

## 테이퍼형 임플란트 고정체 파절: 증례보고 및 유한요소분석

이희진<sup>1</sup>, 김영균<sup>1,2</sup>

분당서울대학교병원 치과 구강악안면외과<sup>1</sup>, 서울대학교 치의학대학원, 치학연구소<sup>2</sup>

### Fracture of tapered body implant fixture: a case report and finite elements analysis

Heejin Lee<sup>1</sup>, Young-Kyun Kim<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Section of Dentistry, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam,

<sup>2</sup>Department of Dentistry, Dental Research Institute, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea

This study is a case report of the tapered implant fixture which developed 29 months after prosthetic loading. When bone resorption occurs more than 5 mm, the thickness, surface area and strength of the tapered fixture are reduced sharply. The shape deformation and damage of the fixture occur when the yield strength of this material reach at 85% level. Fatigue fracture of the implant can be caused by the implant connection type (external and internal connection), the shape of the implant (straight and taper) and bone absorption. It is very important to prevent the progressive bone loss through periodic maintenance care and to change the tapered fixture design and the length of the abutment screw. (JOURNAL OF DENTAL IMPLANT RESEARCH 2015;34(2):35-40)

**Key Words:** Fracture, Implant, Finite element analysis

## 서 론

치과 임플란트는 완전 무치악, 부분 무치악, 단일 치아 결손 환자 등의 보철 수복물로 널리 사용되고 있다. 비록 임플란트의 초기 성공률이 90% 이상으로 대단히 높게 보고되고 있지만 사용 중에 임플란트의 실패 및 파절이 발생되기도 한다<sup>1,2</sup>. 5년간의 임상적 연구에서 임플란트의 파절률은 0.2~3.5%로 비교적 낮게 나타나고 있으나 15년 동안의 장기간 추적 연구에서는 기능하는 기간이 길어짐에 따라 임플란트의 파절률이 증가되는 경향이 보고되었다.

Rangert 등<sup>3</sup>의 연구에서 환자들에게 식립된 임플란트 10,000개 중에서 임플란트 파절이 발생한 39명의 환자들을 분석한 결과 파절의 90%가 구치부에서 발생되고, 보철물의 77%가 한 개 또는 두 개의 임플란트에 의해 연결되어 과하중에 노출된 임플란트에 집중적으로 발생되었다. 이와 같이 구치부 임플란트에서 파절이 주로 발생하는 이유는 과하중, 과도한 하악의 측방 운동의 증가, 비정상적인 악습관 등이 결합하여 과도한 측방력이 발생하는 것으로 알려져 있

으며, 교합의 과하중, 임플란트 위치, 부적절한 보철물의 설계 및 연결 부품의 부적합, 점진적으로 발생하는 진행성 골 소실, 금속 피로, 임플란트 직경, 제조 결함, 전위차 부식 등과 같은 여러 가지 요인들 과도 관련이 있는 것으로 보고되고 있다<sup>3-5</sup>. 다수의 연구자들은 임플란트 파절이 이상기능 습관과 이갈이 등과 같은 구강 습관과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고하고 있다<sup>6-10</sup>. 교합 하중의 크기 및 하중을 받는 주기가 증가되면 굽힘 하중이 증가된다. 굽힘 하중의 증가는 임플란트 파절 위험성을 높이는 요인으로 작용하게 된다<sup>9,10</sup>. 특히, 임플란트와 보철물에 작용하는 저작력이 나사산에 대하여 굽힘 모멘트를 발생시키게 되면 높은 굽힘 하중이 발생되고, 이 굽힘 하중은 주변 골 소실과 임플란트의 피로 파절을 야기시키게 된다<sup>3</sup>. 저작근의 수축에 의해 발생하는 교합력은 인종, 성별, 연령, 치아의 위치에 따라 달라지지만 일반적으로 측절치에서 가장 낮고, 제1대구치에서 최대값을 갖는다<sup>11,12</sup>.

본 증례는 테이퍼형 임플란트를 식립하고 보철 기능 29개월 후 고정체가 파절된 증례로서 유한요소분석과 임상 소견, 파절 부위의

Received June 27, 2015, Revised July 20, 2015, Accepted July 29, 2015.

©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.

