

나사 접근 구멍 각도가 조절 가능한 새로운 경사형 지대주의 파절강도 및 나사 풀림력 연구

Evaluation of Fracture Strength and Screw Loosening of a New Angled Abutment with Angulated Screw Channel

최재원*

Jae-Won Choi*

〈Abstract〉

The purpose of this study was to evaluate the fracture strength and removal torque value (RTV) of a conventional angled abutment and a newly developed angled abutment (Beauty up abutment) with an angulated screw access hole. Each abutment was divided into a control group and an experimental group (n = 20, respectively). To measure the fracture strength, the abutment was connected to the internal hex implant with 30 Ncm torque, and a load was applied at 30 degree angle with cross-head speed of 1 mm/min using a universal testing machine according to the ISO 14801:2016 standard. To measure RTV, each abutment was fastened to the implant with 30 Ncm torque. Retightening was performed after 10 minutes, and initial RTV was measured with a digital torque gauge. After retightening, a load of 250 N was applied to the abutment at a 30 degree angle using a chewing simulator. After a total of 100,000 repeated loads, RTV was measured. Statistical analysis was performed using Wilcoxon signed rank test and Mann-Whitney U test ($\alpha = .05$). The fracture strength of the experimental group was statistically significantly lower than that of the control group (P = .009). There was no significant difference between initial RTV and post-loading RTV between the experimental group and the control group (P = .753, P = .527, respectively), and cyclic loading did not significantly affect RTV in both groups (P = .078).

Keywords : Angled Abutment, Cyclic Loading, Fracture Strength, Removal Torque Value, Screw Loosening

* 정희원, 교신저자, 부산가톨릭대학교 치기공학과, 조교수
E-mail: jwchoi@cup.ac.kr

* Assistant Professor, Dept. of Dental Laboratory Science,
College of Health Science, Catholic University of Pusan

1. 서론

임플란트 식립 위치는 임플란트 지지 보철물의 심미성을 결정하는데 중요한 요소이다[1]. 적절한 위치의 임플란트는 인접치와 서로 평행하고 교합 압이 수직으로 가해지도록 위치해야 한다[2]. 그러나 치조골의 흡수가 심한 상악 전치부의 경우, 임플란트가 식립될 공간과 심미성을 위해 원래의 보철물의 장축보다 더 경사된 각도로 식립해야 할 필요가 있고 이러한 장축 간 불일치로 인하여 심미적인 보철물 제작이 어려울 수 있다[2,3].

이러한 경우 치조골 증대술을 시행하여 이상적인 임플란트 식립 각도를 허용하거나 경사형 지대주를 사용할 필요가 있다[3]. 경사형 지대주는 직선형 지대주에 비해 보철 수복 절차가 제한적이지 않아 보다 큰 직경과 길이의 임플란트를 식립할 수 있고, 골유도재생술이 필요치 않으며, 시술 절차가 간편하여 치료 시간과 비용을 절감할 수 있다[4].

경사형 지대주와 보철물을 연결하는 방식에 따라 나사 유지형과 시멘트 유지형을 고려할 수 있다[1]. 나사 유지형은 유지관리 시 착탈이 용이하다는 장점이 있지만, 나사 접근 구멍으로 인한 심미적인 문제가 발생할 수 있다[5]. 시멘트 유지형은 나사 접근 구멍이 필요치 않아 순측으로 경사진 상악 전치부 임플란트에 유리하지만[6], 잔류 시멘트로 인한 생물학적 합병증의 위험과 더불어 탈부착이 어렵다는 단점이 있다[7].

최근에 개발된 Beauty up 지대주는 나사 접근 구멍의 각도를 임플란트의 각도에서 벗어나도록 위치시킬 수 있어 나사 접근 구멍이 순측으로 향하더라도 심미성을 유지하면서 나사 유지형 보철물을 제작할 수 있다는 장점이 있다. Beauty up 지대주는 임플란트 장축으로부터 최대 25° 까지 나사 접근 구멍을 허용할 수 있으며, 특수한 고정 나사는 1.8 mm의 육각 구면을 가진 드라이버로

축을 벗어난 상태에서도 최종 보철물에 필요한 토크를 제공할 수 있다.

