

# 편측성 후방연장 국소의치의 의치상에 이탈력이 가해질 때 간접유지장치가 장착된 치아 주위조직에 발생하는 응력에 관한 광탄성 분석

경북대학교 치과대학 보철학교실

손지영 · 이청희 · 조광현

## I. 서 론

유리단을 가진 환자에서 국소의치를 장착시, 하악의 기능적 및 비기능적 운동에 따른 응력은 교합면 레스트, 유도면, 직접유지장치 및 간접유지장치에 의하여 지대치와 그 주위조직에 전달된다.

저작력이 후방연장 국소의치상에 가해질 때 의치상은 조직방향으로 움직이고, 국소의치는 견고한 교합면 레스트가 위치하는 양측 최후방점을 연결한 선을 중심으로 회전하게 되면서 이러한 하중은 교합면 레스트와 의치상이 놓인 조직에 의해서 지지하게 된다.

저작후 하악을 개구운동할 때 음식물의 종류나 연조직의 반발력등에 의해 의치상이 조직으로부터 이탈하려는 운동이 일어나게 된다. 이러한 의치상이 들어올려지는 운동에 저항하기 위하여 간접유지장치가 사용되며 이때의 회전축은 교합면 레스트에서 직접유지장치의 유지부 침단부위로 이동하게 된다.

McCraken<sup>1)</sup>은 간접유지장치가 의치상이 들어올려지는 운동을 저지하고, 주연결장치의 침강을 방지한다고 하였고, Steffel<sup>2)</sup>은 간접유지장치는 주연결장치가 기울어지는 것을 감소시켜 수평력으로부터 안정성을 증가시키며, 주지대치의 교합면 레스트를 통과하는 가상선을

중심으로 기능한다고 하였다. McDowell<sup>3)</sup>은 유리단 국소의치의 간접유지장치의 주기능은 유리단으로부터 의치상이 들어 올려지는 것을 방지한다고 하였고, Fisher 등<sup>4)</sup>은 전치부인 경우에서 간접유지장치의 효과와 기능에 대한 보고가 거의 없다고 하였다.

모든 물체에 외력이 가해지면 응력이 발생하므로 국소의치에서도 저작력이나 이탈력이 가해지면 응력이 발생하며 이러한 응력은 지대치 및 잔존치조직을 통하여 악구조물로 전달 분산하게 된다.

수복물 또는 보철물에 대한 실험은 구강내에서 시행하기가 어려우므로 공학적 개념을 응용한 실험이 많이 이용되고 있다. 응력을 분석하는 공학적 방법으로는 스트레인게이지법(strain gauge measurement), 브리틀 래커코팅법(brittle lacquer coating), 홀로그래프법(holography), 무아레 무늬 분석법(Moire analysis), 유한요소법(finite element analysis) 및 광탄성 응력 분석법(photoelastic stress analysis) 등이 있다. 그 중 광탄성 현상은 1816년에 Brewster가 발견한 이래 많은 분야에서 사용되어 왔으며 1935년 Zak<sup>5)</sup>에 의해 처음으로 치의학 분야에 응용되었고, 치과 보철학분야에서도 2차원 광탄성 응력법에 의한 연구<sup>6-14)</sup>와 3차원 광탄성 응력법에 의한 연구<sup>15-28)</sup>가 보고되

었다.

본 연구에서는 생체와 유사하게 재현한 광탄성 모형을 제작한 후 굴절지수의 변화와 모형에 입사한 편광의 주변형율의 차이에 의해 비례적으로 빛이 굴절하여 위상지연이 일어나 가시적인 측정이 가능한 광탄성 응력분석법을 이용하였다.

수복물에 있어서의 여러가지 압축력을 가하여 응력 발생을 측정할 보고는 많이 있었으나 아직도 이탈력을 가하여 응력 발생을 측정할 것은 거의 접하지 못하여 저자는 편축성 후방연장 국소의치인 경우에 의치상의 부상과 회전을 방지하기위해 보존적인 유지장치인 간접유지장치의 위치를 달리 하여서 이탈력을 가한 후, 그 지대치 주위조직에 발생한 응력분포상태를 3차원 응력분석법에 의한 다소의 지견을 얻었기에 이에 그 결과를 보고하는 바이다.

## 재료및 방법

### 1. 재료

국소의치 적응증례 중 Kennedy 분류 II급의 경우로 하악우측 제1대구치, 하악우측 제2대구치가 결손된 증례를 연구대상으로 하였다.

### 2. 방법

#### A. 실험모형 및 지대치의 제작

편축성 후방연장 국소의치의 경우로, 하악우측 제1대구치, 하악우측 제2대구치가 결손된

Kennedy 분류 II급 증례의 Dentiform을 이용하여 연구용 기본모형을 제작하였으며, 하악좌측 중절치, 하악좌측 측절치, 하악좌측 견치, 하악좌측 제1소구치및 하악좌측 제2소구치는 치과용 레진을 이용하여 Wheeler<sup>29)</sup>가 기술한 평균 치아 크기의 치관 및 치근형태로 제작하였고, 제작된 치아가 사용될 모형에는 측절치에서는 incisal hook rest, 하악좌측 견치에는 cingulum rest, 하악좌측 제1소구치에는 근심교합면 레스트를 형성하였으며 직접유지장치가 위치될 하악좌측 제1대구치와 하악좌측 제2대구치부위는 엠브레져 클라스프가 위치되도록 지대치를 형성하였고 하악우측 제2소구치부위는 RPI clasp가 위치 되도록 지대치를 형성하였으며, 각각 0.020인치의 유지량을 부여하였다.

이렇게 형성된 모형을 공업용 실리콘(KE14 02, Shin-Etsu Chemical Co. Japan)으로 음형을 제작하였다.