교신저자: 김영균, 13620, 경기도 성남시 분당구 구미동 300, 분당서울대학교병원 치과 구강악안면외과

Correspondence to: Young-Kyun Kim, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Section of Dentistry, Seoul National University Bundang Hospital, 300, Gumi-dong, Bundang-gu, Seongnam 13620, Korea. Tel: +82-31-787-2780, Fax: +82-31-787-4068, E-mail: kyk0505@snuh.org

육안적 소견을 참고하여 파절 취약 부위를 살펴보았으며 문헌 고찰과 함께 증례를 보고하는 바이다.

### 증례보고 및 파절편 분석

내원 당시 57세 남자 환자가 기존에 사용하고 있던 국소의치가 불편하다는 주소로 내원하였다. 2007년 3월 13일 #26-27 부위에 치조정 절개를 시행하여 파판을 거상한 후 상악동 측벽에 골창을 형성하고 상악동점막을 거상하였다. 동종골과 이종골을 조직접착제와 혼합하여 상악동골이식을 시행하고 창상을 봉합하였다. 이후 2007년 7월 10일 상악 좌측 제 1, 2 대구치 부위에 tapered implant를 일회법으로 식립(Osstem US III, Osstem Implant Co., Busan, Korea, #26: 4D/13L, #27: 5D/13L) fixture body fracture (직경 4 mm, 길이 13 mm)하였다. 높이 5 mm의 치유지대주를 연결한 후 창상을 봉합하였다. 2008년 3월 11일 상부 보철물이 장착되었으며 6개월 간격으로 정기적인 유지관리를 시행하였다. 2008년 3월 28일 내원시 좌측 상악 제2대구치 임플란트 보철물의 원심협측교두(distobuccal cusp) 부위에 shiny spot가 관찰되었고 저작 시 약간의 통증이 있으며 평상 시 이악물기 습관이 있다고 하였다. 2008년 12월 23일 #26, 27 임플란트 주위 치주낭과 탐침시 출혈이 발생하여 임플란트 주위 소파술 및 chlorhexidine 세정술을 시행하였다. 2009년 1월 6일 #26 임플란트 지대주 나사 풀림이 발생하여 내원하였으며 주변 치조정골의 일부 흡수가 관찰되었다. 상부 보철물이 장착된 후 29개월 시점에 상부 보철물의 유동성이 관찰되었으며 치근단 방사선 사진에서 고정체가 급격히 tapering되

는 부위까지 골흡수가 진행되었고 이 부위에서 고정체 파절이 발생하였다. Trepphine bur를 이용하여 파절된 임플란트를 제거한 후 굵은 직경의 임플란트(Implantium Superline, 6D/12L)로 교체 식립하였다. 일정 치유 기간을 거친 후 #26-27 임플란트 보철물을 다시 제작해 주었으며 현재까지 특별한 문제점 없이 잘 유지되고 있다.

파절된 임플란트에 대한 외관 및 표면을 살펴보고 조직학적 분석을 통해 골유착 상태와 염증반응 유무를 평가하였다. 유한 요소분석을 위해 먼저 임플란트 시스템의 형상 및 치수를 나타내는 기하모델의 생성이 필요하였다. 3차원 기하모델을 단순화하기 위하여 임플란트 고정체의 내부 나사와 연결 나사 사이에 빈 공간이 없다고 가정하였으며, ANSYS Workbench 11.0 sp1 (ANSYS Inc., Canonsburg, USA)-ANSYS solid 187, 10 nodes Tetrahedral element (Ref. ANSYS Introduction, 2007)를 이용하여 전처리(pre-processing) 과정을 시행하였다. 본 임플란트의 유한 요소 모델은 대칭 형상으로 절반만 모델링 한 후 대칭 경계조건(symmetry B.C.)을 적용하여 3차원 유한 요소 모델을 생성하였고, 3차원 유한 요소 모델에서는 46,324개의 사면체 절점(tetrahedron node)과 292,948개의 요소로 분할하여 해석하였다. 응력 해석을 위한 모델은 고정체 (fixture, US3R411), 고정 나사(abutment screw, ASR200), 지대주(abutment, CAR520), 지대주를 덮는 캡(cap), 치밀골(compact bone)로 구성되어 있으며, 각 구조물간 요소의 연결은 완전한 접합을 이루는 것으로 가정하고 Osstem의 US III fixture (직경 4 mm, 길이 13 mm)를 사용하였다.(Fig. 1)

