3본 나사 유지형 임플란트 보철물의 고정 방식에 따른 임플란트 고정체 치경부에 발생하는 변형을 비교분석

김상범 · 이두형 · 이청희*

경북대학교 치과대학 치과보철학교실

Analysis of implant strain value exerted using different screw tightening protocols in screw-retained 3-unit prostheses

Sang-Beom Kim, Du-Hyeong Lee, Cheong-Hee Lee*

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea

Purpose: The purpose of this study was to measure and compare the strain value exerted on the cervical area using different screw tightening protocols in implant-supported, screw-retained 3-unit prostheses. **Materials and methods:** Strain gauges were attached to four implants: two external and two internal. Thereafter, two study model were designed each type using acrylic resin. CAD-CAM was used to design hex and nonhex abutments for each group (EH, ENH, IH, and INH group) and Screw-cement-retained prostheses were also designed using a nonprecious base metal. Abutment was fixed with 10 Ncm torque, and the prosthesis was cemented. Screws were fixed with 30 Ncm torque using different three protocols. After 5 min, the strain gauge level was measured, and group analysis was performed ($\alpha=.05$). **Results:** External group showed significantly lower strain values than internal group and the EH group showed significantly lower strain values than the ENH group ($P<.05$). There was no difference in strain value based on the types of screw tightening protocols in same group ($P>.05$). The IH group exhibited significantly higher strain values than the INH group and the IH group showed a significant difference in strain values based on the types of screw tightening protocols used ($P<.05$). **Conclusion:** There was no significant effect on the external type in the implant-supported, screw-retained prostheses. However, strain values were high in the internal type, and the types of screw tightening protocol significantly affected these implants. (*J Korean Acad Prosthodont* 2020;58:321-7)

Keywords: Screw-cement-retained prostheses; Screw tightening protocols; Strain value

서론

임플란트는 부분적 또는 완전히 상실된 치열에서 구강 능력을 회복하는데 널리 사용되고 있다. 임플란트는 초기 안정성 및 2차 안정성 과정을 거쳐 치조골과 골유착 되어 기능하기 때문에 골유착을 유지하는 것이 중요하며, Wolff's law에 따르면 적절한 부하에서는 건강한 골의 재형성이 일어난다고 한다.¹ 하지만, 임플란트에 작용하는 유해한 힘은 임플란트를 지지하고 있는 골에 과도한 응력을 발생시키며, 이러한 응력은 임플란트 주위 골

흡수, 임플란트 소실, 임플란트 보철물의 탈락 등을 일으킬 수 있다.²⁻⁴ Albrektsson 등⁵은 임플란트 주위골 흡수가 골유착을 약화시켜 임플란트의 장기적인 예후에 영향을 주며, 이는 과도한 응력에 의해 발생할 수도 있다고 하였다. 따라서 임플란트 주위골에 발생하는 응력이 허용 가능한 범위 내로 있도록 임플란트를 계획하는 것이 중요하다.⁶

치조골에 식립된 임플란트 고정체에 제작된 보철물을 고정하는 방법에는 나사형 방법과 합착형 방법으로 나눌 수 있다. 합착형 방법은 제작하기 쉽고 교합면에 나사구멍이 생기지 않는 장

*Corresponding Author: Cheong-Hee Lee

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University,
2175, Dalgubeol-daero, Jung-gu, Daegu 41940, Republic of Korea
+82 (0)53 600 7651: e-mail, chlee@knu.ac.kr

Article history: Received August 19, 2020 / Last Revision October 5, 2020 / Accepted October 6, 2020

©2020 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

점이 있는 반면 잔류시멘트가 치은 하방에 남을 수 있고 보철물을 다시 제거하여 수리하기가 쉽지 않다는 단점이 있다. 이에 반하여 나사형 방법은 보철물을 정확하게 제작하여야 하고 교합면에 나사구멍이 있다는 단점이 있으나 제거하기가 쉬워서 사용하는 중에도 제거하여 여러 문제를 해결할 수 있는 장점이 있다.

