

기성품과 맞춤형 임플란트 지대주 나사의 풀림 토크 비교

Otgonbold Jamiyandorj · 김지환 · 김무성 · 박영범 · 심준성*

연세대학교 치과대학 치과보철학교실

연구 목적: 본 연구의 목적은 임플란트 지대주 연결에 사용되는 기성품 나사와 맞춤형 나사의 풀림 토크를 비교하는 것이다.

연구 재료 및 방법: 세가지 임플란트 시스템에(Osstem, Astra, Zimmer) 대해 고정체와 지대주의 연결에 기성품 나사군(대조군)과 맞춤형 나사군(실험군)으로 총 6군(n=6)으로 나누었다. 조임 토크조절은 디지털 토크 측정기를 이용하였으며 각 임플란트 제조사가 추천한 조임 토크 값을 적용하였다. 체결 10분 후 동일한 조임 토크를 다시 적용하고 5분 후에 풀림 토크를 측정하였다. 이 과정을 10회 반복 측정하였다. 반복 하중 실험에서는 6개 군(n=3)에 대해 체결 10분 후 2차 조임 토크를 적용하고 30° 경사로 50 N 하중으로 총 1,000,000번 반복 하중을 가하였다. 반복 하중 적용 이후 풀림 토크값을 측정하였다. 통계 방법으로는 10회 반복 측정에서 풀림 토크값의 차이를 비교하기 위해 repeated measures of ANOVA test ($\alpha=0.05$)를 사용하였고, 반복 하중 후 풀림 토크값의 차이를 비교하기 위해서 각 시스템별 Independent t-test로 통계 처리하였다.

결과: 모든 군에서 반복 횟수가 증가할수록 풀림 토크값이 유의성 있게 감소하는 것으로 나타났다($P<0.05$). 10회 반복 측정 실험에서는 세 종류의 임플란트에서 대조군(기성품 나사)과 실험군(맞춤형 나사) 간에 풀림 토크값은 유의차가 없었다($P>0.05$). 반복 하중 실험에서 세가지 시스템에서 대조군과 실험군 간의 풀림 토크력은 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

결론: 반복 측정된 풀림력 검사와 반복 하중을 적용 후 풀림력 검사에서 맞춤형 나사와 기성품 나사의 풀림력은 유의한 차이가 없었다. (대한치과보철학회지 2012;50:243-8)

주요단어: 맞춤형 나사; 지대주 나사; 풀림 토크; 치과용 임플란트; 나사풀림

서론

임플란트의 고정체와 지대주의 연결 방식은 다양하다. 임플란트의 치관면 상방으로 기하학적 형태가 돌출되었는지 여부에 따라 내측 연결 또는 외측 연결로 분류된다. 연결의 형태에 따라 slip fit joint, friction fit joint으로 분류된다. Slip fit joint는 연결 부위에 약간의 공극이 존재하여, 수동적으로 연결되며 friction fit joint는 연결되는 짝 부품 사이에 공간이 존재하지 않아 서로 약간의 힘이 가해지는 상태로 연결된다.¹ 임상적으로 많이 사용되는 방식은 slip fit joint이며 주로 나사로 연결되는 방식이 이용되고 있다.

나사로 연결되는 임플란트 보철물에서 나사 풀림 현상은 흔히 발생하는 합병증이다.^{2,3} 이러한 임플란트 지대주의 나사 풀림의 빈도에 대한 많은 연구가 있었다.⁴⁻⁸ Jemt⁴에 의하면 87명의 부분 무치악 환자에게 사용된 고정성 임플란트 보철물에서 일년 동안 가장 많이 나타난 문제점은 나사 풀림이고 상악에서 49%, 하악에서 20.8%가 발생하였다고 보고하였다. Henry⁵에 의하면 금 나사를 사용하여 풀림 토크값을 측정하여 나사 풀림의 빈도를 알아본 결과 나사의 풀림 빈도가 18.3%라고 하였다. Jung⁶에 의하면 1996-2006년 동안의 리뷰 저널에 나사의

풀림 빈도가 5.8%라고 하였다. 나사 풀림의 빈도가 줄어드는 추세이기는 하나, 나사 풀림은 임플란트 보철물에서 흔하게 발생하는 합병증 중의 하나이다.

