히 발생하는 기계적 문제점 중 하나는 나사의 풀림이다.^{3,9)} 나사 풀림의 원인은 부적절한 조임회전력, 과부하에 의한 나사의 소성변형과 전하중의 상실, 표면침하 현상,

교신저자: 조인호

단국대학교 치과대학 보철학 교실, 충청남도 천안시 신부동 산 7-1 단국대학교 치과대학 보철과, 대한민국.

전화: 82-41-550-1974. E-mail: cho8511@hanmail.net

원고접수일: 2009년 12월 05일/원고수정일: 2010년 05월 30일, 원고채택일: 2010년 06월 25일

불량하게 가공된 구성요소, 나사의 부적절한 디자인, 기능하중에 의한 진동 등이다.¹⁰⁾ 나사 풀림은 보철물 파절, 나사 파절 및 임플란트 고정체 파절 등의 기계적인 문제점을 일으킬 수 있고, 이로 인해 발생하는 미세간격에 미생물이 집락하게 되어 임플란트의 실패가 초래될 수도 있다.¹¹⁾

Bickford¹²⁾는 나사의 풀림을 단기간 풀림과 장기간 풀림으로 나누어 설명하였다. 단기간 풀림은 나사를 조인 후, 외력이 가해지면 나사산이 미끄러지게 되고, 전하중의 감소가 발생하는 것이라고 설명하였다. 즉 나사의 소성 변형으로 인해 표면침하 현상이 발생하고 지대주 나사의 풀림 현상이 발생한다고 하였다. 장기간 풀림은 진동풀림과 피로풀림에 의해 일어나게 되는데, 진동풀림은 나사계면이 진동에너지를 흡수하여 임계점을 넘어서게 되어 급격하게 풀리는 현상을 말하고, 피로풀림은 시간 및 하중에 의해 나사가 풀리는 크리프(creep)의 개념이다.

이러한 나사 풀림 현상을 방지하기 위해서는 나사의 길이에 변화를 주기도 하고 나사산의 형태, 위치, 개수와 같은 거대구조를 변형시킬 수도 있으며, 나사 표면의 특성에 변형을 가할 수도 있다.¹³⁾ 또한 나사 연결부에 가해지는 과부하를 방지하여야 하며, 전하중을 가능한 크게 하기 위해 지대주 나사에 적정 조임회전력을 가해야 한다.¹⁴⁾

임플란트 고정체와 지대주 연결의 안정성을 연구하는 방법은 지대주 나사의 조임회전력, 풀림회전력을 측정하는 방법,¹⁵⁾ Periotest를 이용하는 방법,¹⁶⁾ 지대주 나사의 초기 길이와 풀림 후 길이의 비교로 전하중을 측정하는 방법,¹⁷⁾ 외력을 적용하고 strain gauge를 이용하여 미세 움직임을 측정하는 방법,¹⁸⁾ 지대주와 고정체 연결부위에 염료를 이용한 미세 누출을 측정하는 방법¹⁹⁾ 등이 있다.

최종 보철물이 장착된 후에는 대개 2주 후에 재점검을 시행하여 지대주 나사의 풀림이 없고 교합에 문제가 없으면 gutta percha 등과 같이 제거가 쉬운 재료로 1차 충전한 후, 그 위에 영구

충전 재료인 composite resin 으로 나사 구멍을 메워준다. 만약, 최종 보철물을 장착하고 2주 후에 지대주 나사의 풀림이 발생하였을 경우에는 나사의 풀림을 발생시키는 원인을 찾아내어 제거하는 것이 예지성 있는 임플란트 수복치료를 가능하게 한다. 따라서 최종 보철물의 장착과 나사 구멍을 메워주는 시점 사이에 발생하는 나사 풀림에 있어서 교합력의 역할을 명확히 밝히는 것이 필요하다.

이에 본 연구는 외부육각구조(external hex structure)를 가지는 임플란트 수복시 사용되는 지대주에 동적 하중을 가하기 전, 후의 풀림토크 변화를 측정함으로써 수종의 지대주에 가해진 단기간의 교합력이 임플란트-지대주의 안정성에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하고자 하였다.

연구 재료 및 방법

1. 실험 재료

1) 사용된 임플란트 시스템

임플란트 고정체는 외부육각구조인 US II Ø3.75 × 11.5 mm (Osstem Co., Seoul, Korea) 티타늄 임플란트를 사용하였고, 지대주는 티타늄 합금 지대주인 Cement abutment (Osstem Co., Seoul, Korea), 주조 금합금 지대주인 UCLA plastic abutment (Osstem Co., Seoul, Korea), 지르코니아 지대주인 ZioCera abutment (Osstem Co., Seoul, Korea)을 사용하였고 8mm 높이로 제작하였으며, 실험에 사용된 지대주의 제조사와 조성은 Table I 과 같다. 또한, 지대주 나사는 티타늄 합금 나사를 사용하였고, 각 군당 7개의 지대주와 지대주 나사를 준비하여, titanium abutment를 1군, zirconia abutment를 2군, UCLA abutment를 3군으로 설정하여 실험하였다.