이러한 나사형으로 보철물을 임플란트에 고정할 때, 임플란트에는 전하중이 발생하는데, 이는 상부구조물과 지대주사이의 부적절한 적합, 나사 조임, 재료의 특성 등에 의해 영향을 받는다.⁷ 부적절한 수동적 적합(passive fit)을 가지는 상부구조물을 임플란트에 체결할 경우, 유해한 응력이 발생하여 주위골에 영향을 미치게 된다. 2개 이상의 임플란트에 상부보철물을 동시에 연결하는 경우에 수동적 적합을 맞추기는 더 어려워 유해한 힘의 작용이 더 커진다.⁸ 부적절한 적합을 줄이기 위해 인상채득, double casting technique, CAD-CAM 등 다양한 방법 등이 제시되고 있다.⁹⁻¹¹

수동적 적합뿐만 아니라 나사 고정 방법도 응력 발생에 중요한 역할을 할 수 있다. 여러 개의 임플란트 고정체에 그에 상응하는 상부구조물을 연결하기 위해 지대주 나사를 고정할 때 지대주 나사를 고정하는 방법에 따라 부정확성이 최종 연결 나사에 함축되어 나타나게 될 것이다.¹² 그래서 중간 나사를 먼저 손으로 가볍게 고정하고, 그 다음 양 인접 나사를 가볍게 고정하는 순서로 모두 가볍게 고정한 다음, 다시 같은 순서로 손으로 강하게 고정한 다음, 똑같은 순서로 토크 렌치를 사용하여 최종적으로 고정하라고 추천한다.¹²

그러나 연결고정성 임플란트 보철물을 나사로 고정하는데 따라서 생기는 문제에 대한 연구는 많이 되어 있지 않은 상황이며, 특히 임플란트 보철물이 수동적 적합을 갖게 제작되었을 경우에도 나사를 고정하는 방법에 따라 생길 수 있는 문제에 대한 연구는 많이 없었다.

따라서 본 실험의 목적은 스트레인 게이지를 사용하여 외부연결방식과 내부연결방식에서 각각 제작된 3본 나사 유지형 임플란트 보철물을 3가지의 다른 나사 고정 방법으로 임플란트 고정체에 고정할 때 발생하는 변형율에 대하여 알아보는 것이다.

재료 및 방법

1. 실험모형의 제작

두 개의 외부연결형 임플란트(4.5 mm × 10.0 mm, Exfeel, Megagen, Daegu, Korea)와 두 개의 내부연결형 임플란트(4.5 mm × 11.5 mm, Anyone, Megagen, Daegu, Korea)의 나사산에 0.5 mm 두께로 아크릴릭 레진(Orthocryl, Dentaaurum, Ispringen, Germany)을 올린 후 스트레인 게이지를(KFR-02N-120-C1-11L3M3R, Kyowa, Tokyo, Japan) 4개씩을 플랫폼에서 1 mm 하방에 협측, 설측, 근심, 그리고 원심 방향으로 90°가 되도록 epoxy phenolic adhesive (M-Bond610/Micromasurement, VPG, Malvern, PA, USA)로 고정하였다 (Fig. 1). 하악 좌측 제

2소구치와 제2대구치를 지대주로 하는 임플란트 고정성 3본 모형이 되도록, 고정체의 중심간 20 mm 거리를 두고 임플란트 고정체를 위치시킨 아크릴릭 레진의 외부연결방식과 내부연결방식으로 두 개의 실험모형을 제작하였다 (Fig. 2).

2. 실험시편의 제작

실험모형에 통상적인 픽업 인상법을 적용하여 경석고(Fuji-rock EP, GC, Tokyo, Japan)로 복제 모형을 각각 만들었다. 각각의 모형에 CAD-CAM을 이용하여 임플란트 종류에 따라 hex,

Fig. 1. Preparation of implant fixture attached with 4 strain gauges. (A) External type, (B) Internal type.

