

외부육각형 임플란트에서 반복하중이 지대주의 재질 및 수화조건에 따라 나사풀림에 미치는 영향

이미연, 김대준¹, 여인성, 한중석
서울대학교 치의학대학원, 세종대학교 신소재공학과¹

Influence of abutment material and wet environment on screw loosening after fatigue loads

Mi-Yeon Lee, Dae Joon Kim¹, In-Seong Yeo, Jung-Suk Han

School of Dentistry, Seoul National University

Department of Advanced Materials Engineering, Sejong University¹

Abstract

Tooth colored abutment is a demand of patients and clinicians in implant dentistry recently. With the introduction of zirconia implant abutment can be one of the solutions for this purpose. Even though zirconia has high flexural strength and fracture toughness, its long-term clinical performance is scarce in the literature. The purpose of this in vitro study was to evaluate the effect fatigue loads on screw loosening and fracture strength of titanium and alumina toughened zirconia abutment under dry and wet condition.

Specimens were divided into three groups. Five titanium and ten alumina toughened zirconia abutments were tightened with titanium abutment screws with a torque force of 30Ncm initially. Five titanium and alumina toughened zirconia abutments were received 1,000,000 fatigue loads with a magnitude of 300N at an angle of 30 degree under the dry condition. The frequency of load was 14Hz. Another 5 alumina toughened zirconia abutment were loaded under 100% humid condition. After fatigue loads, the detorque value was recorded for all 15 abutments to calculate the effect of fatigue load and water. Finally to compare the effects of low temperature degradation affected by loads and water, Fracture strength of alumina toughened zirconia abutment was measured and compared. Statistical analysis was performed at the significance level of <0.05. Screw loosening of titanium and alumina toughened zirconia abutment under dry condition were 10.2 ± 1.6 Ncm and 9.5 ± 1.8 Ncm respectively. Screw loosening of alumina toughened zirconia abutment under wet condition was 9.3 ± 1.5 Ncm. There was no significance difference statistically among three groups in screw loosening. The fracture strength of alumina toughened zirconia abutment under dry and wet condition were 666.4 ± 68.5 N and 704.6 ± 107.7 N respectively. There was no significant difference between alumina toughened abutment after applying fatigue loads under dry and wet conditions.

The alumina toughened zirconia abutments were stable after fatigue loads under wet condition and showed comparable screw loosening value those of titanium and alumina toughened zirconia abutments under dry condition.

Key word: Alumina toughened zirconia, implant abutment, fatigue test, fracture strength, screw loosening

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(2011-0024170 & 2007-10977-0).

교신저자: 한중석 DDS, PhD, 서울시 종로구 연건동 대학로 101, 서울대학교 치의학대학원 보철학교실, e-mail: proshan@snu.ac.kr

I. 서론

치과용 임플란트가 소개된 이래로 임플란트에 의해 지지 및 유지되는 보철치료는 현재 상실된 치아의 기능성, 심미성을 예측가능하게 회복할 수 있는 치료술식의 하나가 되었다. 그러나 장기간 임상연구 결과, 임플란트 보철 치료의 실패는 임플란트 실패, 초기 치조정골 상실, 과도한 교합에 의한 골소실, screw loosening, 임플란트 체부나 구성요소의 파절, 보철물의 파절 등이 보고되었다¹. 그 중 나사풀림 현상은 가장 빈번한 문제의 하나이며 이러한 문제를 피하기 위한 많은 방법들이 연구되어 왔다.

특히 최근에 심미적 요구가 증가함에 따라, 치경부에 금속색이 노출되거나 비치게 하는 티타늄 지대주 대신 지르코니아 지대주가 대체물로 사용되기 시작했다². 지르코니아 지대주는 기계적 특성이 전치부 단일치아 수복에 사용하기에 충분하여 티타늄 지대주를 대신하여 심미적인 재료로 사용할 수 있다. 파절강도는 티타늄 지대주보다 약하지만, 전치부에 사용되기에는 충분한 파절 저항을 가진다고 평가된다²³. 또한, 임상추적 연구에서 경조직, 연조직 반응을 살펴본 결과, 생체적합성도 뛰어난을 알 수 있다⁴⁵. 그러나 임상적으로 장기간 사용시 구강내 안정성에 대한 연구가 부족하여 지르코니아 지대주를 이용한 보철 치료의 예후를 예측하기가 어렵다. 지르코니아 지대주를 사용한 임플란트 보철치료의 안정성을 위해서는 재료의 파절이나 나사풀림 같은 기계적인 평가가 필수적이다. 임플란트 보철치료 후 수화상태에서 발생하는 반복적인 저작력이 중요하게 영향을 미치므로 구강내 상태를 재현할 수 있는 fatigue test가 유효하다.