2) 맞춤 지그 제작

치과용 임플란트의 피로실험에 관한 ISO 규정²⁰⁾에 따라 맞춤 지그를 제작하였다(Fig. 1). 임플

Table I. Classification of abutment materials used in this study

Group	Abutment system	Height(mm)	Composition	Brand name & Manufacturer
1	Titanium	8	cp Ti grade 3	Cement abutment, (Osstem Co., Seoul, Korea)
2	Zirconia	8	3Y-TZP	ZioCera abutment, (Osstem Co., Seoul, Korea)
3	UCLA	8	type III gold alloy	UCLA plastic abutment, (Osstem Co., Seoul, Korea)



Fig. 1. Customized jig for cyclic fatigue loading test



Fig. 2. Torque wrench (TWMW, Osstem Co., Seoul, Korea)

랜트 고정체의 삽입부위를 형성하고, 이를 조일 수 있는 조임장치를 고안하여 장축 방향에서 30°로 하중을 받을 수 있도록 하였다.

3) 토크컨트롤러

지대주나사를 일정한 토크로 조이고 실제 임상에 근접한 조임력을 얻기 위해 토크컨트롤러를 선정하였다. 이번 연구에서 사용된 임플란트 매식체와 지대주가 모두 같은 제조사의 제품이었으므로 지대주 나사를 조일 때 제조사의 추천

토크컨트롤러인 torque wrench (TWMW, Osstem Co., Seoul, Korea)를 사용하여 30 Ncm으로 조였다(Fig. 2). 추천된 torque wrench 가 목표치인 30 Ncm를 일정하게 발생시킬 수 있는지 확인하기 위하여 토크게이지에 치유 지대주를 연결하고 이를 각 토크컨트롤러로 조여 조임토크를 측정하였다. 20회 반복하여 평균값을 구하였다. 측정치는 Table II와 같다(Fig. 3).

4) 토크게이지

조임 토크와 풀림토크의 측정은 디지털토크계

Table II. Torque controller used in this test

Torque controller	Manufacturer	Type	Target torque(Ncm)	Measured torque mean±SD (Ncm)
Torque wrench	Osstem Co., Seoul, Korea	Hand wrench	30	24.30±2.33

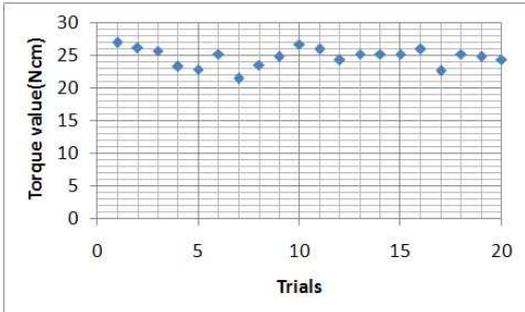


Fig. 3. Torque values of the torque wrench



Fig. 4. Digital torque gauge (HTG2-200Nc, IMADA Co., JAPAN)



Fig. 5. Loading machine (MTS 810, Material Test Systems Co., Minnesota, U.S.A.)

이지 HTG2-200Nc (IMADA Co., Japan)(Fig. 4)를 이용하였다.

5) 피로시험기

동적하중 피로시험기 MTS 810 (Material Test Systems Co., Minnesota, U.S.A.)에 주형을 연결하고 고정된 스테인레스 스틸판에 지대주를 장착하여 실험 조건에 따른 동적 하중을 가하였다 (Fig. 5).

6) 주사전자현미경

각 지대주의 표면을 관찰하기 위해 주사전자현미경(Hitachi S-3000H, Hitachi Inc, Tokyo, Japan)을 이용하였다.

2. 실험 방법

1) 주사전자현미경 관찰

주사전자현미경을 이용하여 동적하중 시행 전 각 지대주의 표면을 1000배 확대하여 관찰하였다.

2) 초기 풀림회전력 측정

임플란트 고정체를 지그에 고정시키고 지대주를 체결한 후, torque wrench (TWMW, Osstem Co., Seoul, Korea)를 사용하여 30Ncm의 조임회전력을 가하였다. 그 후, 계면의 표면침하에 의한 전하중 소실을 보상하기 위해 10분 후 동일 조임회전력을 다시 적용하고 다시 10분 후 각 지대주 나사의 풀림회전력을 디지털 토크게이지로 측정하였다. 이렇게 함으로써 나사의 조임과 풀림 과정 중의 응력과 나사 신장의 효과를 배제하였다.^{21,12)} 각 지대주 당 7개씩, 총 21개의 새로운 임플란트 고정체와 지대주 및 지대주 나사를 사용하였다.