Fig. 2. Preparation of strain gauge model with acrylic resin. 2 implants attached with 8 strain gauges were inserted.

non-hex 티타늄 지대주(Ti-6Al-4V ELI; ASTM grade 23)를 제 2소구치와 제 2대구치에 맞게 5개씩 제작하였다(EH군, ENH군, IH군& INH군). 해당되는 각각의 지대주를 모형에 장착한 후, CAD-CAM으로 3분 연결고정성 보철물 형태를 나사-시멘트 유지 보철 개념으로 왁스조각 하고, 비귀금속(4all, Ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein)으로 각 군당 5개씩 제작한 후 통상적인 방법으로 처리하였다. 복제모형에 각 군에 해당되는 지대주를 Electronic torque controller (ISD900, NSK, Tokyo, Japan)를 사용하여 10 Ncm으로 고정한 후, 보철물을 임플란트용 시멘트(Cem-implant, BJM LAB, Or Yehuda, Israel)를 이용하여 합착하였다 (Fig. 3). 제작된 실험시편을 다음과 같이 분류하였다 (Table 1).

Table 1. Specification of each group

Group	N	Specifications
EH	5	External hex & Hex abutment
ENH	5	External hex & Nonhex abutment
IH	5	Internal hex & Hex abutment
INH	5	Internal hex & Nonhex abutment

3. 변형을 측정

각각의 실험모형에 제작된 실험시편을 Electronic torque controller를 사용하여 다음의 나사고정 방법으로 연결하였다: P1; 30 Ncm 단일적용, P2; 10, 30 Ncm 순차적용, P3; 10, 20, 30 Ncm 순차적용 (Fig. 4).

나사 고정 방법에 따라 나사(Ti-6Al-4V ELI; ASTM grade 23)를 고정한 다음, 5분 후에 스트레인 게이지의 8개의 값을 기록하였다. 잔류응력을 최소화하기 위해 다음 실험을 시작하기 전에 10분의 간격을 주었다. 그래서 각군당 5개의 시편을 3개의 방법에 따라 나사고정하고 측정하여 각 군에 하나의 나사 고정 방법당 5개씩 총 60회에 걸쳐 변형율을 측정하였다.

4. 통계처리

각군 사이의 유의성 여부는 독립된 2개의 군을 비교하는 비모수적 방법인 Mann-Whitney U test를 통해 검정하였다. 각 군내에서 3가지 나사고정 방법에 따른 비교검정은 Kruskal-Wallis test를 통해 검정하였다. 삼원배치 분산분석(Three-way ANOVA)을 이용하여 회귀모형을 통해 연결방식, 지대주 종류

Fig. 3. After fixed screw-retained 3-unit prostheses on study model. (A) External type, (B) Internal type.

Fig. 4. Screw tightening protocols. * A; premolar, B; molar.

그리고 나사고정 방법의 grouping을 통해 각 요인 간의 상관관계를 분석하였다. 모든 통계분석은 IBM SPSS (version 24, IBP Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하였고, 유의수준은 0.05로 설정하였다.

결과

각 군의 각 나사고정 방법에 따라 측정된 8개의 변형율의 절대치의 평균과 표준편차를 계산하고 통계적으로 분석하였다 (Table 2, Fig. 5).

Fig. 5. Column graph of mean $\pm$ standard deviation of strain value in each group.

Table 2. Mean $\pm$ standard deviation of strain value ($\mu\epsilon$) and *P*-value in each group

Protocol	External			Internal		
	Hex	Non-hex	<i>P</i>	Hex	Non-hex	<i>P</i>
P1	164 $\pm$ 13.2	186 $\pm$ 12.1	< .001*	669 $\pm$ 36.4	486 $\pm$ 36.3	< .001*
P2	161 $\pm$ 15.8	192 $\pm$ 23.1	< .001*	573 $\pm$ 60.5	456 $\pm$ 20.9	< .001*
P3	161 $\pm$ 18.5	180 $\pm$ 14.9	< .001*	518 $\pm$ 58.0	447 $\pm$ 18.2	< .001*
<i>P</i>	.911	.533		.013*	.230	

Table 3. Three-way ANOVA for effects and interactions of Connection, Abutment and Protocol

Source	df	Sum of squares	F	<i>P</i> -value
Connection	1	1849384.154	1823.844	< .001
Abutment	1	36427.776	35.925	< .001
Protocol	2	25923.169	12.783	< .001
Connection * Abutment	1	82332.513	81.196	< .001
Connection * Protocol	2	21379.528	10.542	< .001
Abutment * Protocol	2	8254.643	4.070	.023
Connection * Abutment * Protocol	2	7777.074	3.835	.029
Error	48	48672.163		
Corrected Total	59	2080151.019		

군간 비교에서 내부연결방식 군은 외부연결방식 군에 비하여 2배 이상의 높은 변형율을 유발하여 통계적으로도 유의한 차이가 있었으며 ($P < .05$), 내부연결방식 군간의 비교에서는 IH군이 INH군에 비하여 유의하게 높은 변형율을 유발하였으며 ($P < .05$), 외부연결방식 군간의 비교에서는 ENH 군이 EH 군에 대하여 유의하게 높은 변형율을 유발하였다 ($P < .05$).