#### B. 광탄성 실험모형의 제작

하악좌측 중절치, incisal hook rest를 형성한 하악좌측 측절치, cingulum rest를 형성한 하악좌측 견치, 근심교합면 레스트를 형성한 하악좌측 제1소구치와 하악좌측 제2소구치를 공업용실리콘으로 음형을 제작하여 에폭시 레진(EC-815F)으로 치아를 제작하였으며, 제작된 5개의 치아를 음형에 위치시킨다음 에폭시 주재(JEC 808)와 경화제를 중량비 10 : 8로 계량

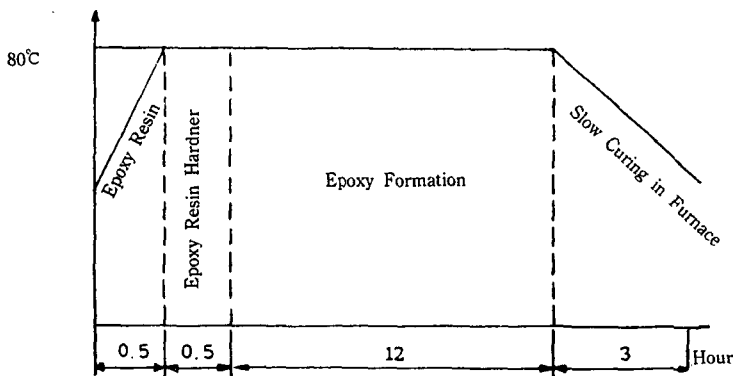


Fig. 1. Curing cycle in the stress freezing furnace.

하고 응력 동결로에서 용해된 에폭시 주체에 경화제를 첨가하여 용해 시킨후 음형에 주입하고 성형주기(Fig. 1)에 따라 광탄성 실험모형을 완성하였다.

### C. 실험의치의 제작 및 응력동결

완성된 광탄성 실험모형을 알지네이트 인상재로 인상채득하여 경석고로 주모형을 제작하였고, 금속상 장착에 따른 응력발생을 억제하기 위하여 주유지장치와 부유지장치를 제외한 모든 부위는 통법에 따라 릴리프하고 주연결장치로는 ling-ual bar를 사용하였고, 의치상에 하중을 가할 수 있도록 하악우측 제2대구치의 원심변연 용선에 해당하는 부위(하악우측 제2소구치의 원심면에서 후방으로 21.5mm 부위)에 고리를 형성하여 통상적인 매몰및 구조과정을 통법에 따라 시행하여 하악좌측 측절치에

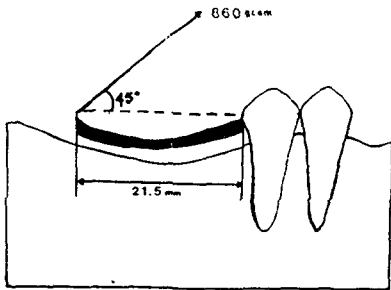


Fig. 2. Applied dislodging force on the models.

incisal hook rest를 간접유지장치로 가지는 국소의치 구조체(Model I), 하악좌측 견치에 cingulum rest를 간접유지장치로 가지는 국소의치 구조체(Model II), 하악좌측 제1소구치에 근심교합면 레스트를 간접유지장치로 가지는 국소의치 구조체(Model III)를 3개 제작하였다.

완성된 구조체의 적합도를 주모형에서 확인한 후 광탄성 실험모형에 각각 장착 하였다.

실험모형을 응력 동결로(Stress freezing furnace)내의 하중장치에 위치시키고 하중점인 하악우측 제2대구치의 원심변연 용선부위에 위치한 고리에 교합평면에서 전상방 45° 방향으로 860gm의 이탈시키려는 힘을 가하였으며(Fig. 2), 이 힘이 가해진 채로 응력동결주기(Fig. 3)에 따라 응력을 동결시켰다.

### D. 동결된 응력의 측정.

국소의치 구조체를 응력이 동결된 실험모형에서 제거한후 모형을 중심선에서 절단하고 각 실험치아와 양인접치의 근·원심방향에 생긴 무늬차수를 측정하기 위하여 협측에서 관찰하였다.

절단된 모형을 광탄성 물질과 굴절률이 같은  $\alpha$ -Bromnaphthalene과 유동과라핀 혼합액(1 : 0.565)속에 넣고 광탄성 실험장치(Photoelasticity Experiment Appliance : PA-420, Riken Keiki Fine Instrument Co., Japan)에 설치하여 나타난 등색선을 사진촬영하였다.

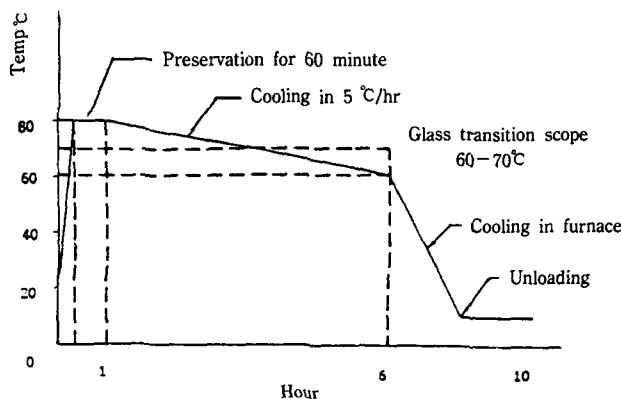


Fig. 3. Stress freezing cycle.

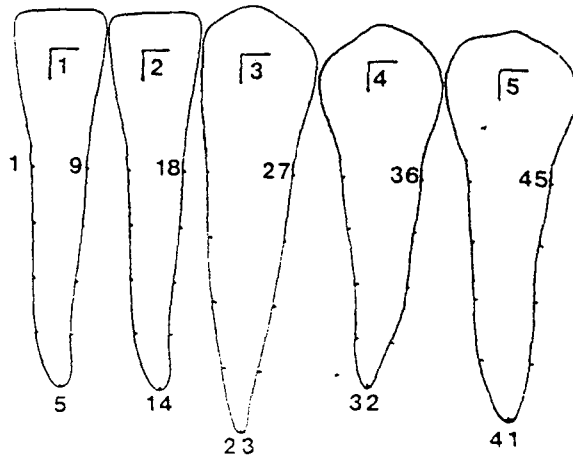


Fig. 4. Measuring points of mesial and distal sides of roots.