특히 임플란트의 피로 시험 조건과 일치시키고 임플란트 주변의 골흡수를 재현하기 위하여 임플란트 platform에서 2 mm씩 감소시켜 최대 6 mm까지 재현하였다. 골밀도는 외력 작용 시, 지지력이 상대적으로 강한 D1의 피질골 물성을 사용하여 매식하였다. Fixture와 골은 골유착을 통한 완전한 접촉 관계로 정의하며, 치관과



Fig. 1. The implant is composed of fixture (US3R411), abutment screw (ASR200), abutment (CAR520) and crown.

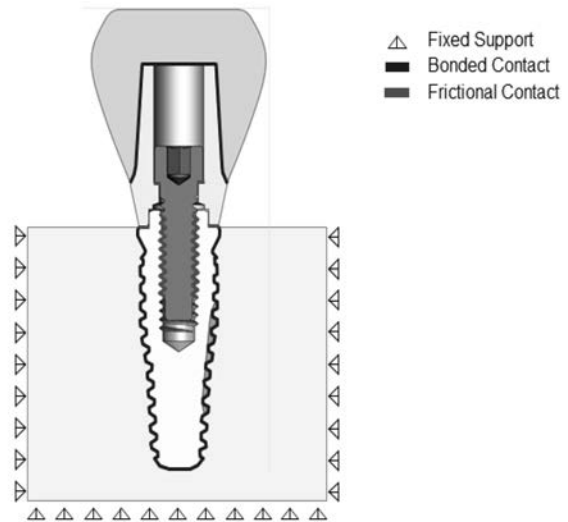


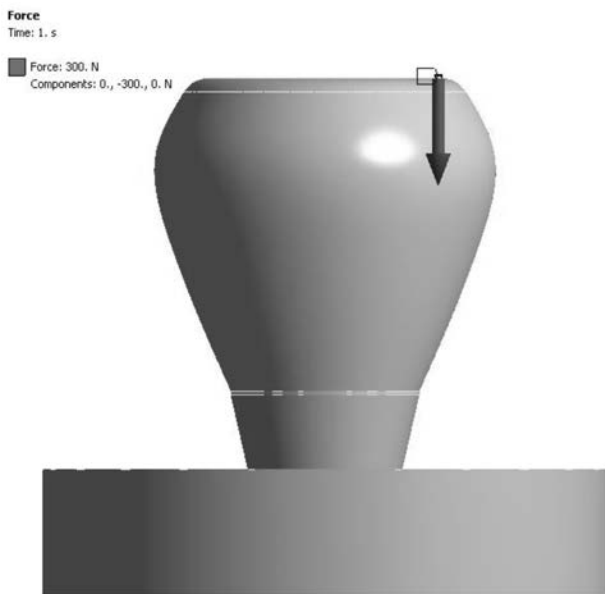
Fig. 2. The description of interfaces and contact states.

지대주는 접착제에 의한 완전한 접촉 관계를 이루는 것으로 정의한다. 지대주(나사 포함)와 Fixture는 Frictional ( $\mu=0.5$ ) contact로서 외력에 의해 butt joint가 열릴 수 있다고 가정하며 간격이 발생할 수 있다고 가정하였다.(Fig. 2) 하중 조건은 집중된 하중을 평균 저작력인 300 N으로 협측 교두에 적용하였다.(Fig. 3) 최대 주응력 분석은 인장에 의한 취약지점과 강도를 확인하는 것으로서 응력 값이 크면, 인장강도가 약하다는 의미로 해석이 가능하다. 이 분석을 통하여 Fixture의 결함 및 파손이 예상되는 부위와 강도 확인이 가능하다.(Fig. 4)