나사를 고정하는 방법에 따른 차이 비교에서, 내부연결방식 군내 비교에서 P1이 가장 높고 P2 그리고 P3 순서로 나타났으나, IH 군에서만 P1이 P3보다 유의하게 높은 변형율을 유발하였으며 ($P < .05$), INH 군에서는 유의한 차이가 없었다 ($P > .05$). EH 군과 ENH 군에서는 나사 고정 방법에 따른 차이가 없었다 ($P > .05$).

삼원배치 분산분석 결과에서 임플란트 연결방식과 지대주 변수 사이, 연결방식과 나사 고정 방법 변수 사이, 지대주와 나사 고정 방법 변수 사이, 그리고 연결방식과 지대주, 나사 고정 방법 변수 사이에 유의한 상호작용이 관찰되었다 ($P < .05$, Table 3). 즉, 각 실험 인자의 조건은 서로 영향을 미쳐서 결과가 나온다고 할 수 있다.

고찰

스트레인 게이지 분석법은 임플란트와 주변 골의 응력 분포나 하중 전환의 메커니즘을 분석할 수 있는 스트레스 분석의 한 방법이다. 스트레인 게이지는 부착 위치에 따라 변형율이 달라질 수 있는데, Vasconcellos 등³에 따르면 임플란트에서 가장 응력이

많이 발생하는 부분은 임플란트의 디자인, 보철물의 종류에 관계 없이 치경부라 하였다. Maeda 등¹³의 연구에서도 임플란트 연결방식에 관계없이 치경부 부분에 응력이 가장 많이 발생한다고 보고하였으며, 그 외에도 다양한 실험^{14,15}이 있었다. 따라서 스트레인 게이지를 각 임플란트 치경부 부위에 협설측, 근원심측에 총 4개를 부착하여 실험 모델을 제작하였다.

임플란트 고정체에 나사로 보철물을 고정하는 방법은 나사 조임시 발생하는 조임력(clamping force)에 의해 발생하는 전하중(preload)에 의해 보철물이 고정된다.^{16,17} 적절한 전하중은 나사의 유지에 도움을 주지만, 과도한 전하중은 임플란트에 유해한 응력을 발생시킨다.¹⁸ 임상에서 나사 유지형 연결고정성 보철물을 임플란트 고정체에 나사로 고정하는 과정의 중요성이 많이 간과되고 있으며, 이전의 실험들은 수동적 적합이나 재료에서 발생하는 전하중에 초점이 맞춰져 있었다.^{19,21} 하지만 나사 고정 시 발생하는 전하중은 임플란트 주위 골에 응력을 발생시켜 예후에 영향을 미칠 수 있으며 여러 개의 임플란트 연결고정성 보철물에서는 특히 더 영향을 줄 것이라고 생각되었다. 그래서 이번 실험에서는 가장 간단한 경우인 2개의 임플란트가 있는 3본 고정성 임플란트 보철물에서 나사 고정하는 방법에 따라 발생할 수 있는 응력을 스트레인 게이지를 사용하여 그 영향을 비교하고자 하였다. 그리고 이런 실험의 전제 조건은 수동적 적합 가지는 보철물을 제작하는 것인데 주조에 의해서는 실질적으로 얻을 수 없을 것으로 사료되어 나사-시멘트 유지 개념을 사용하게 되었으며, 채득된 모형에서 시편을 통상적으로 제작한 다음, 지대주를 10 Ncm으로 고정한 후, 임플란트용 시멘트로 합착하여 사용하였다.