한편 지대주의 파절강도가 임플란트에 가해지는 최대 교합력보다 클 때 임상적으로 적용이 가능하다[3]. 여러 연구에서 전치부의 평균 교합력은 약 206 N이고 생리학적 최대교합력은 안면 형태와 연령에 따라 최대 290 N까지 다양할 수 있다고 보고하였다[8,9]. 또한, 성공적인 임플란트 치료는 고정체 (fixture)와 지대주 간의 기계적인 안정성과 큰 관련이 있다[10]. 하지만 이 안정성을 저해하는 주된 문제 중 하나가 나사 풀림 현상이다 [11,12]. 이러한 나사 풀림은 고정체와 지대주 계면에 불안정을 초래하여 환자는 연조직과 보철물 사이에서의 통증 및 부종과 누공 발생으로 불편함을 느낄 수 있고[13,14], 보철물을 다시 조이는 과정은 술자나 환자 모두에게 시간적, 경제적으로 부담이 될 수 있다[15]. 한편, 나사가 외부 하중에 노출되었을 때 계면에서의 미세한 움직임은 나사 풀림의 원인이 될 수 있다[16].

따라서 본 연구에서는 기성 경사형 지대주와 최근에 개발된 Beauty up 지대주의 파절강도와 초기 풀림 토크 및 100,000회 반복하중 후 풀림 토크를 비교하여 임플란트-지대주의 안정성 및 실제 임상에서의 실용 가능성을 평가해보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 기성 경사형 지대주 (Angulated abutment, Cowellmedi, Busan, Korea)와 나사 접근 구멍 각도가 조절 가능한 새로운 경사형 지대주 (Beauty up abutment, Cowellmedi, Busan, Korea)를 사용하였다. 각 지대주를 대조 (Control) 군과 실험 (Experimental) 군으로 명명하였으며, 각 군당 20개씩 총 40개의 지대주를 사용하였다 (Fig. 1, 2).

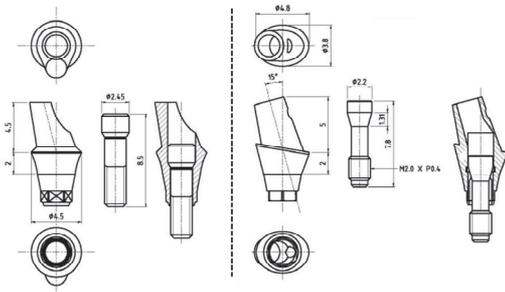


Fig. 1 Schematic drawing of tested abutment (Left) Control and (Right) Experimental group



Fig. 2 Sectional view of experimental group (Beauty up abutment)

20 × 20 × 30 mm의 실리콘 몰드에 내부육각 연결형 임플란트 (INNO submerged implant, Cowellmedi, Busan, Korea)의 상부가 3 mm 노출 되도록 투명 레진 (Orthodontic resin, Dentsply, York, PA, USA)에 포매하였다 (n = 20). 각 지대주를 제조사가 권장하는 30 Ncm의 토크로 임플란트에 체결하고 10분 후 동일한 조임 토크를 다시 적용하였다[17].

파절강도를 측정하기 위해 ISO 14801:2016 기준을 참고하여 맞춤 지그에 임플란트를 고정하였다. 이때 반구 형태의 의치 대체물을 지대주에 연결하고 하중이 임플란트 장축에 대해 30°의 각도로 가해지도록 하였다. 만능시험기 (Model 3345, Instron, Norwood, MA, USA)를 이용하여 1 mm/min의 cross-head speed로 파절될 때까지

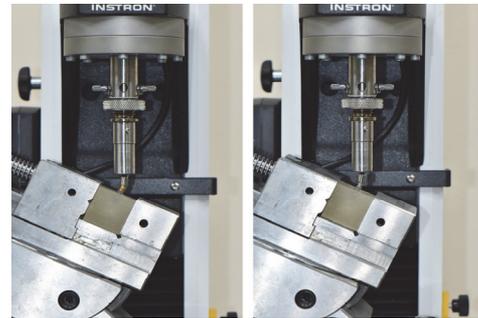


Fig. 3 The set-up for fracture load test following ISO 14801 (Left) Control and (Right) Experimental group

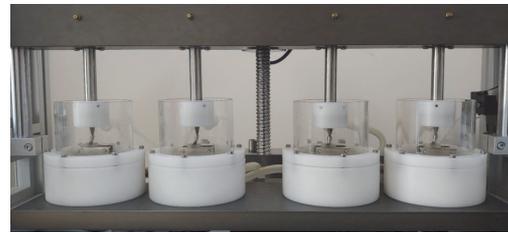


Fig. 4 The set-up for cyclic loading with chewing simulator

지 힘을 가하고 파절강도를 측정하였다 (Fig. 3).