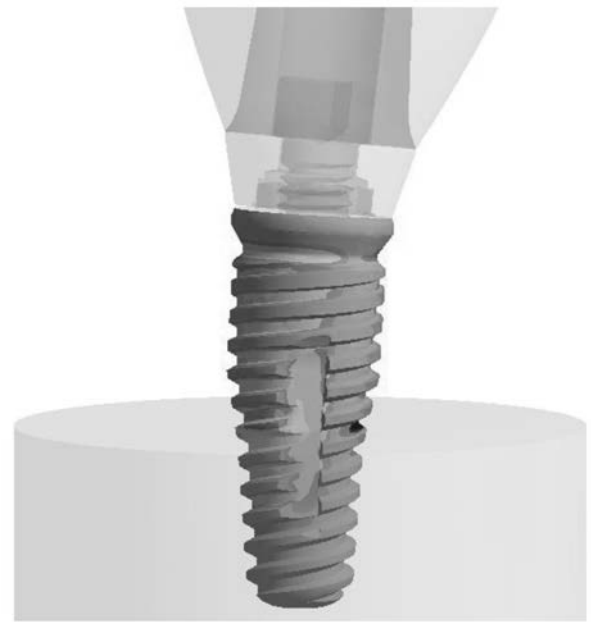
## 결 과

### 1. 방사선 평가

치근단방사선 사진 분석에서 파절 위치는 #26 임플란트 고정체 중간 위치에서 발생하였고, 파절 부위까지 골흡수가 관찰되었다.(Fig. 5)



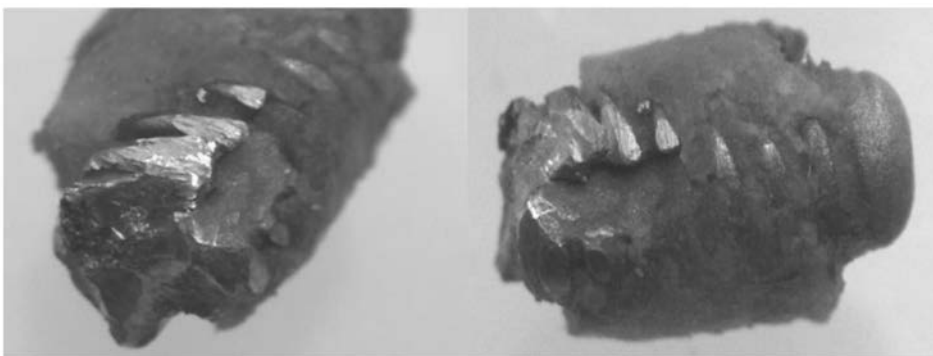
**Fig. 3.** The analysis of the loading and position. Connected load is 300 N (Average of biting force). The position is buccal cusp side.



**Fig. 4.** The analysis of the maximum principle stress.



**Fig. 5.** Periapical radiograph shows #26 fixture fracture and crestal bone loss.



**Fig. 6.** The appearance of the fracture of tapered body implant.

2. 파절편의 육안적 및 조직학적 평가

파절된 고정체 하단부에서 제거에 사용된 Trephine Drill에 의한 고정체 외부의 손상이 관찰되었다. 파절된 단면의 마모 상태로 보아 파절된 이후에도 환자가 일정 기간 저작을 했던 것으로 추정된다.(Fig. 6) 파절 원인을 육안 및 방사선 소견만으로 판정하는 것은 어려움이 있으며, 방사선 사진상에서 파절 부위까지의 골소실이 진행된 것을 볼 때 파절된 파편들에 의한 골조직 염증 혹은 골유착 파괴도 생각해 볼 수 있다. 그러나 파절 시편의 조직학적 검사 소견에서 골유착은 잘 이루어진 상태였고 골조직에 염증 소견은 관찰되지 않았다.(Fig. 7)

3. 골흡수 깊이에 따른 임플란트 고정체의 강도 분석

US III fixture 주변의 골흡수가 0 mm, 2 mm, 4 mm, 6 mm 발생할 때의 maximum principle stress를 평가하였다. 그 결과 0 mm일 때, stress value는 51 Mpa, 항복강도 도달률은 9%이었다. 2 mm일 때, stress value는 212 Mpa, 항복강도 도달률 36%, 4 mm일 때, stress value는 268 Mpa, 항복강도 도달률 45%, 6 mm일 때, stress value는 481 Mpa, 항복강도 도달률은 82%에 이르렀다.(Fig. 8) 임플란트 고정체 몸체의 직경이 유지되는 platform부터 4 mm까지 부위는 골흡수가 발생하여도 고정체의 강도는 어느 정도 유지되었다.(Fig. 9) 그러나 5 mm 이상 골흡수가 발생하면, 골수준이 임플란트 고정체가 테이퍼 형태로 바뀌어 직경이 감소되는 부위와 일치하게 되며, 또한 지대주 나사 아래의 dead space 위치와 동일 선상에 위치하게 되는 것이 확인되었다. 이에 따라 고정