3) 동적 하중의 적용과 풀림회전력 측정

임플란트 고정체를 지그에 고정시키고 지대주를 체결한 후, torque wrench (TWMW, Osstem Co., Seoul, Korea)를 사용하여 30Ncm의 조임회

전력을 가하였다. 계면의 표면침하에 의한 전하중 소실을 보상하기 위해 10분 후 동일 조임회전력을 다시 적용하고 피로시험기에 장착하였다(Fig. 6). 원통형 스테인리스 스틸 금속관을 지대주 위에 장착한 후 최대 250N, 최소 25N, 주기 14Hz의 sine형의 하중을 30°의 경사각도로 가하였다(Fig. 7). 동적 하중은 약 1개월간의 평균 저작운동에 해당하는 10⁵회²²⁾를 적용하였다. 동적 하중 후 디지털 토크게이지를 이용하여 풀림회전력을 측정하였다.

4) 자료의 분석

초기 풀림회전력과 조임회전력의 비(초기 풀림 회전력/조임회전력)는 하중전 풀림이 얼마나 일어났는지를 알 수 있는 척도가 되고, 하중 후 풀림회전력과 조임회전력의 비(하중 후 풀림 회전력/조임회전력)는 하중 후 풀림이 얼마나 일어났는지를 알 수 있는 척도가 된다. 또한 하중 후 풀림회전력과 초기 풀림회전력의 비(하중 후 풀림 회전력/초기 풀림 회전력)는 순수하게 동적 하중에 의해 생긴 나사 풀림 정도를 알 수 있는 척도가 된다. 조임 회전력은 앞서 조사된 torque wrench (TWMW, Osstem, Co., Seoul, Korea)의 실제 조임회전력인 24.30Ncm으로 설정하였다.

각 회전력 상실률은 다음의 공식에 의하여 산출하였다.

$$\text{초기 풀림회전력 상실률(\%)} = \frac{\text{조임회전력} - \text{초기 풀림회전력}}{\text{조임회전력}} \times 100$$

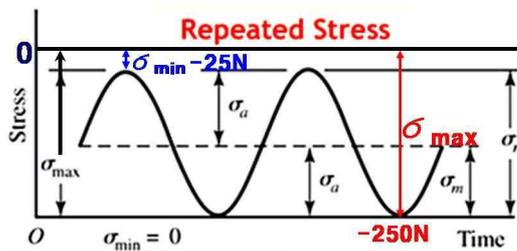


Fig. 6. Loading pattern

$$\text{하중후 풀림회전력 상실률(\%)} = \frac{\text{조임회전력} - \text{하중후 풀림회전력}}{\text{조임회전력}} \times 100$$

$$\text{동적 하중에 의한 풀림회전력 상실률(\%)} = \frac{\text{초기 풀림회전력} - \text{하중후 풀림회전력}}{\text{초기 풀림회전력}} \times 100$$

3. 통계처리

SPSS (Release 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 통계처리하였다. 지대주간 나사풀림 정도를 비교 하기 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, 하중전후의 나사풀림 정도를 비교 하기 위해 paired t-test를 사용하였다.

연구 성적

1. 주사전자현미경 사진 표면관찰

동적 하중 전 지대주의 표면을 주사전자현미경으로 1000배의 배율로 관찰한 결과, 각 지대주 표면의 형태, 방향성과 입자의 크기가 모두 달랐다(Fig. 8). 1군과 2군에서는 전체적으로 균일하고 매끈한 모양과 규칙적인 방향성이 관찰되었고, 3군에서는 불규칙한 방향성을 가진 거친 표면이 관찰되었다.

