

# 치조골흡수 유형에 따른 치근단 절제술의 수술적 평가에 관한 연구

홍형택<sup>1</sup> · 전흥재<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 기계공학과

## Surgical Evaluation of Endodontic Treatments for Apicoectomy According to Alveolar Bone Resorption Types

Hyoung Taek Hong<sup>1</sup> and Heoung Jae Chun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Mechanical Engineering, Yonsei Univ., Seoul, 120-749, Korea

### Abstract

The surgical evaluation of the apicoectomy with various types of alveolar bone resorption was conducted in current study. The apicoectomy is the common and important treatment in endodontics. Finite element analysis was used for evaluation. The 3D solid model of the maxillary central incisor was reconstructed using CT images of a mature Asian female. Loading and boundary conditions were simulated in the normal mastication of maxillary central incisor.

For evaluation of apicoectomy, lingual, labial and entire alveolar bone resorption models were developed. In the results, lingual alveolar bone resorption did not significantly influence stress distribution pattern of root dentin and labial alveolar bone had an important role for supporting structural stability in tooth system.

**Keywords** : apicoectomy, bone resorption, finite element

### 1. 서 론

치근 절제술은 치과 보존 치료에서 가장 중요한 수술 중 하나로서 세균에 감염된 치근단 및 치근단 병소를 제거하기 위한 보존 수술기법이다. 1880년 Farrar이 처음 학계에 보고한 이후로 많은 연구가 되어오고 있다(Farrar, 1880). 치근 절제술은 세균 감염에 의한 염증으로 인하여 전체 치아를 보존할 수 없는 경우, 주 세균감염부인 치근단 및 치근단 병소를 제거한 후 근관을 밀봉함으로써 추가적인 감염을 막는 수술기법이다. 치근 절제술은 이론적으로 모든 치아에 가능하지만, 해부학적 이유로 주로 상, 하악 전치에서 시술되고 있다. 현재 수술장비 및 수술기법의 발달로 치근단의 사선절제가 아닌 수평절제가 가능해 졌다. 수평 치근단 절제술은 치근의 미세파절 위험이 적으며 다근관 치아의 설측 치근관의 접근이 용이하여, 사선 치근단 절제술에 비하여 장기적인 추이로 치아 유지 성공률이 높은 장점이 있다.

치근 절제술에 대한 연구는 임상 연구를 중심으로 많이 연구되어 왔다. Lagner는 100명의 환자를 대상으로 수술 경과를 연구하였고, 이에 따라 치근 절제술의 주요 실패 원인이 치근 파절 및 치주염의 재발이라는 결과를 얻었다(Lagner, 1981). Carnevale도 치근절제술 환자의 경과 관찰을 통해 5.7%의 실패율로 안정적인 시술 성공률을 보이나 실패의 주 원인이 치근 파절이라는 연구 결과를 제시하였다(Carnevale, 1991). Ingle은 치근단 3mm 절제시 근단 부위의 감염된 미세근관을 제거할 수 있으며, 충전재의 삽입을 통해 치근단 밀폐가 가능하다고 주장하였다(Ingle *et al.*, 2002). Giheany의 연구에 따르면 수평 치근단 절제술이 사선 치근단 절제술에 비하여 미세 노출이 감소하였다(Giheany, 1994). Kaplan은 Cold-burnish한 Gutta-percha가 아말감이나 Heat-sealed Gutta-percha보다 치근단 폐쇄가 우수함을 주장하였다(Kaplan, 1982). 그리고 Edmunds와 Mattison은 근단의 역충전이 3mm 이상의 길이로 시행할 경우, 역충전재의 종류와는 상

\* Corresponding author:

Tel: +82-2-2123-4827; E-mail: hjchun@yonsei.ac.kr  
Received November 4 2013; Revised November 19 2013  
Accepted November 20 2013

©2013 by Computational Structural Engineering Institute of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

관없이 미세누출이 감소함을 보고하였다(Edmunds, 1989; Mattison, 1985).

하지만 유한요소해석을 이용하여 치아의 기계적 및 생체역학적 특성을 분석한 연구는 선행된 연구가 매우 부족한 실정이다. 관련된 선행 연구로써 골흡수에 의하여 치근의 2mm 이상이 노출됐을 경우 치근 절제술이 시술의 위험성을 가질 수 있음에 대해 알린 연구가 있다(Hong, 2013).

치조골의 흡수 유형은 치조골의 흡수량과 마찬가지로 치아의 구조적 안정성을 결정짓는 중요한 요소 중 하나이다. 치조골의 흡수 유형은 치아의 생체역학적 거동특성에 중요한 영향을 미친다. 따라서 치조골 흡수 유형에 따른 영향 분석은 치근단 절제술의 장기적 유지 성공률에 중요한 역할을 한다. 하지만 선행된 논문에서 치조골의 다양한 흡수 유형에 따른 치근 절제술의 생체 역학적 특성에 대한 평가 및 연구는 아직 미진하다.