체의 두께 및 단면적이 감소하면서 강도 역시 급격하게 감소하여, 재료의 항복 강도의 85% 수준에 이르면서 고정체의 형상 변형 및 파손이 발생하게 되었다.(Fig. 10, Table 1)

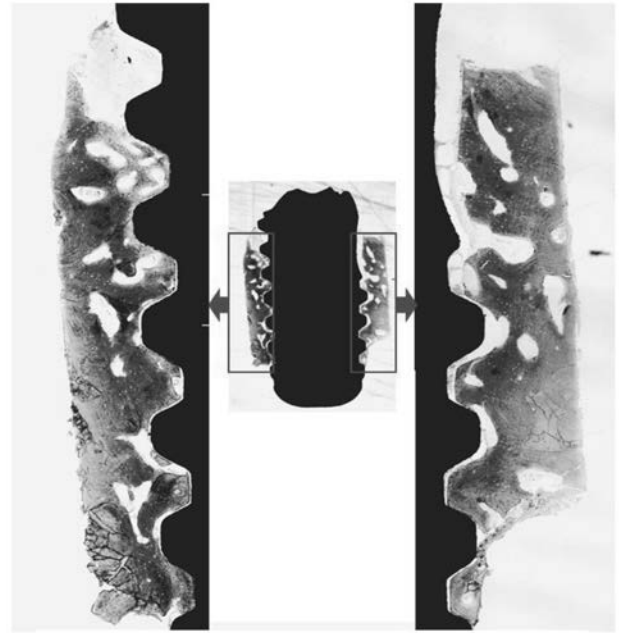


Fig. 7. The histologic features of Fracture of body implant surface.

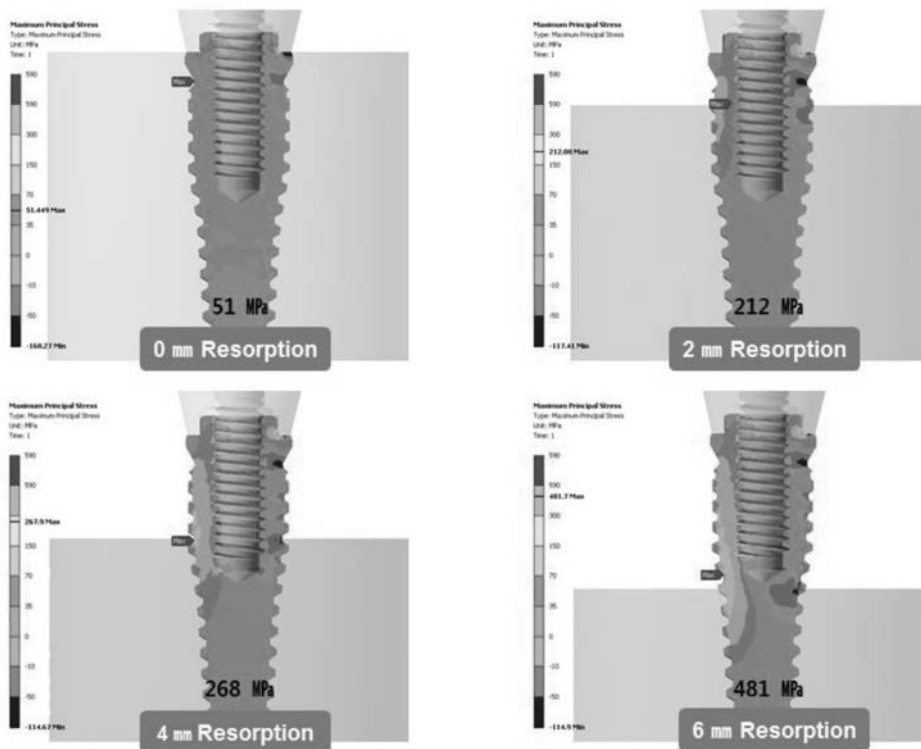


Fig. 8. The analysis of Finite Elements Methods in the resorption model.