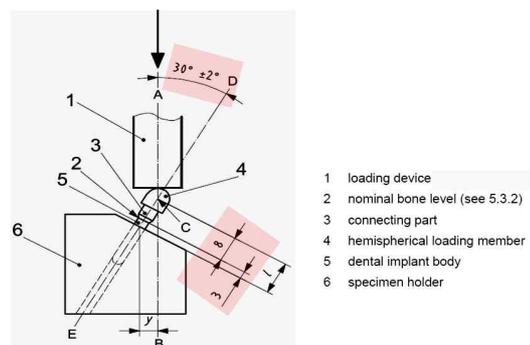


Fig. 7. Schematic diagram of testing condition

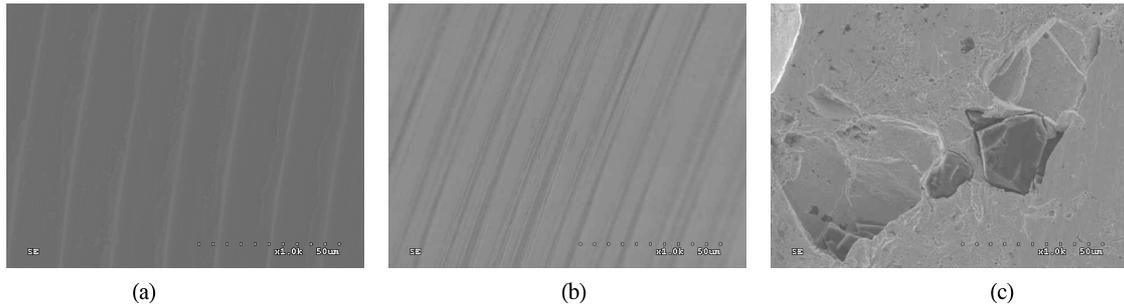


Fig. 8. Scanning electron microscope photomicrographs of contact surface of tested abutments at a magnification of $\times 1000$: (a) group 1: titanium abutment, (b) group 2: zirconia abutment, (c) group 3: UCLA abutment

2) 초기 풀림회전력과 동적 하중 후 풀림회전력
 각 군당 7개의 시편에 대한 초기 풀림회전력과 하중 후 풀림회전력 측정치의 평균값과 표준편차는 Table III와 같고, 이를 Fig. 9에 나타내었다. 각 군의 평균치를 초기 풀림회전력으로 설정하였고, 조임 회전력은 앞서 조사된 torque wrench의 실제 조임회전력인 24.30Ncm으로 설정하였다. 각 지대주의 초기 풀림회전력은 1군(16.42 \pm 3.89Ncm), 2군(15.55 \pm 3.46Ncm), 3군(13.83 \pm 3.76Ncm)의 순으로 높았고, 동적 하중후 풀림회전력 역시 1군(16.17 \pm 7.12Ncm), 2군(13.96 \pm 3.30Ncm), 3군(11.84 \pm 1.55Ncm)의 순으로 높았다. 그러나 각 지대주간의 초기 풀림회전력과 동적 하중후 풀림회전력을 비교하기 위해 one-way ANOVA 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다(Table IV).

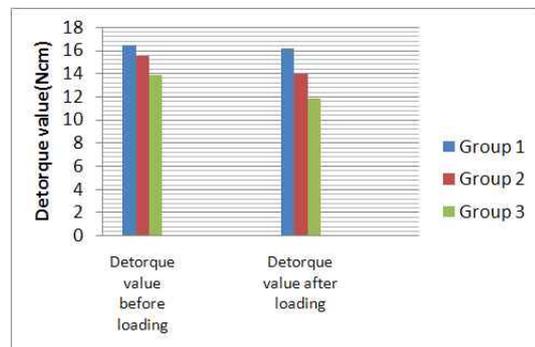


Fig. 9. Comparison of mean detorque values in each system

동적 하중 전후의 풀림회전력을 비교하기 위해 paired t-test를 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않음을 알 수 있었다(Table V).

Table III. Results of detorque value(Ncm) measurement in each system

	Detorque value before loading		Detorque value after loading	
	Mean	SD	Mean	SD
group 1	16.42	3.89	16.17	7.12
group 2	15.55	3.46	13.96	3.30
group 3	13.83	3.76	11.84	1.55

Table IV. Results of one-way ANOVA test for detorque value before loading(Ncm) and detorque value after loading(Ncm) in each system

		Mean±SD	F	P
Detorque value before loading	group 1	16.42±3.89	0.88	0.43
	group 2	15.55±3.46		
	group 3	13.83±3.76		
Detorque values after loading	group 1	16.17±7.12	1.535	0.242
	group 2	13.96±3.30		
	group 3	11.84±1.55		

Table V. Paired t-test for detorque value before and after loading

	t	df	P value
group 1	0.083	6	0.937
group 2	0.083	6	0.937
group 3	1.243	6	0.260

3) 풀림회전력 상실률

각 지대주에 따른 초기, 하중후 풀림회전력 상실률의 평균값과 표준편차는 Table VI와 같고,

이를 Fig. 10에 나타내었다.

각 지대주의 초기 풀림회전력 상실률은 1군(32.42±16.02%), 2군(35.99±14.25%), 3군(43.08±15.47%)의 순으로 낮았고, 동적 하중후 풀림회전력 상실률 역시 1군(33.46±29.30%), 2군(42.56±13.57%), 3군(51.26±6.39%)의 순으로 낮았다. 또한 동적 하중에 의한 풀림회전력 상실률 역시 1군(-1.88±44.33%), 2군(5.11±37.27%), 3군(9.23±24.92%)의 순으로 낮아서 각 풀림회전력의 상실률의 순서는 동일하지만, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다.