Bickford⁷는 지대주 나사 풀림의 과정을 두 단계로 설명하였다. 일차적으로 나사 결합 부위에 외력(저작력)이 가해져서 나사산 사이에 미끄러짐이 생겨 나사에 가해진 전하중의 상실이 야기된다. 이차적으로 전하중이 일정한 값 이하로 줄어들게 되고 외력과 진동에 의해 마주보는 나사산이 회전을 일으킨다고 하였다.

나사의 풀림을 유발하는 원인은 외부적 요인과 내부적 요인으로 나누어 볼 수 있다. Im 등¹⁰에 의하면 외부적 요인으로는 비정상적인 임플란트의 위치, 부정교합, 이갈이, 이악물기, 불충분한 조임 토크 등이 있으며 내부적인 요인으로는 피로 저항, 나사 재료 상의 문제, 제작 시의 오차 등을 제시하였다. 나사 풀림은 나사를 조인 뒤 단기간만에 나타나는 단기 풀림과 진동에 의해 점진적으로 나사가 풀리는 장기 풀림이 있다. 단기 풀림에 영향을 미치는 것은 나사의 표면 거칠기, 외부 하중의 크기, 방향 등이 있다.

나사에 의한 연결구조는 시스템마다 다양하여 서로 호환되지 않는 실정이다. 따라서 특정 임플란트 시스템이 더 이상 제

*교신저자: 심준성

120-752 서울 서대문구 연세로 50 연세대학교 치과대학 보철학교실 02-2228-3157; e-mail, jfshim@yuhs.ac

원고접수일: 2012년 6월 19일 / 원고최종수정일: 2012년 7월 2일 / 원고채택일: 2012년 8월 28일

© 2012 대한치과보철학회

© 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.

작 되지 않는 경우에는 임상적인 어려움에 처하게 될 수 있다. 이러한 경우에 있어서 CAD/CAM milling에 의해 제작되는 맞춤형 나사가 사용될 수 있을 것이다. 최근 맞춤형 지대주가 많이 사용되고 있는데 이 때 지대주의 나사도 맞춤형으로 제작되어 임상에서 사용되는 경우가 있다.

임상적으로 맞춤형 지대주의 사용은 상용화되고 있다. Zembic 등¹²에 의하면 3년 동안 맞춤형 지대주에 대한 임상 관찰 결과, 맞춤형 zirconia 지대주와 맞춤형 titanium 지대주 모두 안정적인 임상결과를 제시한 바 있다. 그러나 아직까지 맞춤형 나사와 기성품 나사와의 비교 연구는 이뤄지지 않았다.

본 연구의 목적은 임플란트 지대주 연결에 사용되는 기성품 나사와 맞춤형 나사의 풀림 토크값을 비교하는 것이다.

연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

1) 임플란트 고정체 및 지대주

오스텍(GS II, Osstem Implant Co. Ltd., Busan, Korea), 짐머 임플란트 시스템(Zimmer system[®]; Zimmer Inc., Warsaw, Germany), 아스트라(Astra Tech AB, Mölndal, Sweden)의 세 시스템을 사용하였다(Fig. 1). 시스템 별로 사용된 지대주는 시멘트 유지형 지대주를 사용하였다. 본 실험에서 사용한 각 임플란트 고정체의 직경과 길이는 Table 1에 제시되어 있다.

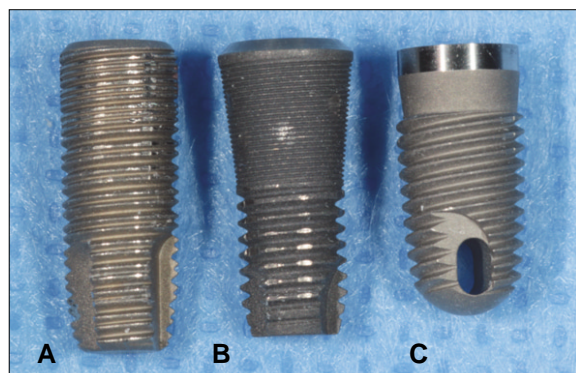


Fig. 1. Three different implants used in this study. A: Osstem GS II, B: Astra, C: Zimmer.