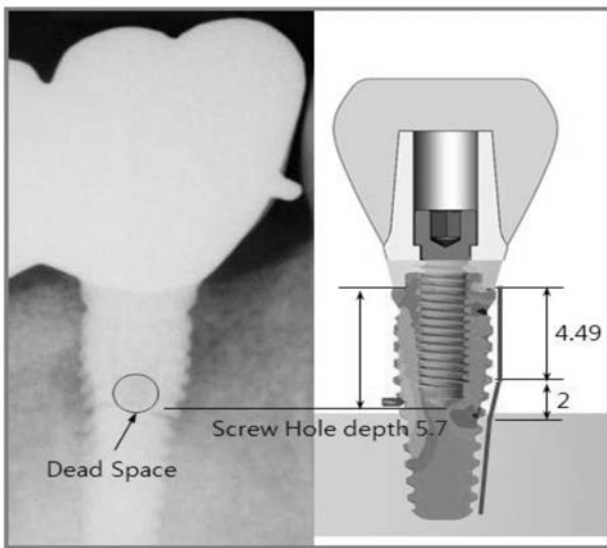


Fig. 9. Periapical radiograph used in this study and analysis of the model.

## 고찰

External Hex 형의 임플란트는 지대주 나사 하방에 빈 공간 (dead space)이 존재하며 이 부위의 고정체는 피로 파절(fatigue fracture)이 발생할 위험성이 증가한다. 따라서 지대주 나사의 길이가 중요하며 가능하면 길어야 한다. 임플란트 파절에 관여하는 환자 와 관련된 역학적 요소들에는 이갈이, 이악물기, 혀내미는 습관과 같은 이상기능, 치관 높이 공간, 저작근 동역학, 악궁의 위치, 대합 악궁의 특성과 같은 요소들이 있다<sup>13)</sup>. 본 증례의 경우 보철 기능 초기부터 이악물기와 같은 구강 이상기능으로 인한 과도한 교합 접촉이 발생하였으며 과부하로 인한 골흡수 및 고정체 파절에 일부 관여하였을 가능성이 있으며 보철 기능 초기에 night guard와 같은 악습관 방지장치 착용을 고려하는 것이 좋았을 것으로 생각되었다.

덜 치밀한 골(poor bone density)에서는 정상 생리적인 교합력이 가해져도 임플란트가 잘 지탱하지 못하는 경우가 많다. 따라서 골치밀도가 떨어지고 교합력이 큰 상악 구치부의 경우 임플란트 크기와 갯수를 증가시켜야 하는 근거가 될 수 있다<sup>14,15)</sup>. 교합력의 지속 시간은 연하 및 식사 시 짧은 접촉이 이뤄지며 하루 30분 이하이지만 구강 이상기능이 발생하면 하루 몇 시간 이상 접촉하면서 치아 및 임플란트에 과부하를 가하는 상태가 되어 임플란트 피로하중이 증가된다.

힘의 방향은 임플란트 상단의 치조정골 경계면에 가해지는 힘이 가장 크다. 임플란트에 비스듬한 방향으로 하중이 가해질 때 임플란트에 가장 유해한 전단력을 발휘한다<sup>16)</sup>. 골의 해부학적 구조 및 골흡수 등으로 인해 임플란트를 기울여서 식립하게 되는 경우가 많은데, 이 때 임플란트에 가해지는 기울어진 힘의 영향을 줄이려면 임플란트의 직경을 증가시켜야 한다<sup>17)</sup>.

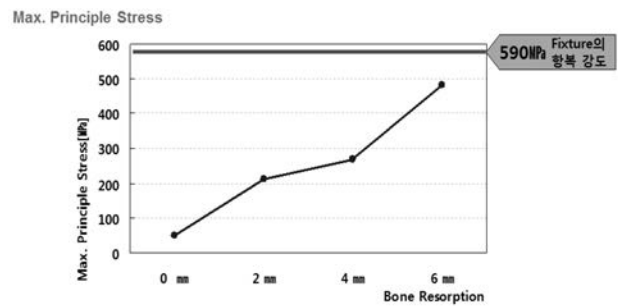


Fig. 10. The analysis of the maximum principle stress in this study.