15 × 15 × 13 mm의 실리콘 몰드에 내부육각 연결형 임플란트가 장축 방향에서 30°의 각도로 하중을 받을 수 있도록 고정시킨 후, 투명 레진에 포매하였다 (n = 20). 각 지대주를 제조사가 권장하는 30 Ncm의 조임 회전력으로 체결하고, 10분 후 재조임을 시행하였다. 다시 10분 후에 디지털 토크 게이지 (MTT03-50, Mark-10 Co., Copiague, NY, USA)를 이용하여 초기 풀림 토크를 측정하였다. 2차 조임 토크를 가한 후, 임플란트를 chewing simulator (Dual-Axis Chewing Simulator TW-C4.4, Tae-won Tech, Incheon, Korea)에 고정하고 반구 형태의 의치 대체물을 연결한 지대주 중심에 250 N의 힘으로 100,000회 반복 하중을 가하였다 (Fig. 4)[18,19]. 디지털 토

크 게이지로 반복하중 후 풀림 토크를 측정하였다.

통계분석에는 통계분석 프로그램 (SPSS ver. 28, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며, Shapiro-Wilk test와 Levene test로 정규성 검정과 등분산성 검정을 시행하였다. 데이터들이 정규분포를 따르지 않아 초기 풀림 토크와 반복하중 후 풀림 토크 간 군내 비교는 Wilcoxon signed rank test를 시행하였으며, 초기 풀림 토크 및 반복하중 후 풀림 토크의 군간 비교는 Mann-Whitney U test를 실시하였다. 통계적 유의 수준은 0.05로 지정하였다.

3. 결과 및 고찰

실험 후 파절강도의 평균과 표준편차는 Table 1 과 Fig. 5에 나타내었다.

그 결과, 대조군 (2508.05 ± 250.54 Ncm)은 실험군 (1287.35 ± 259.66 Ncm)보다 유의하게 높은 파절강도 값을 보였다 ($P = .009$). 이는 대조군의 weak point 두께 (0.5 mm)가 실험군

(0.15 mm)보다 상대적으로 크기 때문인 것으로 사료된다.

각 군의 초기 풀림 토크값과 반복하중 후 풀림 토크값의 평균과 표준편차는 Table 2와 Fig. 6와 같았다.

초기 풀림 토크값은 대조군에서 25.40 ± 2.72 Ncm, 실험군에서 24.90 ± 3.03 Ncm으로 두 군 모두 30 Ncm보다 감소한 초기 풀림 토크 값을

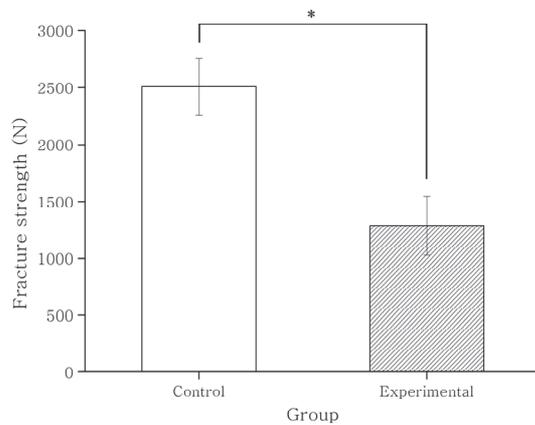


Fig. 5 Mean fracture strength value and standard deviation (N) for group * Significant at $P < .05$

Table 1. Mean \pm standard deviation (SD), and maximum and minimum values of fracture strength (N)

Group	Mean \pm SD	Maximum	Minimum	P value
Control	2508.05 ± 250.54	2909.27	2225.09	.009
Experimental	1287.35 ± 259.66	1724.91	1038.54	

P value is significant at 5%

Table 2. Initial removal torque value (RTV), post-loading RTV, and RTV Differences

Group	Torque (Ncm)	Initial RTV (Ncm)	Post-loading RTV (Ncm)	Difference in RTV (Ncm)	P ^a value
Control	30	25.40 ± 2.72	22.00 ± 1.70	3.40 ± 2.90	.078
Experimental	30	24.90 ± 3.03	23.30 ± 2.49	1.60 ± 1.78	.078
P ^b value		.753	.527		