Fig. 2. Representative of the control and experimental group. For the Prefabricated (left) and customized (right) Titanium screws (A, B, C).

2) 지대주 나사

고정체에 지대주를 체결함에 있어서 기성품 나사로 임플란트 고정체-지대주를 연결한 것을 대조군으로, 맞춤형 나사를 사용한 경우를 실험군으로 설정하였다. 실험군은 각 시스템에 맞는 맞춤형 나사를 정밀 가공 업체(Japan star CNC milling Dellcamssystem, Daeson Co., Seoul, Korea)에 의뢰하여 제작하였다. 지대주 나사는 티타늄 합금 나사로 질량 조성은 90% Ti, 6% Al, 4% V이었다(Fig. 2).

2. 연구 방법

1) 풀림 토크 값의 반복 측정

세가지 임플란트 시스템(Osstem, Zimmer, Astra)에 대해 고정체와 지대주의 연결에 기성품 나사군(대조군)과 맞춤형 나사군(실험군)으로 총 6군(n=36)으로 나누었다.

조임 토크 조절은 디지털 토크 측정기인 Digital strain gauge (DC Strain Gauge Amplifier GM 70, Messtechnik Co., Alfdorf, Germany)을 이용하여(Fig. 3) 각 임플란트 제조사가 추천한 조임 토크 값을 적용하여 체결 10분 후 다시 동일한 조임 토크를 적용하고 5분 후에 풀림토크값을 측정하였다. 이 과정을 10회 반복 측정하였다. 제조사가 추천한 조임 토크값은 Osstem 임플란트 시스템은 30 N이고, Zimmer 임플란트 시스템은 25 N이고 Astra 임플란트 시스템은 30 N이었다.

Table 1. Dimensions of implant components used in this study

Component	Osstem GS II	Astra	Zimmer
Fixture	Ø 4.0 × 11.5	Ø 4.5 × 11.0	Ø 4.5 × 10.0
Diameter × length (mm)			
Abutment	Ø 5.0 × 3.0	Ø 5.5 × 3.0	Ø 5.0 × 3.0
Diameter × gingival height (mm)			

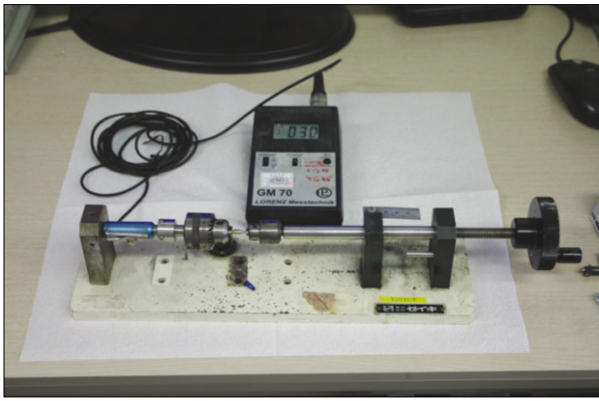


Fig. 3. Removal torque measurement using digital strain gauge.

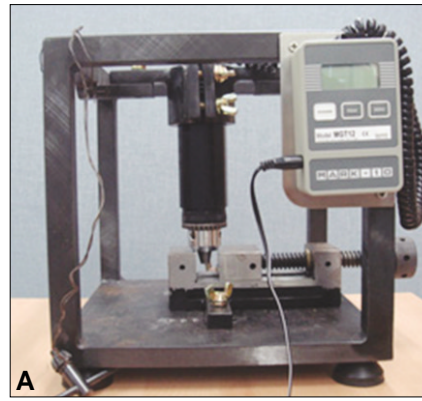


Fig. 5. Specially designed removal torque test apparatus (A) connected with conventional digital torque gauge (Mark-10, MGT12, New York, USA) (B).