Siamos 등²²은 30 Ncm 이상의 토크로 나사 고정시, 나사 풀림을 감소시키고, 지대주-임플란트 안정성을 증가시킨다고 하였다. Zipprich 등²³에 따르면 나사 고정시 작용되는 토크가 클수록 전하중이 선형적으로 증가하며, 과도한 전하중은 나사와 임플란트에 변형(deformation)을 일으키고, 주변 골에 응력을 발생시킨다고 보고하였다. 많은 제조사에서 30 Ncm을 추천하여 최종 토크를 30 Ncm로 결정하였고, 나사 고정 방법은 실제 임상적으로 적용할 수 있는 방법을 고려하여 3가지로 결정하였다.

결과를 보면 대체적으로 외부연결방식이 나사 고정 방법에 관계없이 내부연결방식 보다 매우 낮은 변형율을 나타냈다. 이러한 결과는 구조적 차이에 의한 것으로 보인다. 이²⁴는 외부연결방식과 다르게 내부연결방식에서는 나사를 고정하는 토크에 따라서 지대주가 고정체 내로 침하하는 것을 보고하였다. 즉 복제 모형에서 10 Ncm으로 고정시킨 지대주에 합착된 보철물을 실험 모형에 다양한 방법으로 30 Ncm으로 고정함으로 각각의 임플란트 고정체에 지대주가 침하함으로 심각한 치경부 응력이 발생되었을 것이라고 생각된다.

그리고 외부연결방식에서 결과를 보면 hex 지대주보다는 non-hex 지대주에서 변형율이 높게 나타났는데 이는 나사로 다시 고정할 때 hex 지대주에서 보다 정확하게 연결되기 때문에 그렇게 나타났으리라 생각하며 반대로 내부연결방식에서는 nonhex 지

대주보다 hex 지대주에서 더 높은 변형율이 나타났는데 이는 고정시의 지대주 침하가 hex 지대주일 경우에 더 많은 마찰을 야기하기 때문이라고 생각된다.

나사를 고정하는 방법에 따른 결과에서는 내부연결방식에서는 침하가 심하기 때문에 가능한 양측의 나사를 조금씩 균등하게 고정하는 방법이 가장 응력을 덜 발생시키는 방법일 것이나, 외부연결방식에서는 침하가 거의 일어나지 않는다²⁴고 하였기 때문에 나사 고정하는 방법은 큰 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

즉 이러한 결과로 유추해 보면, 임상에서 연결 고정성 임플란트 보철물을 실제 적용할 경우에서, 지대주와 같이 주조하는 경우에 수동적 적합을 얻기 어렵고 비용 문제 등이 있어서, 임플란트 고정체가 외부연결방식으로 식립된 경우에는 나사-시멘트 유지방법을 추천하여 사용할 수 있을 것으로 사료되나, 내부연결방식으로 식립된 경우에는 합착형 방식을 사용하여 지대주를 구강 내에 먼저 고정한 후 합착하여 보철물을 고정하는 방법이 좋을 것으로 사료되며 나사-시멘트 유지방법은 추천할 수 없을 것으로 생각된다. 더 나아가 여러 가지 이유로 내부연결방식에서 연결고정성 보철물을 나사로 고정하길 희망한다면, 나사-시멘트 유지방법으로 제작은 하되 합착형 방식으로 구강 내에 고정하고 잔존 시멘트 제거를 위해 보철물을 제거하지 않고 마무리하는 것이며, 나사로 보철물을 제거하는 것은 여러 사유로 보철물을 제거할 필요성이 있을 때에만 사용하고 다시 고정할 때에는 지대주와 보철물을 분리한 후 다시 지대주를 임플란트에 먼저 고정한 후 합착형 방법으로 합착하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 또한 나사 유지형으로 보철물을 고정해야 할 경우에는 단일적용보다 순차적용이 응력 발생에 유리할 것으로 생각된다.

본 실험에서는 실험모형의 잔류응력을 최소한으로 하기 위하여 충분한 시간을 주었음에도 불구하고, 남아있는 응력의 영향이 있었을 것으로 사료되며, 또한 이상적인 각도로 임플란트가 심겨져 있다고 가정하였기 때문에 실제 임상과는 차이가 있을 수 있는 한계가 있었다. 이러한 것을 고려한 지속적인 연구가 이어지길 희망한다.