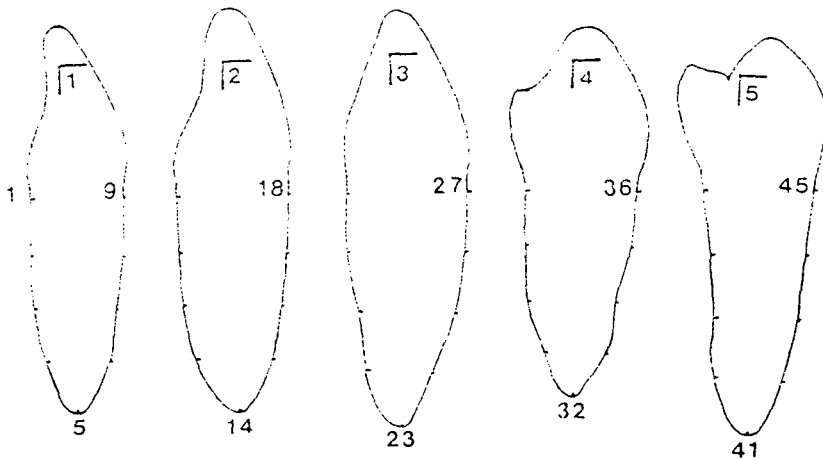


Fig. 5. Measuring points of buccal and lingual sides of roots.

3가지 모형을 협설방향으로 사진촬영을 한 후 간접유지장치가 장착된 지대치와 양쪽 인접치의 접촉점을 지나는 방향으로 협설측으로 절단하여 각 치근의 협측과 설측에 발생한 무늬차수를 관찰하고 사진촬영하였다.

현상된 필름을 육안 및 광학 확대기(Optical Comparator : Sc Herr Tumi Co., U.S.A.)로 분석하였고 Fig. 4, Fig. 5와 같은 임의의 측정점을 설정하여 무늬차수를 측정하였으며, 측정된 무늬차수를 이용하여 지대치 치근주위의 응력분포도를 도해하여 각각의 모형을 비교분석하였다.

## 성적

### 1. Model I

협설측으로 관찰한 결과, 측절치의 근심 치조정부위에 1차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 근심 치근면 중간부위에 0.5차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났으며, 근심 치근단 부위에 0.3차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다. 치근단 부위에는 무늬차수가 나타나지 않았다. 원심 치조정 부위에 3차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 원심 치근면 중간부위에 0.8차의 압축응력을 나타내

는 무늬가 나타났으며, 원심 치근단 부위에 0.3 차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다. 인접치인 중절치의 근심면과 치근단 부위에는 무늬가 나타나지 않았으며, 원심면은 측절치의 근심면과 같은 무늬를 나타냈다. 견치 역시 원심면과 치근단 부위에는 무늬가 나타나지 않았으며, 근심면은 측절치의 원심면과 같은 무늬를 나타냈다(Fig. 6, A).

근원심으로 관찰한 결과, 측절치의 설측 치조정부위에 1차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 설측 치근단 중간부위에 0.5차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났으며, 설측

치근단부위에 0.2차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났다. 치근단 부위에는 무늬가 나타나지 않았다. 협측 치조정부위에 4차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 협측 치근단 중간부위에 1.5차의 압축응력을 나타냈으며, 협측 치근단 부위에 0.5차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다. 인접치인 중절치와 견치에는 측절치보다는 적지만, 측절치와 같은 양상의 응력 무늬차수를 나타냈다(Fig. 6, B).

각 지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 7과 같다.

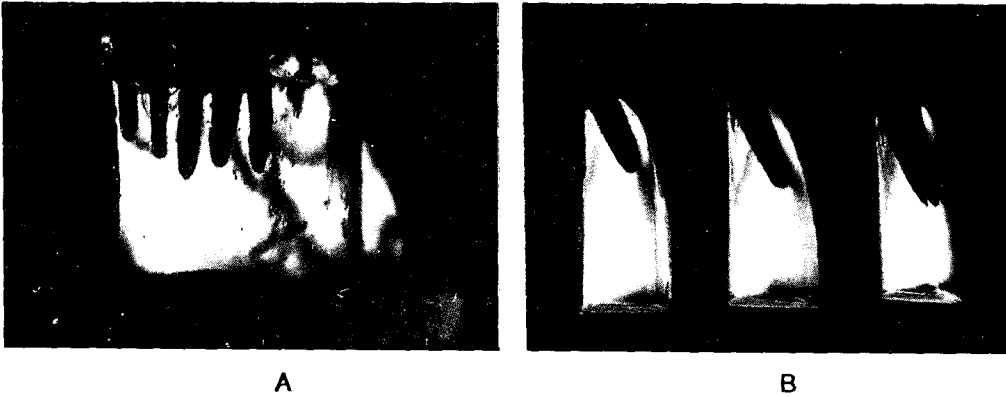


Fig. 6. Photoelastic fringe orders of Model I.

- A, Fringe orders of mesiodistal side of teeth in buccolingual view.
- B, Fringe orders of buccolingual side of teeth in mesiodistal view.

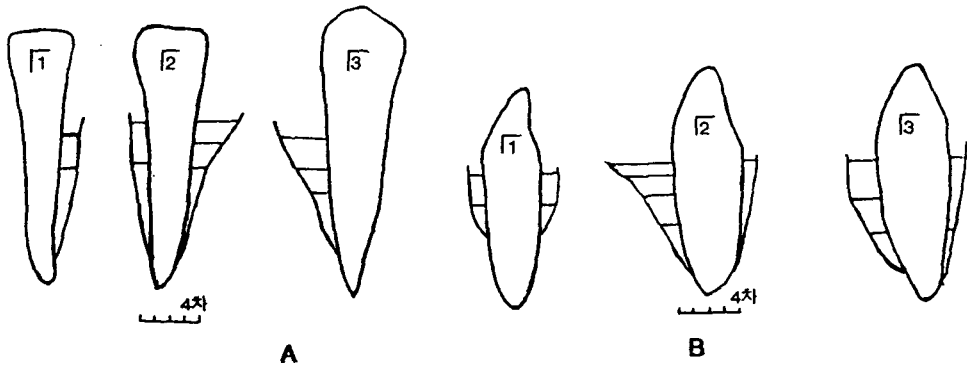


Fig. 7. Photoelastic stress distribution of Model I.  
A, Stress distribution of mesiodistal side.  
B, Stress distribution of buccolingual side.