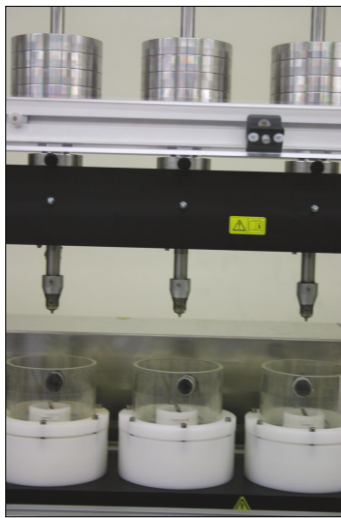


Fig. 4. Cyclic Loading machine.

2) 반복 하중 후 풀림 토크력 측정

6개의 군($n=18$)에 대해 고정체와 지대주를 나사로 연결 10분 후 2차 조임 토크를 적용하고 반복 하중을 가하였다. 반복하중은 Cyclic loading machine (CS-4.8; SD Mechatronik, Feldkirchen-Westerham, Germany) (Fig. 4)을 이용하여 전용 hold에 시편을 장축에 30° 경사로 고정된 후 50 N 하중을 2 Hz로 1,000,000번 가하였다. 반복 하중 적용 이후 디지털 토크 게이지(MGT50, MARK-10, Inc., USA) (Fig. 5)를 이용하여 풀림 토크값을 측정하였다. Cyclic loading machine에 맞는 시편 제작을 위해 레진 블록에 임플란트 고정체를 고정하였다. 이로 인하여 실험 1에서 사용하였던 디지털 토크 게이지는 사용하지 못했으며 디지털 토크 게이지(MGT50, MARK-10, Inc., USA) (Fig. 5)를 이용하여 풀림토크값을 측정하였다.

3) 통계학적 분석

모든 통계 처리는 SPSS for Windows 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 실험군과 대조군의 반복된 나사 풀림력 검사에 대해서 나사의 풀림 토크값은 시스템 별로 repeated measures of ANOVA test를 시행하였고($\alpha=.05$) Scheffe's test로 사후 검정하였다.

반복하중 후 풀림 토크값 측정에서는 각 시스템 별로 측정 한 실험에 대해 Independent t-test를 시행하여 유의차를 알아보았다.

결과

1. 반복 측정에 따른 풀림 토크값 변화

모든 군에서 반복 측정에 따라 풀림 토크값이 유의성 있게 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 6 - 8). 시스템 별 대조군과 실험군의 비교에서는 세 종류의 임플란트에서 대조군(기성품 나사)과 실험군(맞춤형 나사) 간에 풀림 토크값은 유의차가 없었다($P>.05$) (Table 2).

2. 반복 하중 후 풀림 토크값 측정

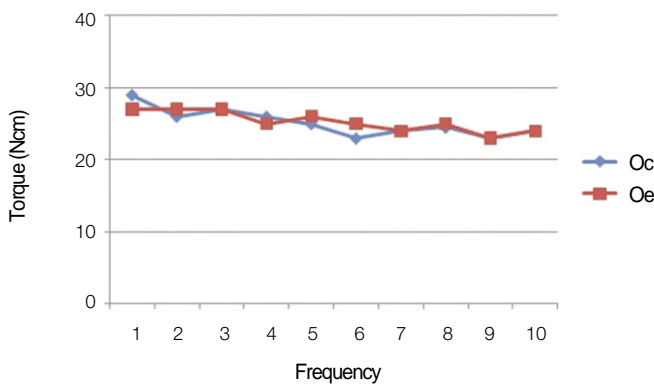
반복 하중 실험에서 세가지 시스템에서 대조군과 실험군간의 풀림 토크값 차이는 유의하지 않았다($P>.05$) (Table 3).