결론

본 실험에서 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

3본 나사 유지형 임플란트 보철물에서 지대주 및 나사 고정 방법에 관계없이 외부연결방식이 내부연결방식에 비해 낮은 변형율을 발생시킨다.

외부연결방식에서 나사 고정 방법이 변형율에 영향을 주지 않았으나, 내부연결방식 hex 지대주에서는 나사 고정 방법이 변형율에 영향을 주었다.

내부연결방식 hex 지대주에서 최종적으로 같은 값의 힘으로 나사를 조였을 경우, 단일적용보다 순차적용이 낮은 응력을 발생시킨다.

따라서 내부연결방식에서는 외부연결방식보다 큰 응력이 발

생하고 나사 고정 방법도 영향을 주는 것으로 나타나므로 나사 고정 시 주의하여야 할 것으로 사료된다.

ORCID

Sang-Beom Kim <https://orcid.org/0000-0002-5019-6182>

Du-Hyeong Lee <https://orcid.org/0000-0003-2803-7457>

Cheong-Hee Lee <https://orcid.org/0000-0002-2005-0801>

References

- Li J, Jansen JA, Walboomers XF, van den Beucken JJ. Mechanical aspects of dental implants and osseointegration: A narrative review. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020;103:103574.
- Nishioka RS, Nishioka LN, Abreu CW, de Vasconcellos LG, Balducci I. Machined and plastic copings in three-element prostheses with different types of implant-abutment joints: a strain gauge comparative analysis. *J Appl Oral Sci* 2010;18:225-30.
- de Vasconcellos LG, Kojima AN, Nishioka RS, de Vasconcellos LM, Balducci I. Axial loads on implant-supported partial fixed prostheses for external and internal hex connections and machined and plastic copings: strain gauge analysis. *J Oral Implantol* 2015;41:149-54.
- Asvanund P. A strain gauge analysis comparing external and internal implant-abutment connections. *Implant Dent* 2014;23:206-11.
- Albrektsson T, Dahlin C, Jemt T, Sennerby L, Turri A, Wennerberg A. Is marginal bone loss around oral implants the result of a provoked foreign body reaction? *Clin Implant Dent Relat Res* 2014;16:155-65.
- Nishioka RS, de Vasconcellos LG, de Melo Nishioka LN. External hexagon and internal hexagon in straight and offset implant placement: strain gauge analysis. *Implant Dent* 2009;18:512-20.
- Nissan J, Gross M, Shifman A, Assif D. Stress levels for well-fitting implant superstructures as a function of tightening force levels, tightening sequence, and different operators. *J Prosth Dent* 2001;86:20-3.
- Watanabe F, Uno I, Hata Y, Neuendorff G, Kirsch A. Analysis of stress distribution in a screw-retained implant prosthesis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:209-18.
- Al Quran FA, Rashdan BA, Zomar AA, Weiner S. Passive fit and accuracy of three dental implant impression techniques. *Quintessence Int* 2012;43:119-25.
- Luk HW, Pow EH, McMillan AS, Hui CF. A double casting technique to minimize distortion when constructing fixed partial dentures on implants. *J Prosth Dent* 2004;91:93-6.
- Karl M, Holst S. Strain development of screw-retained implant-supported fixed restorations: procera implant bridge versus conventionally cast restorations. *Int J Prosthodont* 2012;25:166-9.
- Misch CE. *Dental implant prosthetics*. 2nd ed. St. Louis; CV Mosby; 2014. p. 747.
- Maeda Y, Satoh T, Sogo M. In vitro differences of stress concentrations for internal and external hex implant-abutment connections: a short communication. *J Oral Rehabil* 2006;33:75-8.
- Heckmann SM, Karl M, Wichmann MG, Winter W, Graef F, Taylor TD. Cement fixation and screw retention: parameters of passive fit. An in vitro study of three-unit implant-supported fixed partial dentures. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:466-73.
- Karl M, Taylor TD. Bone adaptation induced by non-passively fitting implant superstructures: A randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2016;31:369-75.
- Im SM, Kim DG, Park CJ, Cha MS, Choi LR. Biomechanical considerations for the screw of implant prosthesis: A literature review. *J Korean Acad Prosthodont* 2010;48:61-8.
- Huang Y, Wang J. Mechanism of and factors associated with the loosening of the implant abutment screw: A review. *J Esthet Restor Dent* 2019;31:338-345.
- Matsuzaki M, Ayukawa Y, Sakai N, Matsuzaki T, Matsushita Y, Koyano K. A comparison of the peri-implant bone stress generated by the preload with screw tightening between 'bonded' and 'contact' model. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2017;20:393-402.
- Al-Otaibi HN, Akeel RF. The effects of two torque values on the screw preload of implant-supported prostheses with passive fit or misfit. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:1058-63.
- Wentasek S, Tomalla S, Schmidtman I, Lehmann KM. Preload, coefficient of friction, and thread friction in an implant-abutment-screw complex. *Int J Prosthodont* 2017;30:542-4.
- Rutkunas V, Larsson C, Vult von Steyern P, Mangano F, Gedrimiene A. Clinical and laboratory passive fit assessment of implant-supported zirconia restorations fabricated using conventional and digital workflow. *Clin Implant Dent Relat Res* 2020;22:237-45.
- Siamos G, Winkler S, Boberick KG. Relationship between implant preload and screw loosening on implant-supported prostheses. *J Oral Implantol* 2002;28:67-73.
- Zipprich H, Rathe F, Pinz S, Schlotmann L, Lauer HC, Ratka C. Effects of screw configuration on the preload force of implant-abutment screws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2018;33:e25-32.
- Lee JH. Axial displacement of internal conical connection abutments under static load. MS Thesis, Kyungpook National University, 2019.