Table VI. Results of loss percentage of removal torque(%) in each system

	A: (T-I)/T×100		B: (T-L)/T×100		C: (I-L)/I×100	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
group 1	32.42	16.02	33.46	29.30	-1.88	44.33
group 2	35.99	14.25	42.56	13.57	5.11	37.27
group 3	43.08	15.47	51.26	6.39	9.23	24.92

T=torque value; I=detorque value before loading; L=detorque value after loading

(T-I)/T×100 = Loss percentage of removal torque before loading

(T-L)/T×100 = Loss percentage of removal torque after loading

(I-L)/I×100 = Loss percentage of removal torque according to loading

Table VII. Results of one-way ANOVA test for loss percentage of removal torque(%) in each system

		Mean±SD	F	P
A: (T-I)/T×100	group 1	32.42±16.02	0.884	0.430
	group 2	35.99±14.25		
	group 3	43.08±15.47		
B: (T-L)/T×100	group 1	33.46±29.30	1.536	0.242
	group 2	42.56±13.57		
	group 3	51.26±6.39		
C: (I-L)/I×100	group 1	-1.88±44.33	0.167	0.848
	group 2	5.11±37.27		
	group 3	9.23±24.92		

A: (T-I)/T×100 = Loss percentage of removal torque before loading

B: (T-L)/T×100 = Loss percentage of removal torque after loading

C: (I-L)/I×100 = Loss percentage of removal torque according to loading

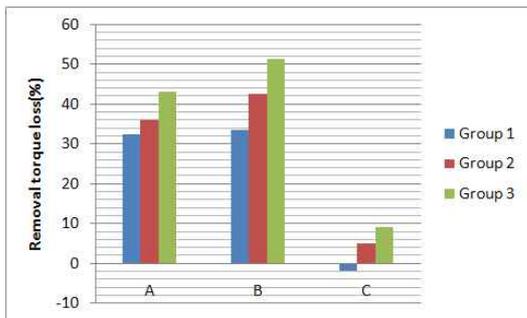


Fig. 10. Comparison of loss percentage of removal torque in each system
 A: (T-I)/T×100 = Loss percentage of removal torque before loading
 B: (T-L)/T×100 = Loss percentage of removal torque after loading
 C: (I-L)/I×100 = Loss percentage of removal torque according to loading

총괄 및 고안

나사풀림의 가장 주된 원인은 전하중의 상실이며, 많은 연구들에서 전하중에 대한 연구와 전하중을 증가시키기 위한 방법들을 소개해 왔다. Burgutte 등¹³⁾은 나사에 가해진 회전력과 전하중 (preload)의 상관관계에는 나사의 마찰계수 (coefficient of friction), 기하학(geometry), 재료의 물리적 성질(material properties)등이 작용한다고 하였다. 조임회전력이 지대주 나사에 가해질 때, 지대주 나사는 소성변형을 일으키며, 접촉계면은 표면침하효과(settling effect)가 일어난다. Shigley와 Mische²³⁾는 최초 나사체결 시 초기 전하중의 10%가 접촉면에 침하현상으로 상실된다고 하였다. 이번 연구에서는 수종의 지대주에서 전하중의 상실 및 기타 요인으로 인한 나사풀림 현상을 관찰, 분석하고 약 1개월의 단기간 교합력이 임플란트-지대주의 안정성에 영향을 미치는가를 연구하고자 하였다.

수종의 지대주에 가해진 보다 정확한 실험을 위해 지대주나사를 일정한 조임회전력으로 조이고, 실제 임상에서 근접한 조임회전력을 얻기 위해 재현 가능한 토크컨트롤러를 사용하는 것이 중요하였다. 만약 일정하지 못한 조임회전력이 발생될 경우, 전하중의 차이가 발생하게 되므로 동일한 조건의 실험을 진행하기 어렵다. 실험에서는 torque wrench(TWMW, Osstem Co., Seoul, Korea)를 사용하였다. 비록 실제 조임회전력이 평균 $24.30 \pm 2.33 \text{ Ncm}$ 를 발생시키고, 약간의 편차를 보이는 것으로 관찰되며(Fig. 3), target torque 인 30 Ncm 과 비교시 약 81%의 조임회전력을 발생시키지만, 실제 임상에서 torque wrench를 사용하고 있다는 것을 가정하여 제조사의 추천 기구로 실험을 진행하였다.

Standlee와 Caputo²⁴⁾는 Nobel Biocare, Straumann ITI, DynaTorq ITL 등 3종의 기계식 토크컨트롤러의 실제토크를 측정된 결과, Nobel Biocare의 토크컨트롤러는 목표치에 비해 8%에서 41%의 차이를 보이고, 다른 토크컨트롤러는 목표치에서 10%이하의 차이를 나타냄을 관찰하였다. 이와 마찬가지로 Mitrani 등²⁵⁾ 과 Gollen 등²⁶⁾도 Nobel Biocare의 토크컨트롤러를 사용한 실험에서 목표한 토크에 비해 65%에서 80%정도만을 내는 것을 보고하였다.