이전 연구를 살펴보면, 지르코니아 지대주를 사용한 임플란트 시스템에 구강내 저작 운동에 해당하는 주기적인 하중을 가하고 하중을 가하기 전과 후에 나사의 풀림정도 (detorquing value)를 비교했을 때, 유의한 감소가 거의 없었고 Screw loosening도 일어나지 않는다는 연구결과가 있다⁶. 그러나, 티타늄 지대주에서 external hexagon system에서 주기적 하중이 나사의 풀림을 일으킬 수 있다는 연구 결과⁷ 및 금속 지대주의 경우에서 임플란트/지대주 복합체의 조합에 따라 교합력에 견디는 힘이 다르게 나타난다는 보고⁸ 및 지대주와 임플란트의 결합형태에 따라 같은 힘으로 조였을 때 preload가 다르게 나타나며 주기적 하중 후 풀림에 대한 영향도 다르다는 연구 결과도 있다⁹. 따라서 지르코니아 도재 지대주의 경우에도 임플란트/지대주 연결부위의

형태에 따라 주기적인 하중이 반복적으로 가해질 때 screw loosening에 미치는 영향이 달라질 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 이러한 이전의 연구결과를 바탕으로 반복적인 하중이 지대주의 재료에 따른 나사풀림 발생과 파절강도 저하에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

임플란트는 외부육각 구조를 가지는 총 15개의 티타늄 임플란트(Osstem, Seoul, Korea)에 티타늄 지대주 및 알루미늄 강화형 지르코니아 지대주(Acucera, Pocheon, Korea)를 티타늄 지대주 나사로 각 군당 5개씩 digital torque gauge(MGT 12, Mark-10, USA)를 이용하여 30Ncm의 체결력으로 연결하고 실온의 건조상태에서 피로시험을 진행하였다. 또한 구강내의 습윤조건을 재현하기 위해 추가로 5개의 알루미늄 강화형 지르코니아 지대주를 연결하고 수화상태에서 반복하중을 가한 후 나사 풀림력 및 파절저항 비교하였다.

나. 실험방법

1. 피로시험

실험 디자인은 국제 규격 ISO/WD 14801 Fatigue test for endosseous dental implants에 따랐다. 하중이 치축에 30도로 가해지도록 설계된 전용 jig를 이용하여 최소 20N에서 최대 320N의 힘을 초당 12Hz 씩 1,000,000번 cycling load를 Instron 8871을 이용하여 가했다. 하중을 가하기 전의 나사 조임력과 반복하중을 가한 후의 나사 풀림력과의 차이를 구하여 나사풀림 정도를 평가하였다. 각 군의 풀림력은 Kruskal-Wallis test를 이용하여 유의성을 검토하였다. ($p < 0.05$)

2. 파절저항시험

알루미늄 강화형 지르코니아 지대주를 각각 30 Ncm(digital torque controller)로 조인 후 건조상태와 수화상태에서 1,000,000번 cycling load를 가한 후 두 군사이의 파절강도를

Mann-Whitney U test를 사용하여 비교하였다 ($p < 0.05$).

III. 결과

피로시험 결과, 티타늄 지대주 군의 나사풀림은 평균 10.2 ± 1.6 Ncm, 건조상태에서 알루미늄 강화형 지르코니아 지대주 나사풀림은 9.5 ± 1.8 Ncm 였으며 수화상태의 알루미늄 강화형 지르코니아 지대주는 평균 9.3 ± 1.5 Ncm의 나사풀림을 보였다. 3군의 나사풀림정도는 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p = 0.87$).

반복하중 후의 알루미늄 강화형 지르코니아 지대주의 파절강도는 건조 및 수화상태에서 각기 666.4 ± 68.5 N 및

704.6 ± 107.7 N으로 건조 상태에서 반복하중 후 알루미늄 강화형 지르코니아 지대주의 파절강도가 수화 상태에서 알루미늄 강화형 지르코니아 지대주 파절강도인 평균 704.64 N 보다 작게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p = 0.84$).

IV. 결론 및 토의

본 연구에서는 지대주 재료에 따른 나사풀림의 차이가 없는 것으로 나타났다. 나사를 조일 때 preload(clamping force)는 나사선 수(pitch of thread), 나사 조임력(placement torque)과 제거력(removal torque)으로 계산할 수 있고, gold screw 와 titanium screw를 사용한 실험에서 지대주 나사의 재질

group		조임힘 (Ncm)	풀림힘 (Ncm)	나사풀림 (Ncm)	파절강도 (N)
Ti	1	30.5	22.2	8.3	-
	2	30.4	20.4	10.0	-
	3	30.4	21.1	9.3	-
	4	30.1	17.6	12.5	-
	5	30.4	19.6	10.8	-
	평균	30.4	20.2	10.2	-
	표준편차	0.2	1.7	1.6	-
Zr1*	1	30.1	19.0	11.1	766.1
	2	30.2	20.9	9.3	616.0
	3	30	21.4	8.6	599.0
	4	30.2	18.8	11.4	703.6
	5	30.2	23.0	7.2	647.5
	평균	30.1	20.6	9.5	666.4
	표준편차	0.1	1.8	1.8	68.5
Zr2**	1	30.4	20.0	10.4	849.8
	2	30.2	20.4	9.8	600.6
	3	30.4	19.6	10.8	594.5
	4	30.0	21.3	8.7	737.3
	5	30.0	23.0	7.0	741.0
	평균	30.2	20.9	9.3	704.6
	표준편차	0.2	1.4	1.5	107.7