## 2. Model II

협설측으로 관찰한 결과, 견치의 근심 치조정 부위에 2차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 근심 치근면 중간부위에 0.5차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났으며, 근심 치근단 부위에 0.1차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다. 치근단 부위에는 무늬차수가 나타나지 않았다. 원심 치조정 부위에 1차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 원심 치근면 중간부위에 0.5차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났으며, 원심 치근단 부위에 0.3차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다. 인접치인 측절치의 근심면과 치근단 부위에는

무늬가 나타나지 않았으며, 원심면은 견치의 근심면과 같은 무늬를 나타냈다. 제1소구치 역시 원심면과 치근단 부위에는 무늬가 나타나지 않았으며, 근심면은 견치의 원심면과 같은 무늬를 나타냈다(Fig. 8, A).

근원심으로 관찰한 결과, 견치의 설측 치조정 부위에 1차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 설측 치근면 중간부위에 0.3차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났으며, 설측 치근단부위에 0.1차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났다. 치근단 부위에는 무늬가 나타나지 않았다. 협측 치조정 부위에 3차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 협측 치근면 중간부위에 1.5차의 압축응력을 나타냈으며,

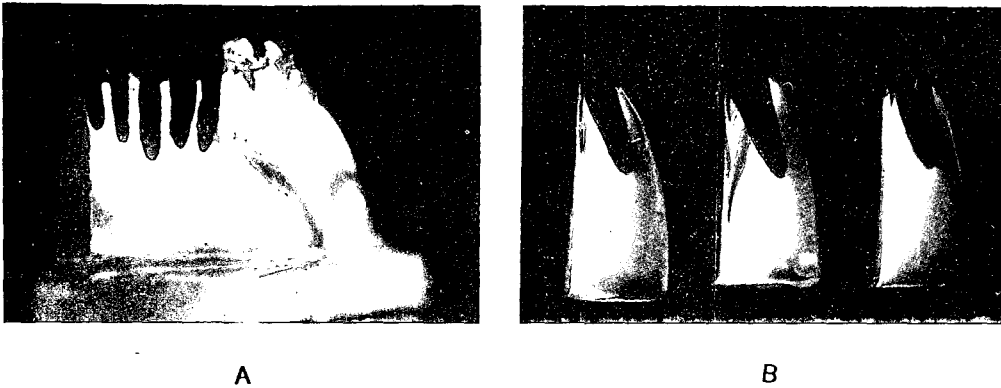


Fig. 8. Photoelastic fringe orders of Model II.

- A, Fringe orders of mesiodistal side of teeth in buccolingual view.
- B, Fringe orders of buccolingual side of teeth in mesiodistal view.

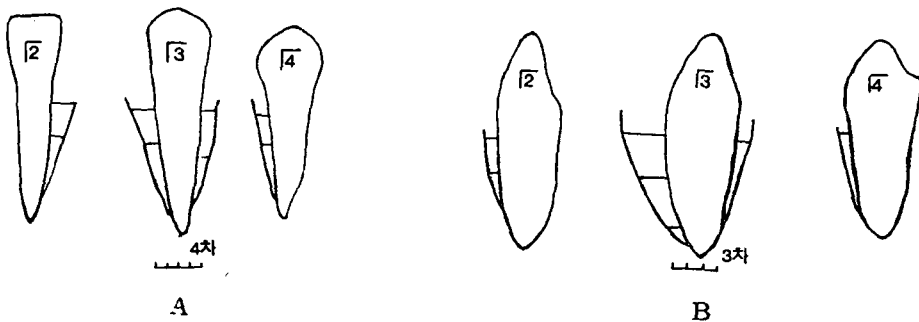


Fig. 9. Photoelastic stress distribution of Model II  
 A, Stress distribution of mesiodistal side.  
 B, Stress distribution of buccolingual side.

협측 치근단 부위에 0.5차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다. 인접치인 측절치와 제1소구치에서는 견치보다는 적지만 견치와 같은 양상의 응력 무늬차수를 나타냈다(Fig. 8, B).

각 지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 9와 같다.

### 3. Model III

협설측으로 관찰한 결과, 제1소구치의 근심 치조정 부위에 2차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 근심 치근면 중간부위에 0.5차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났으며, 근심 치근단 부위에 0.3차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다. 치근단 부위와 원심면

부위에는 무늬차수가 나타나지 않았다. 인접치인 견치의 근심면과 치근단 부위에는 무늬가 나타나지 않았으며, 원심면은 제1소구치의 근심면과 같은 무늬를 나타냈다. 제2소구치의 치근단부위에는 무늬가 나타나지 않았다(Fig. 10, A).

근원심으로 관찰한 결과, 제1소구치의 설측 치조정부위에 0.5차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 설측 치근면 중간부위에 0.2차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났으며, 설측 치근단부위에는 무늬가 나타나지 않았다. 치근단 부위에는 0.2차의 압축응력을 나타냈다. 협측 치조정부위에 2차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 협측 치근면 중간부위에 1차의 압축응력을 나타냈으며, 협측 치근단 부

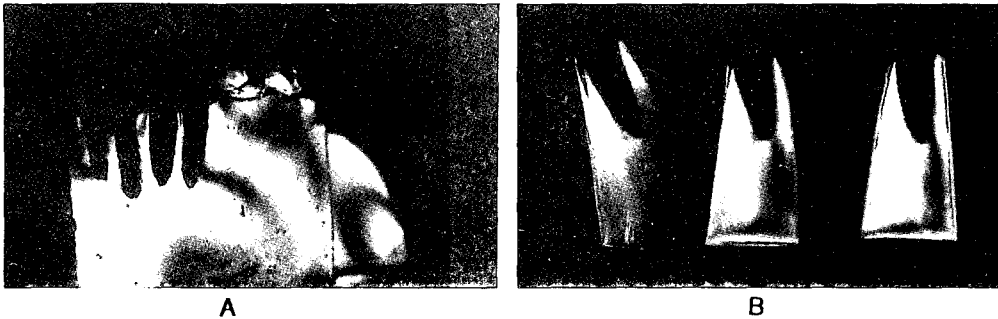


Fig. 10. Photoelastic fringe orders of Model III.

A, Fringe orders of mesiodistal side of teeth in buccolingual view.

B, Fringe orders of buccolingual side of teeth in mesiodistal view.