고찰

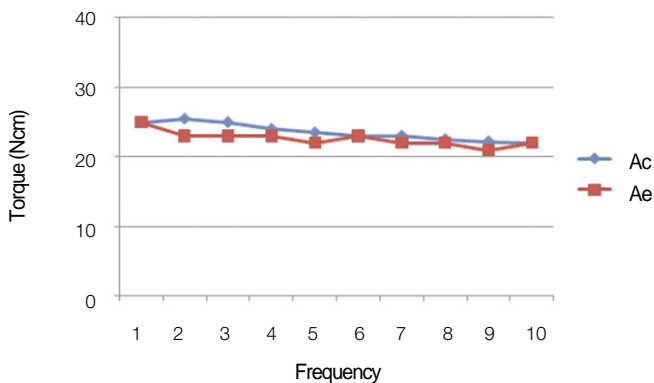
임플란트 지대주 나사의 풀림 현상은 단독 혹은 다수 치아 임플란트 수복시 빈번하게 나타나는 합병증 중 하나이다. 이러한 나사 풀림을 방지하기 위하여 나사의 재료, 나사의 길이, 나사산과 골의 모양, 위치 및 표면 등의 형태를 변형하기도 하고 나사 표면 거칠기 등의 미세 구조에 변화를 주는 시도가 있어 왔다.¹³

Table 2. Test samples with the initial torque, pre-loading removal torque of each groups

Group	Initial torque value (Ncm)	Pre-loading reverse torque value (Ncm) mean \pm SD (Ncm)	Independent t-test P value
Oc	30	24.9 \pm 0.58	.878
Oe	30	26.2 \pm 0.58	
Ac	30	22.4 \pm 1.01	.069
Ae	30	23.5 \pm 1.01	
Zc	25	23.5 \pm 1.81	.485
Ze	25	25.2 \pm 1.81	

**Fig. 6.** Removal torque of Osstem implant.

Oc: Osstem control group, Oe: Osstem experiment group.

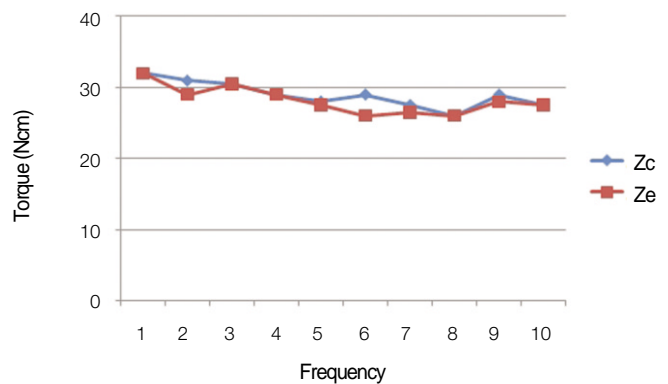
**Fig. 7.** Removal torque of Astra implant.

Ac: Astra control group, Ae: Astra experiment group.

최근에 맞춤형 지대주의 보급 및 확산으로 맞춤형 지대주의 효용성에 대한 연구가 많이 되어왔다. 맞춤형 지대주는 이상적인 크기의 맞춤형 지대주를 제작하여 상부 보철물에 들어가는 재료의 양을 줄이고 전장 도재의 두께를 일정하게 디자인할 수 있게 하여 도재 파절의 가능성을 최소화시킬 수 있는 장점이 있다.¹⁴ Zembic 등¹²에 의하면 18명 환자에게 18개 맞춤형

Table 3. Test samples with the initial torque, post-loading removal torque of each groups

Group	Initial torque value (Ncm)	Pre-loading reverse torque value (Ncm) mean \pm SD (Ncm)	Independent t-test P value
Oc	30	13.8 \pm 0.58	.489
Oe	30	13.0 \pm 0.58	
Ac	30	17.8 \pm 1.01	.479
Ae	30	20.2 \pm 1.01	
Zc	25	19.1 \pm 1.81	.192
Ze	25	25.2 \pm 1.81	

**Fig. 8.** Removal torque of Zimmer implant.

Zc: Zimmer control group, Ze: Zimmer experiment group.

zirconia abutment, 10개의 맞춤형 titanium abutment를 장착 후 3년간 관찰한 결과 100% 성공률을 보였다고 보고하였다. 임상에서 나사 또한 맞춤형으로 제작되어 사용되는 경우가 있다. 이러한 맞춤형 나사에 대한 비교연구는 되어 있지 않은 상태였다.