본 연구의 목적은 유한요소해석법을 이용하여 치조골의 결손 유형에 따라, 치근단 절제술의 영향을 분석하고 이에 따라 수술적 평가를 하는 것이다. 이를 위해 치아의 상아질 의 응력분포를 비교·분석한다. 유한요소해석에 필요한 모델로 치근 절제술의 주요 시술 대상인 상악 중절치를 선정하였으며, 하중조건은 상악중절치의 정상저작 조건에 따른다.

## 2. 본 론

### 2.1 유한요소해석

해부학적인 이유로 치근 절제술이 가장 많이 시술되는 상악 중절치의 유한요소 모델을 한국 성인 여성의 CT 이미지를 이용하여 생성하였다. CT 스캐닝은 0.1mm 간격으로 수행되었으며 얻어진 CT이미지 데이터를 통해 3D 모델을 생성하였다. 상악 중절치는 Enamel, Dentin, Periodontal ligament, Pulp, Cortical bone, Cancellous bone으로 구성된다. Cortical bone은 1mm 두께로 생성되었으며, Dentin의 주변에서는 0.5mm의 두께를 가진다. 또한 Cortical bone은 치아머리로부터 1mm 떨어진 부분에 존재한다. Periodontal ligament의 두께는 0.2mm로 가정되었다. 생성된 상악중절치 모델은 21mm의 길이를 가지며, 치아머리는 9mm, 치아 뿌리는 12mm로 치아머리와 치아 뿌리의 비율이 약 1.3으로 서양인에 비해 작은 비율을 가지는 전형적인 동양인 치아의 형상을 따른다.

치근단 절제술은 치아머리의 설측 면에 구멍을 내어 필프를 제거하고 Gutta-percha로 충전한 후 치아머리를 Resin으로 마감한다. 또한 치근의 3mm를 절제한 후 하단을 MTA

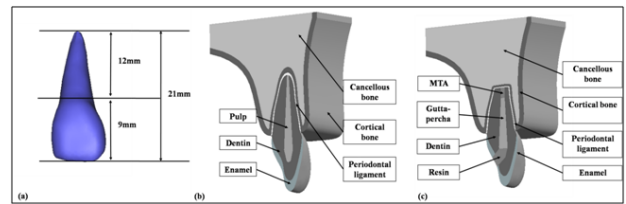


Fig. 1 Maxillary central incisor models: (a) tooth shape, (b) intact model and (c) apicoectomy model

(Mineral Trioxide Aggregate)로 밀봉한다. 치근의 절제는 수평절제법을 사용한다.

생성된 3D 모델은 선형 사면체 요소를 가지며 모든 조직 및 재료 간에 완전 결합 조건이 적용되었다.

### 2.2 치조골 흡수 유형

선행된 연구에서 치조골의 전체적인 골흡수가 진행되었을 때 치근의 노출 길이가 2mm 이상인 경우 치근단 절제술의 시술이 위험함을 밝혔다. 본 연구에서는 정상모델, 골흡수가 발생하여 치근이 전체적으로 2mm 노출된 모델, 설측에서만 노출된 모델, 순측에서만 노출된 모델 각각에 대하여 치근 절제술을 시술한 모델들을 비교·분석한다.

### 2.3 재료 물성치

본 연구에 사용된 모든 조직 및 물질은 등방성이고 선형 탄성 거동을 하는 조직 및 물질로 가정한다. 재료들의 물성은 선행된 연구로부터 제시된 것들을 사용하였다. 현 연구에 사용된 물질의 기계적 물성은 Table 1과 같다(Albuquerque, 2003; Brasseale, 2011; Mattos, 2012).

Table 1 Material properties for the finite element model

| Material                         | Elastic modulus (GPa) | Poisson's ratio | Strength (MPa)       |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|
| Dentin                           | 18.6                  | 0.31            | Tensile: 63.2 - 95.9 |
| Enamel                           | 41.4                  | 0.3             | -                    |
| Periodontal ligament             | 0.05                  | 0.3             | -                    |
| Cortical bone                    | 13.7                  | 0.3             | -                    |
| Cancellous bone                  | 1.37                  | 0.3             | -                    |
| Pulp                             | 0.0003                | 0.45            | -                    |
| Gutta-percha                     | 0.00069               | 0.45            | -                    |
| BOne cement (Resin)              | 8                     | 0.3             | -                    |
| MTA (Mineral Trioxide Aggregate) | 22.4                  | 0.24            | -                    |

### 2.4 하중조건

연구를 위해 상악 중절치의 정상저작 하중조건을 이용하여 유한요소해석을 수행하였다. 설측의 치아 머리의 끝에서 2.5 mm 떨어진 부분에 100N의 경사하중을 치아의 주축과 45°의 각도로 작용하였다(Carlsson, 1974).