각 지대주의 초기 풀림회전력은 1군($16.42 \pm 3.89 \text{ Ncm}$), 2군($15.55 \pm 3.46 \text{ Ncm}$), 3군($13.83 \pm 3.76 \text{ Ncm}$)의 순으로 높았고, 동적 하중후 풀림회전력은 1군($16.17 \pm 7.12 \text{ Ncm}$), 2군($13.96 \pm 3.30 \text{ Ncm}$), 3군($11.84 \pm 1.55 \text{ Ncm}$)의 순으로 높았다. 초기 풀림회전력, 동적 하중후 풀림회전력 모두 1군 > 2군 > 3군의 순서를 나타냈으나, one-way ANOVA test 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 이는 1개월간 제한된 조건하에서의 지대주에 따른 나사풀림 현상은 유의한 차이가 없는 것을 뜻한다.

또한, paired t-test를 이용하여 하중 전후의 풀림회전력을 비교하여 보았을 때 1군, 2군, 3군 각 군에 있어서 유의한 차이가 없는 것으로 조사되

었고, 제한된 조건하에서 1개월간 하중으로 인한 풀림회전력의 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 임상에서 최종 보철물이 장착된 후 1개월 이내에 재점검을 시행하여 지대주 나사의 풀림 현상이 나타났을 경우, 교합력이 원인일 가능성은 낮다는 것을 의미한다. 그보다는 재료 및 가공에 따른 접촉표면의 긴밀도가 더 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다. 이는 각 지대주의 표면을 관찰하기 위해 시행된 전자현미경 관찰에서도 확인할 수 있었다(Fig. 8). 즉, titanium, zirconia abutment에 비해 주조된 UCLA abutment의 표면이 거칠고, 일정하지 못하여 접촉표면의 긴밀도가 떨어질 것으로 추측되었다. 만약, 이러한 재료 및 가공에 따른 접촉표면의 긴밀도가 유의한 차이를 나타내지 않을 경우에는 불충분한 조임회전력 적용이 임상에서 경험하는 나사 풀림의 주된 요인일 것이라고 사료된다. 이는 이전의 다른 실험에 의해서도 뒷받침되는데, Shin 등²⁷⁾의 연구에 따르면 불충분한 조임회전력 적용이 임상에서 경험하는 나사 풀림의 주된 요인이라고 하였고, 이는 낮은 조임회전력에 따른 압축력의 부족으로 계면간 마찰력이 작아 동적 하중에 의한 미세 운동과 그에 따른 전하중의 잠식이 상대적으로 크게 발생되어 나타난 결과라고 서술하였다. 따라서 보철물 장착후 1개월 이내 재점검시 지대주 나사의 풀림이 발생하였을 경우, 단순히 이전과 같은 조임회전력을 적용하는 것은 근본적인 문제 해결에 도움이 되지 않는다는 것을 의미한다. 만약, 재료 및 가공에 따른 접촉표면이 긴밀하지 못하여 나사 풀림이 발생하였다면 보다 긴밀히 접촉되는 재료 및 부품을 사용해야 할 것이고, 불충분한 조임회전력이 원인이라면 좀 더 높은 조임회전력을 가하는 것이 나사 풀림을 방지하는 방법이라 할 수 있을 것이다.

이와 더불어 이번 실험에서는 초기 풀림회전력이 조임력보다 낮게 측정되었다. 이는 Norton²⁸⁾의 실험에서도 같은 결과로서 풀림 토크 값은 조임 토크 값의 80%-90%에 해당되었다. 또한, Weiss 등²⁹⁾도 지대주 나사를 반복적으로 체결시,

폴림회전력이 초기에 3-20%, 30번의 반복된 체결시 4.5%-36%의 회전력 상실이 유발된다고 하였다. 그러나 이번 연구에서 측정된 초기 폴림회전력은 Shin 등²⁷⁾에 의한 연구에서 조사된 폴림회전력보다는 다소 낮은 수치를 나타냈다. 이런 현상의 원인으로 생각해 볼 수 있는 것으로써 재료 및 가공에 따른 접촉표면의 긴밀도가 부족한 것이 첫 번째 원인, 추천 조임회전력인 30Ncm에 비해 실험에서 사용된 torque wrench의 실제 조임회전력이 24.30 ± 2.33 Ncm으로써 낮은 수치를 나타낸 것이 두 번째 원인, 지대주 나사의 반복 체결로 인한 회전력 상실이 세 번째 원인일 것으로 사료된다.