1차로 반복측정 실험에서는 1회부터 10회까지 반복 측정하였을 때 풀림 토크값이 감소되는 양상을 보였다. Haack 등¹¹에 의하면 티타늄 재료의 지대주 나사는 잠금 및 풀림 횟수가 증가할수록 풀림 토크가 감소한다고 보고하였다. 그러나 금 재료의 지대주 나사는 잠금 및 풀림 횟수가 증가해도 풀림 토크에는 유의한 차이가 없다고 하였다. 또한, Lee 등¹⁵에 의하면 티타늄 지대주 나사의 20회 정도의 조임과 풀림 반복 시 그 횟수가 증가함에 따라 풀림 토크가 유의성 있게 다소 감소했다고 하였다. 본 연구에서는 티타늄 재료의 지대주 나사를 사용하였으며 이는 기존의 연구와 같은 결과이다. 이 실험에서는 모든 군의 지대주 나사에 조임 회전력을 가하고 10분 후 동일 조임 회전력을 한번 더 적용하였으며, 5분 경과 시간을 두고 풀림 토크 값을 얻었다. Siamos 등¹⁶에 의하면 임플란트 지대주 나사를 조인 후 10분 후 다시 retightening을 제안했다. 이는 정착 효과에 의한 초기 전하중 상실을 보상하기 위함이다.

2차 실험에서는 반복하중을 1,000,000번 가한 후 측정하였는

데 이는 임상적으로 약 4년에 해당하는 저작횟수이다.^{17,18} 모든 군에서 반복 하중 후에 풀림 토크력은 초기 체결된 조임 회전력에 비해 상당히 감소되는 경향이 있었다. 하중을 준 이후에 풀림 토크값의 감소는 정착효과에 의한 것으로 사료된다. 지대주 나사와 임플란트의 계면에 외력이 작용하게 되면 미세 움직임이 발생하게 된다. 이러한 미세 움직임으로 인하여 지대주 나사 표면의 rough spot이 편평해지면서 두 계면이 더 가까워지는 것이 정착효과이다. Shigley와 Mischke¹⁹는 초기 전하중의 10% 정도가 이러한 정착 효과 과정에서 상실된다고 보고하였다. 이로 인하여 반복적인 조임과 풀림을 시행할수록 나사산의 마찰이 감소하게 된다. 기성품과 맞춤형 나사에서 반복 하중후의 풀림 토크력의 감소는 유의한 차이가 없었다($P>.05$).

시편 수가 많지 않았다는 단점이 있긴 하지만 맞춤형나사와 기성품나사의 풀림 토크력은 유의한 차이가 없었다. 추가연구로는 맞춤형 나사를 이용한 임상평가가 필요할 것이다.

결론

반복 횟수 증가에 따라 모든 군에서 풀림 토크력은 유의하게 감소하였다. 반복 횟수 증가에 따른 기성품 나사와 맞춤형 나사의 풀림 토크력 차이는 없었다. 반복 측정된 풀림력 검사와 반복 하중을 적용 후 풀림력 검사에서 맞춤형 나사와 기성품 나사의 풀림력은 유의한 차이가 없었다.