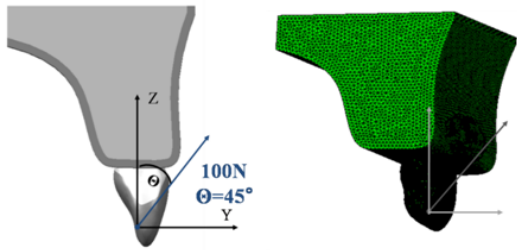


Fig. 2 Loading and boundary conditions in maxillary central incisor

### 2.5 해석 결과 및 고찰

치근 절제술의 시술 전 및 시술 후의 결과로써 모델 별 상아 질에서의 최대 등가응력과 응력분포는 Figs. 3 4에 각각 나타 내었다. 선행되었던 연구에서 알 수 있듯 전체적인 골흡수가 발생하여 치근의 노출이 순측, 설측 양면에서 2mm 발생하였 을 때 치근단 절제술을 시행하였을 경우 치근 상아질의 응력이 크게 증가하여 상아질의 최소 강도를 넘는 등가응력을 가지게 된다. 순측 치근이 2mm 노출되었을 경우 양면으로 치근이 노 출되었을 경우와 크지 않은 차이를 가지는 최대응력을 가진다. 또한 설측 치근이 2mm 노출되었을 경우는 순측 치근의 노출 에 비하여 최대응력의 증가가 작음을 알 수 있다.

또한 모든 모델에서 최대응력이 발생하는 위치는 치근의 순측 부와 Cortical bone이 만나는 부위이다. 이에 따라 순 측, 설측 모두에서 치근이 노출되었을 경우 및 순측 치근이 노출되었을 경우에서 치아의 뿌리 쪽으로 최대응력 지점이 이동하는 것을 알 수 있다.

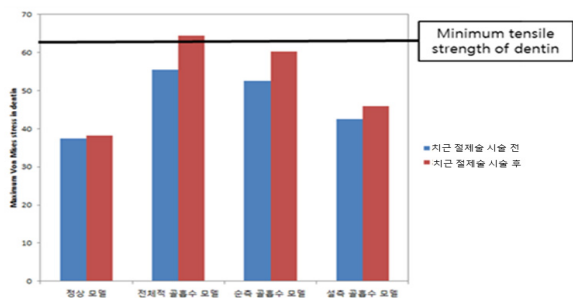


Fig. 3 Maximum Von Mises stresses of the various alveolar bone resorption models in dentin

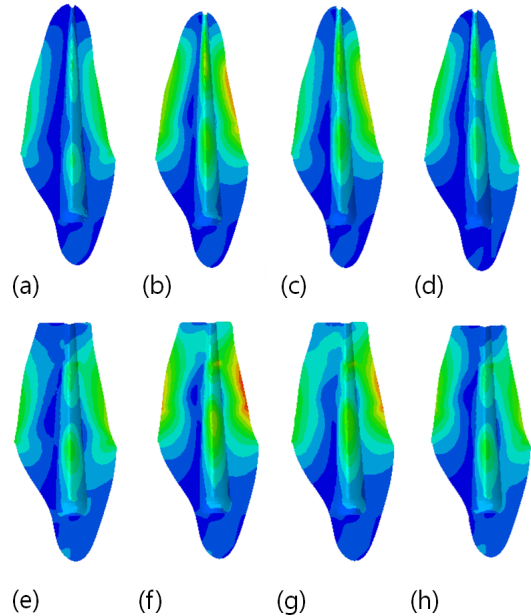
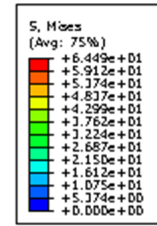


Fig. 4 Stresses distributions of the various alveolar bone resorption models in dentin

### 3. 결 론

본 연구에서는 유한요소해석법을 이용하여 치조골의 결손 유형에 따른 치근단 절제술의 영향을 분석하는 수술적 평가를 하였다. 이를 위해 치아의 상아질 및 주변 변연골의 응력 분포를 비교·분석하였다. 치근 절제술의 주요 시술부인 상악 중절치 모델을 선정하였으며, 하중조건은 상악중절치의 정상저작 조건을 따른다. 치조골 흡수유형에 따른 모델을 생성하였으며 이들의 생체역학적 비교를 수행하였다.