P value is significant at 5%. P^a values are from a Wilcoxon signed rank test (Initial RTV vs Post-loading RTV). P^b values are from a Mann-Whitney U test

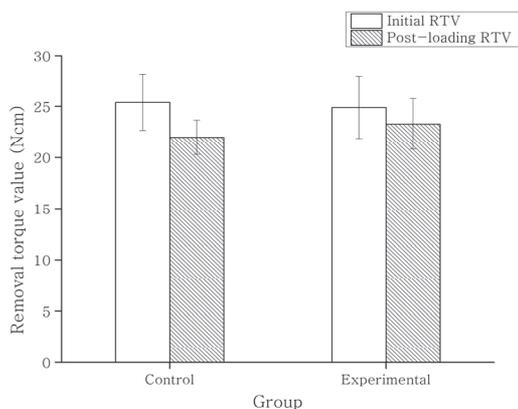


Fig. 6 Mean removal torque value and standard deviation (Ncm) of group before and after cyclic loading

보였다. 이는 나사를 조이는 과정에서 조임 토크의 일부가 마찰력으로 소모되기 때문인 것으로 보인다[18]. 선행 연구에서는 조임 토크의 약 90%가 마찰력을 저항하는데 사용되고, 10%만이 나사에 대한 잠금력에 영향을 주는 전하중 (preload)에 사용된다고 하였다[20]. 한편, 두 군 사이에는 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($P = .753$).

반복하중 후 풀림 토크값은 대조군에서 22.00 ± 1.70 Ncm, 실험군에서 23.30 ± 2.49 Ncm으로 초기 풀림 토크값에 비해 감소하였지만 두 군 모두에서 초기 풀림 토크값과 반복하중 후 풀림 토크값 사이의 통계적인 유의성은 없었다 ($P = .078$). 이는 반복하중이 나사와 임플란트 계면에서의 불규칙한 표면을 마모시킴으로써 발생하는 침하에 의한 전하중의 소실로 인한 것으로 보인다 [13,21]. 또한, 두 군 간의 반복하중 후 풀림 토크값을 비교해 본 결과 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P = .527$). 반복하중 후 풀림 토크값의 감소량에서는 대조군 (3.40 ± 2.90 Ncm)이 실험군 (1.60 ± 1.78 Ncm)에 비해 높은 값을 보였다.

4. 결론

본 연구에서는 기성 경사형 지대주와 최근에 개발된 Beauty up 지대주의 파절강도 및 임플란트-지대주의 안정성을 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

Beauty up 지대주의 파절강도는 기성 경사형 지대주에 비해 낮은 값을 보였으나, 전치부의 최대 교합력보다는 월등히 높은 값을 보였다.

Beauty up 지대주와 기성 경사형 지대주 간 초기 풀림 토크값과 반복하중 후 풀림 토크값은 유의한 차이가 없었으며, 두 지대주 모두에서 100,000회 반복하중은 풀림 토크값에 유의한 영향을 주지 않았다.

본 연구의 한계 내에서, Beauty up 지대주는 기성 경사형 지대주의 나사 접근 구멍으로 인한 심미적인 한계점을 보완하고 임상적으로 허용 가능한 수준의 파절강도와 풀림 토크값을 나타내었다.

참고문헌

- [1] Berroeta, E., Zabalegui, I., Donovan, T., Chee, W., Dynamic Abutment: A method of redirecting screw access for implant-supported restorations: Technical details and a clinical report, *J. Prosthet. Dent.*, 113:6 p.516-519, (2015).
- [2] Jr Cavallaro, J., Greenstein, G., Angled implant abutments: a practical application of available knowledge, *J. Am. Dent. Assoc.*, 142:2 p.150-158, (2011).
- [3] Kim, H. S., Cho, H. W., Effects of abutment angulation and type of connection on the fracture strength of zirconia abutments, *J. Korean. Acad. Prosthodont.*, 55:1 p.9-17, (2017).
- [4] Sethi, A., Kaus, T., Sochor, P., The use of angulated abutments in implant dentistry: five-year