참고문헌

- Eckert ES. Text book of Oral & Maxillofacial Implantology. 2nd ed. Korea, Daehan Narae Publishing Inc, 2006, p. 304.
- McGlumphy EA, Mendel DA, Holloway JA. Implant screw mechanics. Dent Clin North Am 1998;42:71-89.
- Carlson B, Carlsson GE. Prosthodontic complications in osseointegrated dental implant treatment. Int J Oral Maxillofac Implants 1994;9:90-4.
- Jemt T. Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Bränemark implants in edentulous jaws: a study of treatment from the time of prosthesis placement to the first annual checkup. Int J Oral Maxillofac Implants. 1991;6:270-6.
- Jung RE, Pjetursson BE, Glauser R, Zembic A, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. Clin Oral Implants Res 2008;19:119-30.
- Laney WR, Jemt T, Harris D, Henry PJ, Krogh PH, Polizzi G, Zarb GA, Herrmann I. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: progress report from a multicenter prospective study after 3 years. Int J Oral Maxillofac Implants 1994;9:49-54.
- Henry PJ, Laney WR, Jemt T, Harris D, Krogh PH, Polizzi G, Zarb GA, Herrmann I. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: a prospective 5-year multicenter study. Int J Oral Maxillofac Implants 1996;11:450-5.
- Priest G. Single-tooth implants and their role in preserving remaining teeth: a 10-year survival study. Int J Oral Maxillofac Implants 1999;14:181-8.
- Bickford JH. An introduction to the design and behavior of bolted joint Marcel Dekker. New York, Raven Press; 1995, p. 894.
- Im SM, Kim DG, Park CJ, Cha MS, Cho LR. Biomechanical considerations for the screw of implant prosthesis: A literature review. J Korean Acad Prosthodont 2010;48:61-8.
- 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.
- Zembic A, Sailer I, Jung RE, Hammerle CH. Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. Clin Oral Implants Res 2009;20:802-8.
- 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;44:432-42.
- Hong YS, Park EJ, Kim SJ, Kim MR, Heo SJ, Park JM. Customized abutment and screw-type implant prostheses after cementation based on the digital intra-oral impression technique. J Korean Acad Prosthodont 2012;50:67-73.
- Lee TS, Han JS, Yang JH, Lee JB, Kim SH. An influence of abutment materials on a screw-loosening after cyclic loading. J Korean Acad Prosthodont 2007;45:240-49.
- Siamos G, Winkler S, Boberick KG. Relationship between implant preload and screw loosening on implant-supported prostheses. J Oral Implantol 2002;28:67-73.
- Graf H. Bruxism. Dent Clin North Am 1969;13:659-65.
- Gibbs CH, Mahan PE, Mauderli A, Lundeen HC, Walsh EK. Limits of human bite strength. J Prosthet Dent 1986;56:226-9.
- Shigley JE, Mischke CR. Standard Handbook of Machine Designs. New York: McGraw-Hill; 1986, p. 369.

Comparison of removal torque between prefabricated and customized abutment screw

Otgonbold Jamiyandorj, DDS, MSD, Jee-Hwan Kim, DDS, PhD, Mu-Seong Kim, DDS,
Young-Bum Park, DDS, PhD, June-Sung Shim*, DDS, PhD

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this study is to compare the removal torque between prefabricated and customized implant abutment screw. **Materials and methods:** Three types of implant system (Osstem, Astra, Zimmer) were used. For each system, prefabricated abutment screw (control group) and customized abutment screw (test group) were used to connect the fixture and the abutment ($n = 6$). Digital torque gauge was used to control the tightening torque and the screws were tightened under each manufacturer's recommendation. 10 minutes after the connection the same tightening torque was applied, and 5 minutes after the second connection, the removal torque was measured. This procedure was repeated 10 times. In the cyclic loading test, 10 minutes after the first connection to the 6 groups ($n = 3$), the same tightening torque was applied, and a total of 1,000,000 time loading was applied at 30 degree angle to long axis with 50 N load. Repeated measures of ANOVA test ($\alpha = .05$) was used as statistics to evaluate the effect of repeated loading number on the removal torque. Independent t-test was used to evaluate the difference in removal torque after cyclic loading. **Results:** The removal torque significantly decreased as the number of loading repetition increased ($P < .05$). In the 10 time repetition test, there was no significant difference between the prefabricated and customized implant abutment screw of the 3 implant system ($P < .05$). Also in the cyclic loading test, there was no significant difference between the prefabricated and customized implant abutment screw of the 3 implant system ($P < .05$). **Conclusion:** Within the limitation of this study, there was no significant difference in the removal torque between the prefabricated abutment screw and customized abutment screws. (*J Korean Acad Prosthodont 2012;50:243-8*)

Key words: Customized abutment screw; Prefabricated abutment screw; Removal torque; Dental implant; Screw loosening

*Corresponding Author: June-Sung Shim

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752, Korea

+82 2 2228 3157; e-mail, jfshim@yuhs.ac

Article history

Received June 19, 2012 / Last Revision July 2, 2012 / Accepted August 28, 2012