

## 교합하중에 의한 치경부 응력분포의 3차원 유한요소해석

우성관\*(부산대 대학원 기계설계공학과), 김광훈(부산대 대학원 기계설계공학과)  
손권(부산대 기계공학부), 박정길(부산대 치과대학)

### Stress Distribution of Occlusal Loading Applied on Cervical Region Using 3D Finite Element Analysis

S. G. Woo\*(Mech. Design Eng. Dept., PNU), G. H. Kim(Mech. Design Eng. Dept., PNU)  
K. Son(School of Mech. Eng., PNU), J. K. Park(Dent. Dept., PNU)

#### ABSTRACT

Occlusal loading is considered as the main factor of noncarious cervical lesions. The goal of this study is to identify stress distribution using three dimensional finite element analysis, when occlusal loading is applied on the cervical region of human tooth. A finite element model was constructed from micro-CT image and three kinds of static force(500 N) were assumed. In all cases stress concentrates on the same area in the cement-enamel junction. This finding is consistent with published experimental results.

**Key Words** : Occlusal loading (교합하중), Noncarious cervical lesion (비우식성 치경부 병소), Stress distribution (응력분포), Finite element analysis (유한요소해석)

#### 1. 서론

일반적으로 충치는 치과의학상 치아우식증이라고 한다. 우식증은 구강 내에 있던 세균의 발효작용에 의해 치아에 남아있는 음식찌꺼기의 당분이나 전분이 분해되면서 경조직의 석회를 녹여 치아를 상하게 하는 증상이다. 반면에 비우식성 치경부 병소는 치아우식증과 상관없이 치경부의 백악질과 법랑질의 경계에서 치아구조가 상실되는 증상을 말한다. 이는 여러 가지 물질의 복합구조를 가진 치아에서 하중에 의해 역학적으로 치아 경조직이 상실되는 것으로 보고 있다.

비우식성 치경부 병소의 원인으로는 이갈이와 이악물기, 과도한 교합력, 잘못된 칫솔질습관, 침식 등 여러 가지가 있다. 이것의 복합적인 원인으로 다양한 형태의 치경부 병소가 발생한다는 연구가 보고되었다<sup>1</sup>. 그 중에서 치아의 경우 굴곡에 의해서 힘이 치경부의 백악법랑경계에서 응력이 집중되어 피로가 생긴 결과로 치질의 상실이 유발된다는 연구들이 있다<sup>2</sup>.

본 연구에서는 비우식성 치경부 병소의 주된 원인으로 생각되는 교합력이 작용할 경우, 치경부에 미치는 응력의 분포를 치아의 복합구조를 재현한 3차원 유한요소 모델을 이용하여 알아보하고자 한다.

#### 2. 유한요소해석

##### 2.1 치아 3차원 유한요소모델

유한요소모델을 만들기 위해 먼저 상악 제2 소구치를 미세단층촬영기(Micro-CT, SkyScan, Belgium)를 이용하여 치아의 장축에 수직한 평면으로 치아를 촬영하였다. 58  $\mu m$  간격으로 얻어진 영상 파일에서 치아내부의 법랑질, 상아질, 치수의 기하학적인 자료를 추출하여 상용 소프트웨어인 ANSYS(Swanson Analysis System, Inc., Houston, USA)를 이용하여 3차원 구조로 재구성하고 유한요소모델(Fig. 1)을 완성하였다.

좌표계는 협측과 설측 방향을 x축, 근심에서 원심 방향을 y축, 치근단에서 교합면 방향을 z축으로 설정하였다. 3차원 유한요소모델은 15,608개의 8절점 육면체요소를 사용하여 17,052개의 결점을 가진다. 물질의 물성치는 이전 연구 문헌을 참조하였다<sup>3,4</sup>.

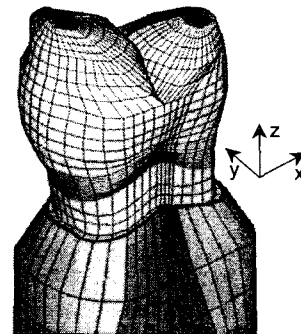


Fig. 1 The global orientation of 3D FE model

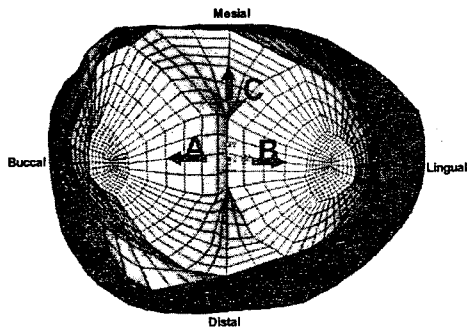


Fig. 2 Loading condition

## 2.2 경계 및 하중 조건

소구치는 앞뒤에 다른 치아와 접하므로 치조골의 y축 변위는 발생하지 않도록 구속하고, 치조골의 하단은 위턱에 부착되므로 완전구속시켰다.