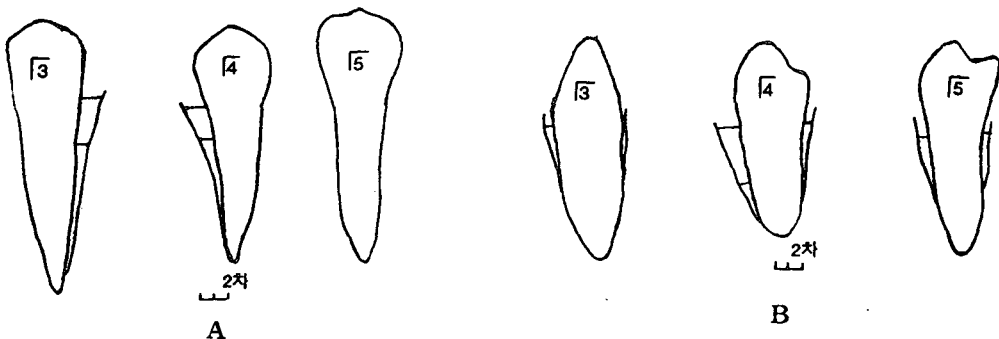


Fig. 11. Photoelastic stress distribution of Model III.

A, Stress distribution of mesiodistal side.

B, Stress distribution of buccolingual side.

위에 0.3차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다. 인접치인 견치와 제2소구치에는 제1소구치보다는 적지만 제1소구치와 같은 양상의 응력 무늬차수를 나타냈다(Fig. 10, B).

각 지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 11과 같다.

이상의 결과로 보아 근원심부에서의 간접유지장치가 안착된 지대치 주위조직에 나타난 압축응력은 Model I에서 가장 많이 나타났고 Model II, Model III 순으로 나타났다. 지대치 주위에 있는 양 인접치의 근원심면은 인접한 지대치의 근원심면과 같은 압축응력을 나타냈다. Model I, Model II, Model III 모두 치근단 부위에서는 압축응력이 나타나지 않았고

치근단 부위에서 치조정부위로 갈수록 높은 응력 형태를 나타냈다.

Model I, Model II 지대치의 근원심면은 모두 압축응력이 나타났으나, Model III의 지대치인 제1소구치에서는 원심면에 압축응력이 나타나지 않았다(Fig. 12).

지대치와 양 인접치의 협측과 설측에 나타나는 응력의 분포를 보면 협측에서는 모두 압축응력이 나타났고, 설측에서는 인장응력이 나타났다. 협측에 나타난 압축응력은 Model I, Model II, Model III 순으로 나타났고, 협측과 설측에 나타난 압축응력과 인장응력 역시 치근단 부위에서 치조정부위로 갈수록 높은 응력 형태를 나타냈다. Model I, Model II에서는 치근단 부위에 응력이 나타나지 않

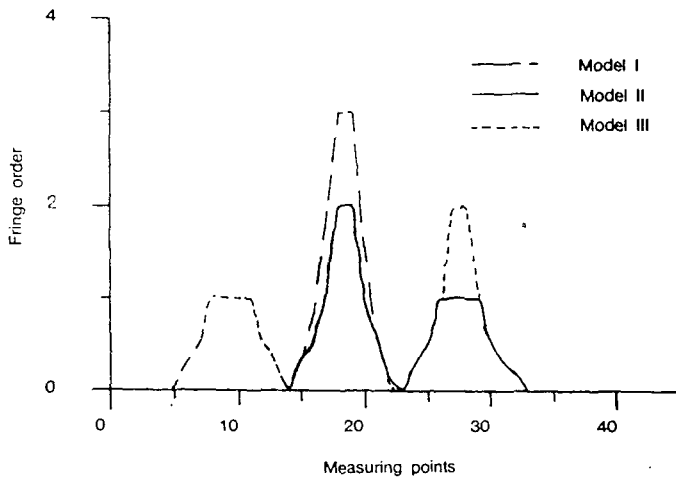


Fig. 12. Fringe orders of each point in buccolingual view.

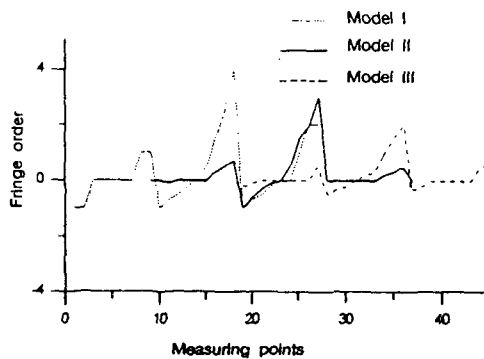


Fig. 13. Fringe orders of each point in mesiodistal view.



왔고, Model III에서는 약간의 압축응력이 나타나았다(Fig. 13).

### 고찰

후방연장 국소의치의 잔존 치조제에 작용된 힘은 최후방지대치의 교합면 레스트를 연결하는 가상의 축을 중심으로 회전운동을 일으키며, 가해진 저작압과 의치의 운동으로 일어나는 측방압에 의해 지대치 치근막과 잔존 치조제 점막의 변형을 초래하므로 국소의치 설계시 이러한 힘들이 국소의치의 구성 요소를 통해, 적절히 지대치와 그 주위조직에 분산시킬 수 있도록 하여야 한다. 이러한 국소의치의 구성 요소를 통해 지대치와 잔존 치근막에 외력을 효율적으로 분산시켜 지대치를 보호하려는 다양한 연구가 있었으며, 이에 국소의치 지대치에 미치는 응력에 대한 많은 연구가 있었다. 응력 분석 방법으로는 strain gauge를 이용하는 방법<sup>30-35)</sup>, 광탄성 응력분석<sup>6-28,36-39)</sup> 및 유한 요소법<sup>40-42)</sup> 등을 많이 이용하고 있다.

교합력에 따르는 응력 양상에 대한 연구로는, Thompson<sup>43,44)</sup>과 Pezzoli<sup>45)</sup>는 교합력이 가해질 때 직접유지장치의 원심 교합면 레스트에는 비트는 힘이 발생되어 치아를 측방으로 기울게 하나, 근심 교합면 레스트인 경우엔 치아를 근심으로 기울게 하지만 전방 치아로부터 지지되어 오히려 지지와 안정을 얻을 수 있다고 보고하였으며, Craig<sup>46)</sup>의 보고에 의하면, 지대치와 치조제에 하중을 가할 때 치조제의 점막의 두께가 두꺼울수록 지대치의 변형율이 증가한다고 하였는데, 본 실험에서는 후방이 무치악인 지대치에 가장 보편적으로 사용되는 RPI클래스프를 사용하였으며, 치조 점막의 두께 변화에 따른 영향은 고려하지 않고, 점막의 두께는 1 mm로 균일하게 부여하였다.