- clinical results of an ongoing prospective study, *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants.*, 15:6 p.801-810, (2000).
- [5] Garcia-Gazau, S., Razzoog, M., Sierraalta, M., Saglik, B., Fabrication of a screw-retained restoration avoiding the facial access hole: a clinical report, *J. Prosthet. Dent.*, 114:5 p.621-624, (2015).
- [6] Wittneben, J. G., Joda, T., Weber, H. P., Brägger, U., Screw retained vs. cement retained implant-supported fixed dental prosthesis, *Periodontol 2000*, 73:1 p.141-151, (2017).
- [7] Gómez-Polo, M., Gómez-Polo, C., Celemín, A., Ortega, R., Interim restoration using dynamic abutments to re-treat a single-implant crown with a labial angulation: A clinical report, *J. Prosthet. Dent.*, 120:6 p.791-795, (2018).
- [8] Evans, C. D., Chen, S. T., Esthetic outcomes of immediate implant placements, *Clin. Oral. Implants. Res.*, 19:1 p.73-80, (2008).
- [9] Nothdurft, F. P., Doppler, K. E., Erdelt, K. J., Knauber, A. W., Pospiech, P. R., Influence of artificial aging on the load-bearing capability of straight or angulated zirconia abutments in implant/tooth-supported fixed partial dentures, *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants.*, 25:5 p.991-998, (2010).
- [10] Bianco, G., Raimondo, R. D., Luongo, G., Paoleschi, C., Piccoli, P., Piccoli, C., Rangert, B., Osseointegrated implant for single-tooth replacement: a retrospective multicenter study on routine use in private practice, *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.*, 2:3 p.152-158, (2000).
- [11] Mohammed, H. H., Lee, J. H., Bae, J. M., Cho, H. W., Effect of abutment screw length and cyclic loading on removal torque in external and internal hex implants, *J. Adv. Prosthodont.*, 8:1 p.62-69, (2016).
- [12] Song, J. B., Choi, I. K., Jung, H. K., Kwon, S. H., Kwon, S. G., Park, J. M., Kim, J. S., Jung, S. W., Choi, W. S., Characteristics of Abutment Screw Structure for Dental Implant, *KSIC*, 20:2 p.169-176, (2017).
- [13] Siadat, H., Pirmoazen, S., Beyabanaki, E., Alikhasi, M., Does Abutment Collar Length Affect Abutment Screw Loosening After Cyclic Loading?, *J. Oral. Implantol.*, 41 p.346-351, (2015).
- [14] Broggini, N., McManus, L. M., Hermann, J. S., Medina, R., Schenk, R. K., Buser, D., Cochran, D. L., Peri-implant inflammation defined by the implant-abutment interface, *J. Dent. Res.*, 85:5 p.473-478, (2006).
- [15] Taylor, T. D., Prosthodontic problems and limitations associated with osseointegration, *J. Prosthet. Dent.*, 79:1 p.74-78, (1998).
- [16] Jorge, J. R. P., Barao, V. A. R., Delben, J. A., Assuncao, W. G., The role of implant/abutment system on torque maintenance of retention screws and vertical misfit of implant-supported crowns before and after mechanical cycling, *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants.*, 28:2 p.415-422, (2013).
- [17] Bernardes, S. R., da Gloria Chiarello de Mattos, M., Hobkirk, J., Ribeiro, R. F., Loss of preload in screwed implant joints as a function of time and tightening/untightening sequences, *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants.*, 29:1 p.89-96, (2014).
- [18] Cho, W. R., Huh, Y. H., Park, C. J., Cho, L. R., Effect of cyclic loading and retightening on reverse torque value in external and internal implants, *J. Adv. Prosthodont.*, 7:4 p.288-293, (2015).
- [19] PAEPOEMSIN, T., REICHAERT, P. A., CHAIJAREENONT, P., STRIETZEL, F. P., KHONGKHUNTHIAN, P., Removal torque evaluation of three different abutment screws for single implant restorations after mechanical cyclic loading, *Oral. Implantol. (Rome)*, 9:4 p.213-221, (2016).
- [20] Binon, P. P., Implants and components: entering the new millennium, *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants.*, 15:1 p.76-94, (2000).
- [21] Lee, J. S., Lee, J. S., Effect of various abutment systems on the removal torque and the abutment settling in the conical connection implant systems, *J. Korean. Acad. Prosthodont.*, 50:2 p.92-98, (2012).