각 지대주의 초기 폴림회전력 상실률은 1군($32.42 \pm 16.02\%$), 2군($35.99 \pm 14.25\%$), 3군($43.08 \pm 15.47\%$)의 순으로 낮았고, 동적 하중후 폴림회전력 상실률 역시 1군($33.46 \pm 29.30\%$), 2군($42.56 \pm 13.57\%$), 3군($51.26 \pm 6.39\%$)의 순으로 낮았다. 또한 동적 하중에 의한 폴림회전력 상실률 역시 1군($-1.88 \pm 44.33\%$), 2군($5.11 \pm 37.27\%$), 3군($9.23 \pm 24.92\%$)의 순으로 낮아서 각 폴림회전력의 상실률의 순서는 3군 > 2군 > 1군으로 일정하지만, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 따라서 하중전 폴림이 얼마나 일어났는지를 알 수 있는 초기 폴림회전력 상실률, 하중 후 폴림이 얼마나 일어났는지를 알 수 있는 하중 후 폴림회전력 상실률, 순수하게 동적 하중에 의해 생긴 나사 폴림을 알 수 있는 동적 하중에 의한 폴림회전력 상실률을 산출해본 결과 3군, 2군, 1군의 순서로 나사 폴림이 많이 일어남을 알 수 있었으나, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

이를 종합해 볼 때, UCLA, zirconia, titanium 지대주는 모두 제한된 조건하에서 1개월간 폴림회전력 상실률에 있어서 유의한 차이를 나타내지 않으므로, 지대주 선택시 초기 나사폴림과 관련하여 특정 종류의 지대주 선택을 기피할 필요는 없다고 판단되었다.

본 실험에서는 시편의 수가 한정되고, 단기간

의 하중 조건이 설정되었지만, 나사폴림이라는 문제와 관련하여 지대주 선택에 방향을 제안하였다는 것과 보철물 장착후 1개월 이내 재점검시 지대주 나사의 폴림이 발생하였을 경우, 그 원인이 저작력일 가능성은 낮다는 것을 제시하였는데, 그 의의가 있다고 하겠다. 하지만, 장기적인 사용에 있어서 각 지대주의 나사폴림과 조임안정성에 대한 연구는 계속되어야 할 것이다.

결 론

동적 하중 후 수종의 지대주에 따른 지대주 나사의 폴림을 비교하기 위해 titanium(1군), zirconia(2군), UCLA 지대주(3군), 3종류의 지대주에 30 Ncm의 torque를 가해 연결하고, 최소 25N, 최대 250N, 14Hz의 sine형태 하중을 지대주 장축 30°로 10⁵회 가했을 때의 나사폴림회전력을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다

1. 초기 폴림회전력은 1군(16.42 ± 3.89 Ncm), 2군(15.55 ± 3.46 Ncm), 3군(13.83 ± 3.76 Ncm)였으며, 각 지대주간 유의한 차이를 나타내지 않았다.
2. 동적 하중후 폴림회전력 역시 1군(16.17 ± 7.12 Ncm), 2군(13.96 ± 3.30 Ncm), 3군(11.84 ± 1.55 Ncm)였으며, 각 지대주간 유의한 차이를 나타내지 않았다.
3. 각 지대주 내에서 동적 하중 전후의 폴림회전력을 비교한 결과 3개의 지대주군 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.
4. 각 지대주의 초기 폴림회전력 상실률은 1군($32.42 \pm 16.02\%$), 2군($35.99 \pm 14.25\%$), 3군($43.08 \pm 15.47\%$)였으며, 각 지대주간 유의한 차이를 나타내지 않았다.
5. 동적 하중후 폴림회전력 상실률 역시 1군($33.46 \pm 29.30\%$), 2군($42.56 \pm 13.57\%$), 3군($51.26 \pm 6.39\%$)였으며, 각 지대주간 유의한 차이를 나타내지 않았다.
6. 동적 하중에 의한 폴림회전력 상실률 역시 1군($-1.88 \pm 44.33\%$), 2군($5.11 \pm 37.27\%$), 3군($9.23 \pm 24.92\%$)의 순으로 낮아서 각 폴림회전력의

상실률의 순서는 일정하지만, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다.

이상의 결과로부터 titanium, zirconia, UCLA 지대주의 초기 나사풀림에 있어 지대주간 유의한 차이가 없음을 알 수 있었고, 구강내에서 각 지대주에 가해지는, 초기의 저작력은 하중전후 나사풀림에 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있었다. 따라서 UCLA, zirconia, titanium 지대주의 선택시 초기 나사풀림과 관련하여 특정 종류의 지대주 선택을 기피할 필요는 없다고 판단된다.