본 논문에서 제시된 결과에 따라 치조골의 흡수에 따라 설측, 순측 모두에서 2mm 치근이 노출되었을 경우와 순측으로 치근이 2mm 노출되었을 경우 치근 절제술을 진행하였을 때 치근의 파손위험이 크게 증가함을 밝혔다. 하지만 설측으로 치근이 2mm 노출되었을 경우는 정상모델을 대상으로 치근절제술을 진행하였을 때와 비교하여 치근의 상아질에서 발생하는 응력의 크기가 다른 모델들에 비해 상대적으로 크게 증가하지 않음을 밝혔다. 이는 모든 모델의 치아 뿌리에 있어서 순측 표면과 Cortical bone과의 경계에서 최대 응력이 발생하므로 순측 골흡수가 발생하면 치아의 형상에 따라 주

로 치조골로의 하중을 전달하는 부위인 치아뿌리의 면적이 작아지므로, 그리고 하중 방향에 따라 발생하는 모멘트에 대하여 노출되는 치아뿌리가 모멘트 팔의 역할을 하기 때문에 설측 골흡수가 발생하는 경우보다 치근의 최대 응력이 큼을 알 수 있다. 이에 따라 설측의 치조골 흡수가 치아의 구조적 안정성에 미치는 영향은 순측 치조골 흡수에 비하여 작으며, 치근 절제술의 시술 결정 시 순측 치조골의 흡수가 치아의 구조적 안정성에 중요한 역할을 함을 알 수 있다. 따라서 상악중절치에 있어서 같은 정도의 치아 뿌리의 노출이 존재한다 하더라도, 순측 치조골 흡수에 따른 치근 노출을 가진 환자에 대한 치근 절제술을 시술할 때에는 생체역학적 관점에서 유의해야 할 필요성을 밝혔다.

### 참 고 문 헌

- Albuquerque R.C.** (2003) Stress Analysis of an Upper Central Incisor Restored with Different Posts, *Journal of Oral Rehabilitation*, 30, pp.936~943.
- Asmussen E.** (2005) Finite Element Analysis of Stresses in Endodontically Treated, Dowel-restored Teeth, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 94(4), pp.321~329.
- Brasseale B.J.** (2011) *An In-vitro Comparison of Microleakage with E. Faecalis in Teeth with Root-end Fillings of Proroot MTA and Brasseler's Endosequence Root Repair Putty*, Indiana University, Indiana, p.34.
- Carlsson G.E.** (1974) Bite Force and Chewing Efficiency, *Front Oral Physiol*, 1(0), pp.265~292.
- Carnevale. G.** (1991) A Retrospective Analysis of the Periodontal-prosthetic Treatment of Molars with Interradicular Lesions, *The International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 11(3), pp.191~205.
- Edmunds D.H.** (1989) The Sealing Ability of Amalgam Used as a Retrograde Root Filling in Endodontic Surgery, *Int. Endod. J.*, 22, pp.290~294
- Farrar J.N.** (1880) Radical Treatment of Alveolar Abscess, *Dent Cosmos*, 22, pp.377~383.
- Giheany P.A.** (1994) Apical Dentin Permeability and Microleakage Associated with Root End Resection and Retrograde Filling, *Journal of Endodontics*, 20(1), pp.22~26.
- Hong H.T.** (2013) Surgical Evaluation of Endodontic Treatments for Apicoectomy and Post Systems using Finite Element Analysis, *Yonsei University*, Seoul, pp.26~28.
- Ingle, J.I., Bakland, L.K.** (2002) *Endodontics*, Pmph Bc Decker, Ontario, p.100.
- Kaplan S.D.** (1982) A Comparison of the Marginal Leakage of Retrograde Techniques, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 54(5), pp.583~585,
- Langer. B.** (1981) An Evaluation of Root Resections: A Ten-year Study, *The International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 52(12), pp.719~722.
- Mattison G.D.** (1985) Microleakage of Retrograde Smalgams *J. Endod*, 11, pp.340~345.
- Mattos C.M.** (2012) Numerical Analysis of the Biomechanical Behaviour of a Weakened Root after Adhesive Reconstruction and Post-core Rehabilitation, *Journal of Dentistry*, 40(5), pp.423~432.

### 요 지

본 논문에서는 치조골의 흡수 유형에 따른 치근단 절제술의 수술적 평가를 수행하였다. 유한요소해석이 사용되었으며 CT 이미지를 통하여 동양 성인 여성의 상악 중절치의 3D 모델을 사용하였다. 연구에는 상악중절치의 정상저작하중조건이 적용되었다. 치조골 흡수 유형에 따른 치근 절제술의 평가를 위해 정상모델과 함께 치조골의 전체적 흡수 모델, 순측 흡수 모델 및 설측 흡수 모델을 비교하였다. 이에 따라 설측 치조골 흡수의 영향은 순측 치조골의 흡수에 비해 치아의 유지 안정성에 미치는 영향이 작음을 확인하고, 설측 치조골 흡수로 인해 치근이 노출된 환자를 대상으로 한 치근 절제술의 위험 가능성을 제시하였다.

**핵심용어** : 치근 절제술, 치조골 흡수, 유한요소해석