간접유지장치는 후방유리단 의치상에서 지점선에 대해 무치악 반대쪽에 위치하며 회전운동과 이탈력에 의하여 의치상이 치조제로부터 분리되는 것을 막으며 간접적으로 유지에 도움을 주는 것으로 간접유지장치의 존재에 관련된 응력분포양상에 대한 연구로는, Fren-

chette<sup>47)</sup>과 Karies<sup>48,49)</sup>는 Kennedy분류 I 급과 II 급 국소의치에서 간접유지장치의 제거가 지지대치의 동요를 증가시킨다고 하였고, 이는 Hindles<sup>50)</sup>의 연구 결과인 유리단 국소의치상을 간접유지장치의 레스트나 클래스프 없이 제작하면 지지대치의 움직임 및 의치상 하부의 움직임을 증가시킨다는 보고와 비슷하다. 따라서 이러한 간접 유지장치를 설치하지 않는 경우 하악 전치부의 설측, 지지대치의 원심과 설측에 응력의 집중 및 보철물 동요에 의한 치조골의 흡수와 부착치의 염증이 유발되리라 사료된다.

후방연장 국소의치에서 발생하는 이탈력은 점착성 음식물에 의한 견인력, 혀, 혀부, 입술 및 연조직에 의한 압력, 그리고 치조제에 의한 반발력등에 의하여 여러방향으로 생길 수 있으나, 본 실험에서는 임의로 하악우측 제2대구치의 원심 부위에서 지대치인 하악우측 제2소구치의 원심 중앙부를 잇는 방향으로 45°의 각도에서 860gm의 이탈력을 가하였다. 하중 및 이탈력의 방향에 대한 조건은 국소의치 삽입로와 일치되게 하고자 하였으나 이렇게 할 때에는 간접유지장치가 장착된 지대치 주위에 무늬차수 측정이 용이하지 않아 예비실험을 통하여 적절한 무늬 차수가 발생하면서 모형의 변형이나 지대치의 탈락이 생기지 않는 응력 동결로내에서의 860gm과 전상방 45° 각도로 결정했다.

본 실험에서는 간접유지장치가 장착된 치아와 양 인접치인 하악좌측 중절치, 하악좌측 측절치, 하악좌측 견치 및 하악좌측 제1소구치, 하악좌측 제2소구치를 광탄성 성질을 가진 재료인 아랄다이트 B형 에폭시 레진으로 치아를 제작하였다. Avant<sup>51)</sup>는 간접유지장치 형태에 대한 연구에서 간접유지장치 형태를 부연결장치와 레스트, 부연결장치와 안정을 위한 클래스프를 가지는 레스트, 부연결장치와 안정과 유지를 위한 클래스프를 가진 레스트의 3종류로 분류하였는데, 본 연구에서는 Avant의 분류중, 클래스프가 없는 부연결장치와 레스트의 형태인, 하악좌측 측절치에는 incisal hook rest (Model I), 하악좌측 견치에는 cingulum rest

(Model II), 하악좌측 제1소구치에는 근심교합면 레스트(Model III)를 형성하여 간접유지장치가 장착된 치아뿐 아니라 인접 치아주위에서 발생하는 응력을 연구하려고 하였다.

하악 후방연장 국소의치의 유리단에서 이탈력을 가한 본 실험에서 모든 모형에서 간접유지장치가 장착된 치아의 근원심 주위와 협측 주위에서는 압축응력이 나타났고, 설측 주위에서는 인장응력이 발생하였으며 치근단 부위에는 응력이 거의 나타나지 않았다. 또한 양 인접 치에서는 간접유지장치가 장착된 치아와 근원심면으로는 서로 인접한 면과 동등한 응력이 나타났고, 협측에서는 적은 압축응력과 설측에서도 역시 적은 인장응력이 나타나 치아가 전방으로 밀리는 양상을 나타내었다.

또한 3가지 모형 모두에서 간접유지장치가 장착된 치아의 치경부에서 가장 많은 응력분포를 나타냈으며 치근단으로 갈수록 응력이 적게 발생하였다.

응력분포면에서 incisal hook rest를 한 하악 좌측 측절치에 가장 많은 응력 분포를 나타냈으며 그 다음이 cingulum rest를 한 하악좌측 견치인 경우였으며, 근심 교합면 레스트를 한 하악좌측 제1소구치에서 가장 적은 응력분포를 나타내었다.

앞으로 직접 유지장치의 형태를 달리 하면서 여러 방향과 여러 하중 조건에서의 측방력과 이탈력이 복합적으로 작용하는 경우에 따른 연구도 보완되어야 한다고 사료된다.

## 요 약

하악좌측 제1대구치와 하악 좌측 제2대구치, 하악우측 제2소구치를 주지대치로 사용하고 하악우측 제1대구치와 하악 우측 제2대구치가 상실된 Kennedy 분류 II급 후방연장 국소의치에서 하악좌측 측절치에 incisal hook rest를 간접유지장치로 가지는 경우(Model I), 하악좌측 견치에 cingulum rest를 간접유지장치로 가지는 경우(Model II), 하악좌측 제1소구치에 근심교합면 레스트를 간접유지장치로 가지는 경우(Model III)의 모형에서, 상실된 하악우측

제2대구치의 원심 변연응선에 해당하는 부위에 고리를 형성하여 교합평면에서 전상방 45° 각도로 860gm의 이탈력을 가하여 간접유지장치가 장착된 지대치와 양쪽 인접치 주위조직에 발생하는 응력을 비교분석한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

3가지 모형 모두에서 지대치의 치근단 부위보다는 치경부의 협측부위와 근원심 부위에 압축응력이 나타났다.

지대치의 설측 치경부에는 3가지 모형 모두에서 약한 인장응력이 나타났다.

협측부위의 압축응력의 크기는 Model I 이 가장 컸고, Model II, Model III 순으로 나타났다.