연구비 지원 및 사의

본 연구에 사용된 임플란트 고정체와 지대주를 제공해 준 오스템사에 진심으로 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Brånemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 1983;50:399-410.
2. Adell R, Lekholm U, Eriksson B, Brånemark PI, Jemt T. A long term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:347-59.
3. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
4. Albrektsson T. A multicenter report on osseointegrated oral implants. *J Prosthet Dent* 1988;60:75-84.
5. Johansson G, Palmqvist S. Complications supplementary treatment and maintenance in edentulous arches with implant-supported fixed prostheses. *Int J Prosthodont* 1990;3:89-92.
6. Tolman DE, Laney WR. Tissue-integrated prosthesis complications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:477-84.
7. Carlson B, Carlsson GE. Prosthodontic complications in osseointegrated dental implant treatment. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:90-4.
8. Hemmings KW, Schmitt A, Zarb GA. Complications and maintenance requirements for fixed prostheses and overdentures in the edentulous mandible: a 5-year report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:191-6.
9. Jemt T, Pattersson P. A 3-year follow-up study on single implant treatment. *J Dent* 1993;21:203-8.
10. 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;7:353-9.
11. Misch CE. Principles for screw-retained prostheses. in: Misch CE, ed. *Contemporary implant dentistry*, Missouri: CV Mosby, 1999:575-93.
12. Bickford JH. An introduction to the design and behavior of bolted joints. New York: Marcel Dekker, Inc, 1981:248-76.
13. Burguete RI, Johns RB, King T, Patterson EA. Tightening characteristics for screw joints in osseointegrated dental implants. *J Prosthet Dent* 1994;71:592-9.
14. Rangert B, Jemt T, Jorneus L. Forces and moments on Branemark implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:241-7.
15. Cibirka RM, Nelson SK, Lang BR, Rueggeberg FA. Examination of the implant-abutment interface after fatigue testing. *J Prosthet Dent* 2001;85:268-75.
16. Faulkner MG, Wolfaardt JF, Chan A. Measuring abutment/implant joint integrity with the Periostest instrument. *Int J Oral Maxillofac Implant* 1999;14:681-8.
17. 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.
18. Gratton DG, Aquilino SA, Stanford CM. Micromotion and dynamic fatigue properties of the dental implant-abutment interface. *J Prosthet Dent* 2001;85:47-52.
19. Gross M, Abramovich I, Weiss EI. Microleakage at the abutment-implant interface of osseointegrated implants: a comparative study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14(1):94-100.
20. ISO/DIS 14801 Dental implants - Dynamic

- continuous fatigue test, International Organization for Standardization, 2001.
21. Trilling J. Torque data for socket-head cap screws. *Fastener Technology* 1988;Feb:3-4.
 22. Gibb CH, Mahan PE, Mauderli A, Lundeen HC, Walsh EK. Limits of human bite strength. *J Prosthet Dent* 1986;56:226-9.
 23. Shigley JE, Mische CR. *Standard Handbook of Machine Designs*. New York; McGraw-Hill;1986: 16-23.
 24. Standlee JP, Caputo AA. Accuracy of an electric torque-limiting device for implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:278-81.
 25. Mitrani R, Nicholls JI, Phillips KM, Ma T. Accuracy of electric implant torque controllers following time in clinical service. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:394-9.
 26. Gollen KL, Vermilyea SG, Vossought J, Agar JR. Torque generated using hand held screwdrivers and torque drivers for osseointegrated implants. *Proceedings of the Eight Annual Meeting of the Academy of Osseointegration*. San Diego, CA, 1993: 103-4.
 27. Shin HM, Jeong CM, Jeon YC, Yun MJ, Yoon JH. Influence of tightening torque on implant-abutment screw joint stability. *J Korean Acad Prosthodont* 2008;46:396-408.
 28. Norton MR. Assessment of cold welding properties of the internal conical interface of the commercially available implant systems. *J Prosthet Dent* 1999;81:2:159-66.
 29. Weiss EI, Kozak D, Gross MD. Effect of repeated closures on opening torque values in seven abutment-implant systems. *J Prosthet Dent* 2000;84:2:194-9.

Influence of Implant Abutment Systems on Detorque Value and Screw Joint Stability

Byung-Ryong Bae, D.D.S., Yu-Sung Choi, D.D.S, M.S.D, In-Ho Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, college of Dentistry, Dankook University

Purpose

This study was designed to evaluate the influence of implant abutment materials on detorque value and screw joint stability before and after dynamic fatigue test.

Materials & Methods

The external hexagonal fixture and three different groups of abutment (titanium abutments, zirconia abutments, and UCLA abutments) were used. The detorque value before loading and after loading (cyclic loading up to 10^5 cycles) of the abutment screw were measured.

Result

1. There was no significant difference in detorque value before loading among the each group.
2. There was no significant difference in detorque value after loading among the each group.
3. Detorque values before and after cyclic loading in each group were not significantly different.
4. There was no significant difference in loss percentage of removal torque before loading among the each group.
5. There was no significant difference in loss percentage of removal torque after loading among the each group.
6. There was no significant difference in loss percentage of removal torque according to loading among the each group.

Conclusion

Short term screw loosening of three types of abutment was not significantly different. When bite force was applied, there was no significant difference in screw loosening between before loading and after loading.

Key words: Screw loosening, Zirconia, Dynamic loading, Torque, UCLA, Titanium

Correspondence to : In-Ho Cho

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Dankook University San 7-1, Shinbu-Dong, Cheonan, Choongnam, 330-716, Korea.

Tel: 82-41-550-1974. E-mail: cho8511@hanmail.net

Received: December 05, 2009, Last Revision: May 30, 2010, Accepted: June 25, 2010