Fig. 2의 A지점은 협측 교두정에서 설측 사면을 따라 내려오는 세 번째 절점이고, B지점은 설측 교두정에서 협측 사면을 따라 내려오는 두 번째 절점이다. C지점은 근심변연융선(mesial marginal ridge)의 중심이다. 하중 I은 A지점 표면에 수직하게 500 N을, 하중 II는 B지점 표면에 수직하게 500 N을 한쪽 방향으로 가하는 경우이다. 하중 III은 A지점에 100 N, B지점에 150 N, C지점에 250 N을 각각 표면에 수직하게 분산시켜 가하는 경우이다.

## 3. 결과

치아의 구조가 완전한 대칭이 아니어서 다소 근심면(Mesial)이나 원심면(Distal)으로 편중되는 것을 확인하였다. Fig. 3에서와 같이 어떠한 하중을 적용시키더라도 응력은 백악질과 법랑질의 경계에 집중되었다. Fig. 4와 같이 하중 I에서는 협측에서 근심방향에 최고 316 MPa, 하중 II에서는 설측에서 원심방향에 최고 398 MPa의 응력이 작용하였다. 하중 III은 근심면에서 협측방향의 경계부근에서 770 MPa의 응력이 집중하였다. 편심교합력을 적용시킨 하중 I과 하중 II의 힘의 크기는 동일하지만 2배가량 큰 응력이 집중하였다.

백악법랑경계의 응력들을 비교하여 보면 어떠한 하중을 가하더라도 치아의 일정지점에서 다른 지점보다 더 큰 응력이 작용하는 것을 알 수 있다.

## 4. 결론

교합하중에 의한 치경부의 손상에 관한 실험적인 연구 결과와 동일하게 3차원 유한요소법을 이용한 해석에서도 백악법랑경계에서 가장 높은 응력이 발생하며, 거의 동일한 지점에 응력이 집중된다는 것을 확인하였다. 하중이 작용하는 면에 따라 특정부위에 인장과 압축하중이 거의 동일한 지점에 집중하게 되고 피로에 의한 치질의 손상 가능성이 높을 것으로 예상된다.

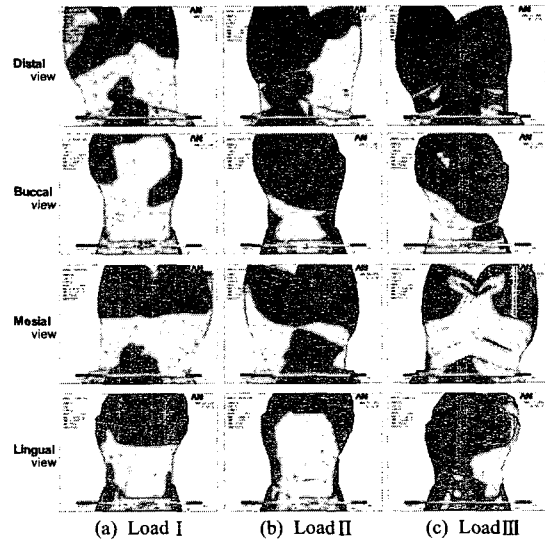


Fig. 3 Von-Mises stress distribution

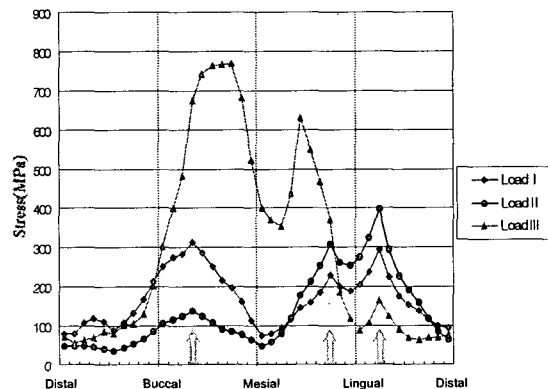


Fig. 4 Stress distribution in the cement-enamel junction

## 참고문헌

- Grippe, J. O., Simring, M. and Schreiner, S., "Attrition, abrasion, corrosion and abfraction revisited: A new perspective on tooth surface lesions," J Am Dent Assoc, Vol. 135, No. 8, pp. 1109-1118, 2004
- Litonjua, L. A., Bush, P. J., Andreana, S., Tobias, T. S. and Cohen, R. E., "Effects of occlusal load on cervical lesions," J Oral Rehabil, Vol. 31, No. 3, pp. 225-232, 2004
- Katona, T. R. and Winkler, M. M., "Stress analysis of a bulk-filled Class V light-cured composite resotration," J Dent Res, Vol. 73, No. 8, pp. 1470-1477, 1994
- Geramy, A. and Sharafodin, F., "Abfraction: 3D analysis by means of the finite element method," Quintessence Int, Vol. 34, No. 7, pp. 526-533, 2003