Model I 과 Model II에서 지대치의 근심과 원심 치경부에 압축응력이 나타났으며, 압축응력의 크기는 Model I 이 Model II보다 더 컸다.

Model III에서는 지대치의 근심 치경부에서만 압축응력이 나타났다.

전반적으로 압축응력의 크기는 Model I 이 가장 컸고, Model II, Model III의 순으로 나타났다.

## 참고 문헌

1. McCracken, W.L. : Contemporary partial denture designs, J.Prosthet.Dent., 8 : 71-85, 1958.
2. Steffel, V.L. : Current concepts in removable partial dentures for fit and function, J.Prosthet. Dent., 4 : 496-509, 1964
3. McDowell, G.C. : Force transmission by indirect retainers during unilateral loading, J.Prosthet.Dent., 39 : 616-621, 1982
4. Fisher, R.L., McDowell, G.C. : Removable partial denture design and potential stress to the periodontium, Int. J.Periodont.Res. Dent., : 35-47, 1975
5. Zak, B. : Photoelastische analyse in der orthodontischenmechanick, A. Stomatol. 33 : 22-37, 1935.

6. Fisher, R.L. : The efficiency of an indirect retainer, *J.Prosthet.Dent.*, 34 : 24-30,1975
7. Craig, R.G., El-Ebrashi, M.K., and Peyton, F.A. : Experimental stress analysis of dental restorations. Part II. Two-dimensional photoelastic stress analysis of crown, *J.Prosthet.Dent.*, 17 : 292-302, 1967.
8. El-Ebrashi, M.K., Craig, R.G., and Peyton, F.A. : Experimental stress analysis of dental restorations. Part VIII. Structure design and stress analysis of fixed partial dentures, *J.Prosthet.Dent.*, 23 : 177-186, 1970.
9. Hood, J.A., Farah, J.W., and Craig, R.G. : Modification of stresses in alveolar bone induced by a tilted molar, *J.Prosthet.Dent.*, 34 : 415-421, 1975.
10. Sutherland, J.K., Holland, G.A., Sluder, T. B., and White, J.T. : Photoelastic analysis of the stress distribution in bone supporting fixed partial dentures of rigid and nonrigid design, *J.Prosthet.dent.*, 44 : 61 16-623,1980.
11. Seto, B.G. and Caputo, A.A. : Photoelastic analysis of stresses in resin-bonded cingulum rest seats, *J.Presthet.Dent.*, 56 : 460-465, 1986.
12. Myers, R.E., Pfeifer, D.L., Mitchell, D.L., and Pelleu, G.B. : Photoelastic study of rests on solitary abutments for distal extension removable partial dentures, *J.Prosthet.Dent.*, 56 : 702-707,1986.
13. 전 진영, 김 영수 : 골유착성 치근형 임프란트에 관한 광탄성응력분석, *대한치과 교합학회지*, 5 : 5-16, 1988.
14. Yang, H.S. and Thompson, V.P. : A Two Dimensional Stress Analysis of Fixed Prosthesis with Rigid or Nonrigid Connectors, *대한치과보철 학회지*, 30 : 445-456,1992.
15. Tillitson, E.W., Craig, R.G., Farah, J.W., and Peyton, F.A. : Experimental stress analysis of dental restorations, Part VIII. Surface strains on gold and chromium fixed partial dentures, *J.Prosthet.Dent.*, 24 : 174-180 1970.
16. Warren, A.B. and Caputo, A.A. : Load transfer to alveolar bone as influenced by abutment designs for tooth-supported dentures, *J.Prothet.Dent.*, 33 : 137-147, 1975.
17. Thompson, W.D., Kratochvil, F.J., and Caputo, A.A. : Evaluation of photoelastic stress patterns produced by various designs of bilateral distal extension removable partial dentures, *J.Prosthet.Dent.*, 38 : 261-273 1977.
18. Kratochival, F.J., Thompson, W.D., and Caputo, A.A. : Photoelastic analysis of stress pattern on teeth and bone with attachment retainers for removable partial dentures, *J.Prosthet.Dent.*, 46 : 21-28, 19 81.
19. Sulik, W.D. and White, J.T. : Modification of stress surrounding abutment teeth for fixed partial dentures induced by various level of periodontal support : A photoelastic study, *J.Prosthet.Dent.*, 46 : 32-35, 19 81.
20. Ko, S.H., McDowell, G.C., and Kotowicz, W.E. : Photoelastic stress analysis of mandibular removable partial dentures with mesial and distal occlusal rests, *J.Prosthet.Dent.*, 56 : 454-459, 1986
21. 조 인호 : 총의치 교합형태에 따른 3차원적 광탄성 응력분석, *대한치과의사협 회지*, 20 : 945-965, 1982.
22. 윤 성일, 장 익태 : 양측성 유리단 국소의 치의 설계변화에 따른 광탄성 응력 분석에 관한 연구, *대한치과의사협회지*, 23 : 45-56, 1985.
23. 조 광현, 최 부병, 박 남수 : 중간지대치가 포함된 고정가공의치의 지대치 주 위조직에 발생하는 응력에 관한 광탄성학적 연구, *대한치과보철학회지*, 25 : 55-68,1987.
24. 한 동후, 이 호용 : 지대치 유지장치설계에 따른 가철성 의치 하부 조직에 가해지는