표 1. 지대주 재료의 종류에 따른 하중후 나사풀림 및 파절강도

* 알루미늄 강화형 지르코니아 지대주: 건조상태

**알루미늄 강화형 지르코니아 지대주: 수화상태

에 따라서 preload는 다르게 나타날 수 있다¹⁰. 그러나 동일한 나사를 사용한 실험에서 나사의 조임력과 풀림력이 통계적으로 유의한 차이가 없으므로 재질과 관계없이 비슷한 preload가 가해졌다고 볼 수 있다. 또한 수화 상태 및 건조상태에서 반복하중을 가했을 경우도 나사풀림력에 차이가 없는 것으로 보아 30Ncm의 초기고정력이 충분함을 시사한다. 만약 초기 고정력이 더 높다면 풀림력도 높아질 것으로 예상된다.

구강내 환경에서 세라믹의 파절강도는 세라믹 표면이나 내부의 구조적 결함 또는 수화상태에서 유의하게 감소한다. 그러나 본 연구에서 건조상태와 수화상태에서 피로시험 후 시행한 파절강도 실험에서 두 그룹 간 유의한 차이를 나타내지 않았다. 이는 기존의 3Y-TZP 보다 알루미늄 강화형 지르코니아가 더 높은 인성 및 상안정성을 가진다는 기존의 보고와 일치한다^{11,12}. 또한 표면 삭제 및 반복하중 후에 3Y-TZP는 파절강도의 저하를 보여 알루미늄 강화형 지르코니아의 파절강도의 약 1/2 정도가 되므로¹¹ 알루미늄 강화형 지대주가 기존의 3Y-TZP 지대주보다 구강내에서 더 안정성이 있을 것으로 예상된다. 따라서 장기간의 임상적 안정성을 위하여 임플란트 몸체나 지대주의 재료로서 알루미늄 강화형 지르코니아가 권장된다.

VI. 참고문헌

1. Lekholm U, Gunne J, Henry P, et al. Survival of the Branemark implant in partially edentulous jaws: A 10-year prospective multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:639-645.
2. Nakamura K, Kanno T, Milleding P, Ortengren U. Zirconia as a dental implant abutment material: A systematic review. *Int J Prosthodont* 2010;23:299-309.
3. Att W, Kurun, Gerds T, Strub JR. Fracture resistance of single-tooth implant-supported all-ceramic restoration: An in vitro study. *J Prosthet Dent* 2006;95:111-6
4. Glauser R, Sailer I, Wohlwend A, Studer S, Schibli M, Scharer P. Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 2004;17:285-290.
5. Bae K, Han JS, Seol YJ, Butz F, Caton J, Rhyu IC. The biologic stability of alumina-zirconia implant abutments after 1 year of clinical service: a digital subtraction radiographic evaluation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:137-143.
6. Gehrke P, Dhom G. Zirconium implant abutments: Fracture strength and influence of cyclic loading on retaining-screw loosening. *Quintessence Int* 2006;37;19-26
7. Khraisat A, Hashimoto A, Nomura S and Miyakawa O. Effects of lateral cyclic loading on abutment screw loosening of an external hexagon implant system. *J Prosthet Dent* 2004; 91(4): 326-34
8. Strub JR, Gerds T. Fracture strength and failure mode of five different single-tooth implant combinations. *Int J Prosthodont* 2003;16:167-171
9. Kitagawa T, Tanimoto Y, Odaki M, Nemoto K, Aida M. Influence of implant/abutment joint designs on abutment screw loosening in a dental implant system. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 75B: 457-463, 2005
10. McGlumphy EA, Mendel DA, Holloway JA. Implant screw mechanics. *Dent Clin North Am* 1998;42:71-89.
11. Kohal R, wolkewitz M, Mueller C. Alumina-reinforced zirconia implants: survival rate and fracture strength in a masticatory simulation trial. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:1345-1352.
12. Kim DJ, Lee MH, Lee DY, Han JS. Mechanical properties, phase stability and biocompatibility of (Y,Nb)-TZP/Al₂O₃ composite abutment for dental implant, *J Biomed Mater Res* 2000;53:438-443.