3분 나사 유지형 임플란트 보철물의 고정 방식에 따른 임플란트 고정체 치경부에 발생하는 변형률 비교분석

김상범 · 이두형 · 이청희*

경북대학교 치과대학 치과보철학교실

목적: 본 연구의 목적은 3분 나사 유지형 임플란트 보철물의 나사 고정 방식에 따른 치경부에 발생하는 변형률을 측정하고 비교하기 위함이다.

재료 및 방법: 2가지 종류의 임플란트(외부연결방식, 내부연결방식)를 각각 2개씩 4개 임플란트 고정체 경부에 스트레인 게이지를 부착한 후, 각 종류의 아크릴릭 레진 모형 2개를 제작하였다. CAD-CAM을 이용하여 hex 및 nonhex 지대주를 제작하였고, (EH, ENH, IH& INH 군) 나사-시멘트 유지 보철 개념으로 보철물을 비귀금속으로 제작하였다. 각 지대주를 10 Ncm 토크로 고정한 후, 보철물을 합착하였다. 나사를 3가지의 다른 방법으로 30 Ncm까지 고정한 다음, 5분 후 변형률을 측정한 후 평균비교 및 군간 상호작용을 평가하였다 ($\alpha = .05$).

결과: 외부연결방식 군은 내부연결방식 군에 비하여 유의하게 낮은 변형률을 나타냈으며, EH군이 ENH군보다 유의하게 낮은 변형률을 나타내었으나 ($P < .05$), 나사 고정 방법에 따른 차이는 없었다 ($P > .05$). IH군이 INH군에 비하여 유의하게 높은 변형률을 나타내었으며 IH군에서만 나사 고정 방법에 따라서도 차이가 있었다 ($P < .05$).

결론: 나사 유지형 임플란트 보철물에서는 외부연결방식인 경우에는 큰 영향이 없으나, 내부연결방식에서는 보다 큰 변형률이 발생하고 나사 고정 방법도 영향을 주는 것으로 나타났다. (대한치과보철학회지 2020;58:321-7)

주요단어: 나사-시멘트 유지 보철; 나사 고정 방법; 변형률

*교신저자: 이청희

41940 대구 중구 달구벌대로 2175 경북대학교 치과대학 치과보철학교실

053 600 7651; e-mail, chlee@knu.ac.kr

원고접수일: 2020년 8월 19일 / 원고최종수정일: 2020년 10월 5일 / 원고채택일: 2020년 10월 6일

© 2020 대한치과보철학회

이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 4.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.