- 응력에 관한 광탄성학적 연구, 대한치과의  
사협회지, 25 : 155-168, 1987.
25. 이 석현, 조 광현 : 구치부 Cantilever Bridge의 지대치 주위조직에 발생하는 응력의 분석, 경북치대논문집, 6 : 121-130, 1989.
  26. 이 희경, 조 광현 : 유리단 국소의치에 지대치 원심면의 유도면 설계변화에 따라 지대치 주위조직에 발생하는 응력의 분석, 경북치대논문집, 6 : 121-130, 1989.
  27. 강 승중, 계 기성 : 간접유지장치 설계변화에 따른 하악 유리단 국소의치의 광탄성 응력분석, 대한치과보철학회지, 28 : 183-189, 1990.
  28. 이 정남, 조 성암 : 5종 플내 임플란트의 구조에 따른 주위의 응력분산에 관한 광탄성학적 연구, 대한치과보철학회지, 31 : 679-686, 1993.
  29. Wheeler, R.C. : Dental Anatomy, Physiology and Occlusion, 6th ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1984, PP.165-174, 196-208.
  30. Maxfield, J.B., Nicholls, J.I., and Smith, D. E. : The measurement of force transmitted to abutment teeth of removable partial dentures. J.Prosthet.Dent., 41 : 134, 1979
  31. Frechette, A.R. : The influence of partial denture design on distribution of force to abutment teeth. J.Prosthet.Dent., 6 : 195, 1956
  32. Kaires, A.K. : A study of partial denture design and masticatory pressures in a mandibular bilateral distal extension case. J. Prosthet.Dent., 8 : 340, 1958
  33. Metty, C. : Obtaining efficient soft tissue support for the partial denture base. J.A.D. A., 56 : 679, 1958
  34. MaCartney, J.W. : Motionvector analysis of an abutment for a distal extension removable partial denture : A pilot study. J.Prosthet.Dent., 43 : 15, 1980
  35. Tebrock, O.C., Rohen, R.M., Fenster, R.K., and Pelleu, G.B. : The effect of various clasping systems on the mobility of abutment teeth for distal extension removable partial dentures, J.Prosthet.Dent., 41 : 511, 1979
  36. Reitz, P.V., Sanders, J.L., and Caputo, A.A., : A photoelastic study of split palatal major connector. J.Prosthet.Dent., 51 : 19, 1984
  37. Reitz, P.V. and Caputo, A.A. : A photoelastic study of stress distribution by a mandibular split major connector. J.Prosthet. Dent., 54 : 220, 1985
  38. Kratochvil, F.J. and Caputo, A.A. : Photoelastic analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial denture. J.Prosthet.Dent., 32 : 52, 1974
  39. Berg, T. and Caputo, A.A. : Anterior rests for maxillary removable partial denture, J.Prosthet.Dent., 39 : 139, 1978
  40. Wright, Mech, and Yettram : Reactive force distributions for teeth when loaded singly and when used as fixed partial denture abutment, J.Prosthet.Dent., 42 : 411, 1979
  41. Craig, R.G. and Farah, J.W. : Stress from loading distal extension removable partial denture. J.Prosthet.Dent., 39 : 274, 1978
  42. Takahashi, N., Ketagami, T., and Komori, T. : Analysis of stress on a fixed partial denture with a blade-vent implant abutment. J.Prostet.Dent., 40 : 186, 1978
  43. Tomson, M.J. : Reversible hydrocolloid impression material; its treatment and use in operative and prosthetic dentistry. J.A.D.A., 49 : 708-720 1949
  44. Tompson, W.D., Kratochvil, F.J., and Caputo, A.A. : Evaluation of photoelastic stress patterns produced by various designs of bilateral distal extension removable partial dentures. J.Prosthet.Dent., 38 : 261-273, 1977
  45. Pezzoli, M., Rossetto, M., and Calderale,

- P.M. : Evaluation of load transmission by distal extension removable partial dentures by using reflection photoelasticity. *J. Prosthet.Dent.*, 56 : 329-337,1986
46. Craig, R.G., El-Ebrashi, M.K., Lepeak, P.J., and Peyton, F.A. : Experimental stress analysis of dental restorations.Part I two-dimensional photoelastic stress analysis of inlays. *J.Prosthet.Dent.*, 17 : 277-291, 1967
47. Frechette, A.R. : The influence of partial denture design on distribution of force to abutment teeth. *J.Prosthet.Dent.*, 6 : 195-212,1956
48. Karies, A.K. : Effect of partial denture design on unilateral force distribution. *J.Prosthet.Dent.*, : 526-533.1956
49. Kaires, A.K. : Partial denture design and its relation to force distribution and masticatory performance. *J.Prosthet.Dent.* 6 : 672-683 1956
50. Hindles, G.W. : Load distibution in extension saddle parial dentures. *J. Prothet. Dent.*, 2 : 92-100,1952
51. Avant, W.E. : Indirect retention in partial dentures design. *J.Prosthet.Dent.*, 16 : 1103-1110,1966

## 사진 부도 설명

1. 간접유지장치가 하악 좌측 측절치에 장착된 경우의 협설면에서 관찰된 무늬차수
2. 간접유지장치가 하악 좌측 측절치에 장착된 경우의 근원심에서 관찰된 무늬차수
3. 간접유지장치가 하악 좌측 견치에 장착된 경우의 협설면에서 관찰된 무늬차수
4. 간접유지장치가 하악 좌측 견치에 장착된 경우의 근원심에서 관찰된 무늬차수
5. 간접유지장치가 하악 좌측 제1소구치에 장착된 경우의 협설면에서 관찰된 무늬차수
6. 간접유지장치가 하악 좌측 제1소구치에 장착된 경우의 근원심에서 관찰된 무늬차수

논문 사진 부도



1



2



3



4



5



6

Abstract

A PHOTOELASTIC STRESS ANALYSIS IN THE SURROUNDING TISSUES OF TEETH SEATED BY INDIRECT RETAINERS WHEN APPLIED DISLODGING FORCES ON UNILATERAL DISTAL EXTENSION PARTIAL DENTURES

Jee-Young SON, Cheong Hee Lee, Kwang-Hun Jo

*Department of Prothodontics, College of Dentistry, Kyungpook National University*

The purpose of this study was to evaluate the stress distributions in the surrounding tissues of the teeth seated by indirect retainers in three different teeth of unilateral distal extension partial denture when the dislodging forces were applied on denture bases.

Three dimensional photoelastic models were made.

The teeth on which indirect retainers were seated were mandibular left lateral incisor (Model I), canine (Model II), and first premolar (Model III).

The dislodging force with 860gm at 45° angulation to occlusal plane was applied to each model.

Three dimensional photoelastic stress analysis was done, and the records were diagrammed and analysed.

The results were as follows :

The compressive stresses were shown the most on neck portions of buccal, mesial, and distal sides in all three models.

Slight tensile stresses were shown on neck portions of lingual sides in all three models.

The compressive stresses on buccal side were shown in strength in such order as model I, model II, and model III.

The compressive stresses were shown on neck portion of mesial and distal sides of model I and model II, with model I more than Model II.

The compressive stresses were shown only on neck portion of mesial side on Model III.

The general overall magnitude of compressive stresses were shown in strength in such order as Model I, Model II, and Model III.