Table 1. The analysis of the maximum principle stress in this study

Bone Resorption	0 mm	2 mm	4 mm	6 mm
Stress Value	51 MPa	212 MPa	268 MPa	481 MPa
Yield strength	9%	36%	45%	82%

본 증례 분석을 통해 임플란트의 연결 형태(external and internal connection), 임플란트의 형상(straight and taper) 및 골흡수량이 임플란트 피로 수명과 피로 파절 형태의 원인이 될 수 있음을 알게 되었다. 임플란트에 가해지는 응력의 크기와 피로 파절 사이의 상호 관계를 숙지하고 피로 수명에 대한 기술 통계 및 추론 통계를 바탕으로 한 물리적인 성질을 잘 이해함으로써 저작력이 많이 가해지는 구치부 임플란트의 역학적 합병증을 예방하기 위한 노력을 기울일 필요성이 있다. 본 증례는 테이퍼형 external connection type 임플란트의 직경이 갑자기 감소하는 부위와 지대주 나사 하방의 빈 공간이 거의 일치하고 이 부위까지 골흡수가 진행되면서 저작력에 의한 하중을 견디지 못하고 파절된 경우였다.

본 증례의 유한요소분석결과를 토대로 테이퍼형 임플란트 디자인의 변경, 지대주 나사의 길이 변경을 고려하고 정기적인 유지관리를 통해 골흡수가 진행되는 것을 예방하는 조치 등이 매우 중요하다고 생각되었다.

## REFERENCES

- Eckert SE, Meraw SJ, Cal E, et al. Analysis of incidence and associated factors with fractured implants: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:662-7.
- Schwarz MS. Mechanical complications of dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2000;1:156-8.
- Rangert B, Krogh PH, Langer B, et al. Bending overload and implant fracture: a retrospective clinical analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:326-34.
- Mericske-Stern R, Steinlin Schaffner T, Marti P, et al. Peri-implant mucosal aspects of ITI implants supporting overdentures. A five-year longitudinal study. *Clin Oral Implants Res*

- 1994;5:9-18.
5. Tolman DE, Laney WR. Tissue-integrated prosthesis complications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:477-84.
  6. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Branemark system. *Clin Oral Implants Res* 1992;3:104-11.
  7. Machtei EE, Horwitz J, Peled M, et al. Fracture of dental implants: literature review and report of a case. *Implant Dent* 2002;11:137-43.
  8. Naert I, Quirynen M, van Steenberghe D, et al. A study of 589 consecutive implants supporting complete fixed prostheses. Part II: Prosthetic aspects. *J Prosthet Dent* 1992;68:949-56.
  9. Piattelli A, Piattelli M, Scarano A, et al. Light and scanning electron microscopic report of four fractured implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:561-4.
  10. Tosun T, Karabuda C, Cuhadaroglu C. Evaluation of sleep bruxism by polysomnographic analysis in patients with dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:286-92.
  11. Kim JH, Lee JB. A comparative study on the correlation between Korean foods and the fractures of PFG and all ceramic crowns for posterior applications. *J Korean Acad Prosthodont* 2009;47(2): 156-163.
  12. Bonakdarchiana M, Askaria N, Askarib M. Effect of face form on maximal molar bite force with natural dentition. *Archives of Oral Biology* 2009;54:201-4.
  13. Ekert SE, Meraw SJ, Cal E, Ow RK. Analysis of incidence and associated factors with fractured implants: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:662-7.
  14. Lang NP, Mombelli A, Tonetti MS, Braqqer U, Hammerle CH. Clinical trials on therapies for peri-implant infections. *Ann Periodontol* 1997;2:343-56.
  15. Piattelli A, Scarano A, Piattelli A. Histologic observations on 230 retrieved dental implants: 8 years experience (1989-996). *J Periodontol* 1998;69:396-404.
  16. Levin RA, Clem DS, Wilson TG, Hqqinbottom F, Solnit G. Muticenter restrospective analysis of the ITI implant system used for single-tooth replacements: Results of loading for two or more years. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:516-20.
  17. Siddiqui AA, Caudill R. Proceedings of the 4th international symposium on implant dentistry. *J Prosthet Dent* 1994;72: 623-34.