

편측성 후방연장 국소의치에서 직접유지장치 설계와 지대치 골흡수에 따른 간접유지장치 지대치 주위조직에 발생하는 응력분석

경북대학교 치과대학 보철학교실

이석현 · 이청희 · 조광현

I. 서 론

양측성 혹은 편측성 유리단 국소의치가 교합력을 받을때 의치는 양측의 최후방 지대치에 있는 교합면 레스트를 연결한 가상의 fulcrum line을 중심으로 움직이게 되고 이때 발생하는 힘은 교합면 레스트와 의치상을 통하여 지대치와 치조점막으로 전달된다. 하악을 개구할때 점착성 음식물이나 혀나 혀근같은 의치상 변연에 인접한 근육조직이나 상악인 경우 중력에 의하여 의치상이 잔존치조제로부터 들어올려지는 힘을 받게 되는데 이때는 가상의 fulcrum line이 양측의 최후방지대치의 직접유지장치 유지부침단을 연결하는 선이 되고 이것을 중심으로 의치가 움직이게되고 이런 운동을 방지하기 위하여 많은 선학들은 유리단 국소의치에서 간접유지장치가 필요하다고 하였다.¹⁻⁵⁾ 간접유지장치가 제기능을 발휘하기 위해서는 간접유지장치가 가상의 fulcrum line에서 가장 멀리 떨어져 있어야 하고 직접유지장치가 의치의 탈락을 방지하도록 제기능을 하여야 하며 간접유지 장치는 견고해야 하며 지지가 좋은 지대치에 명확한 레스트 시트를 가지고 있어야 한다.³⁾

간접유지장치는 의치상이 들어올려지는 것을 방지하는 기능외에 부가적으로 의치에 가해지는 수평방향의 힘에 저항하는 역할을 하며 하악의 주연결자가 긴 경우 이것을 지지하며 주연결자를 견고

하게 하고 의치를 relining 할때 의치를 정확하게 재위치시키는 제3의 참조점 역할을 한다.^{4,5)}

간접유지장치에 대한 많은 연구가 있어 왔는데 Fisher와 Jaslow⁶⁾, Frank와 Nicholls⁷⁾은 간접유지장치의 효용성에 관하여 연구하였고, Frechette⁸⁾와 Kaires^{9,10)}은 Kennedy 분류 I급과 II급 국소의치에서 간접유지장치를 제거할 경우 주지대치의 동요도가 증가하는 것을 보여주었다.

McDowell¹¹⁾, McDowell과 Fisher¹²⁾는 유리단 국소의치에서 편측수직 이탈력이 작용할때 간접유지장치로의 힘의 전달과 간접유지장치 지대치의 움직임에 관하여 연구 발표하였는데 간접유지장치를 설치하므로서 주지대치에 가는 응력이 감소한다고 하였고, 간접유지장치의 존재가 응력을 더 많은 지대치에 분산한다고 하였다. 그러나 몇몇 학자들은^{6,13,14)} 간접유지장치는 유리단 국소의치의 의치상의 탈락을 방지하는데는 거의 효과가 없고 단지 간접유지장치의 위치때문에 유리단 국소의치를 relining 할 필요가 있는지 없는지를 알려주는 참조점이 되고 relining 할때 의치를 정확하게 위치시키기 위한 제3의 참조점 역할을 한다고 하였고, 손 등¹⁵⁾은 편측성 후방연장 국소의치에서 의치상에 이탈력이 가해질때 간접유지장치의 위치변화에 따른 지대치 주위조직의 응력의 변화에 관하여 연구하였다.

간접유지장치 지대치로는 가상의 fulcrum line에서 가장 멀리 떨어진 점에서는 전치가 되지만 전

치는 치조골의 지지가 약하고 레스트가 경사진 치면에 있지 않아야 하므로 견치나 소구치가 추천되고 하악 제1소구치의 근심교합면와는 대합치의 접촉이 없으므로 간접유지 장치를 설치하기에 좋은 위치가 된다.⁴⁾

간접유지장치가 제 기능을 하기 위해서는 직접유지장치가 제 기능을 해야 하므로 직접유지장치의 형태가 간접유지장치 지대치로 전달되는 응력의 양에 어떤 영향을 끼칠 수 있을 것으로 생각되며 Fisher와 Jaslow⁶⁾는 bar clasp보다 wrought-wire clasp를 직접유지장치로 사용한 경우 간접유지장치 지대치의 움직임이 적었다고 하였다.

치아주위 조직에 발생하는 응력에 관하여 여러 가지 방법을 이용한 실험들이 치과분야에서 보고되었고¹⁶⁻²⁰⁾ 지대치 주위조직의 전체적인 응력분포를 가시적으로 잘 볼수있는 광탄성 응력 분석법을 이용한 많은 치과분야의 연구들³⁰⁻⁶³⁾이 보고되었다.

본 연구에서는 하악의 편측성 후방연장 국소의 치의 의치상에 이탈력이 가해질때 주지대치의 직접유지장치의 설계변화와 간접유지장치 지대치의 굴곡수된 상태에 따라 간접유지장치 지대치의 주위조직에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여 간접유지장치 지대치의 치조골 흡수가 없는 경우와 치조골 흡수가 있는 경우에 직접유지장치의 설계를 변화시켜 의치상에 이탈력을 가하여 간접유지장치 지대치 주위조직에 발생하는 응력의 분포상태를 3차원 광탄성 응력분석법으로 연구하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

국소의치 적응증례 중 Kennedy 분류 II급의 경우로 하악 우측 제 1대구치, 제 2대구치가 결손된 증례를 연구대상으로 하였다.

2. 방법

A. 실험모형 및 지대치의 제작

편측성 후방 연장 국소의치의 경우로 하악 우측 제 1대구치와 제 2대구치가 결손된 Kennedy 분류 II급 증례의 Dentiform을 이용하여 연구용 기본모형을 제작하였으며, 하악 좌측 견치, 제 1소구치, 제

2소구치는 치과용 레진을 이용하여 Wheeler⁶⁴⁾가 기술한 평균치아크기의 치관및 치근 형태로 제작하였고, 하악좌측 제 1소구치는 통상적인 방법으로 치아형성(tooth preparation)을 하였다. 완성된 치아를 Dentiform 모형에 다시 배열하여 하악 좌측 제 1소구치의 치조골이 정상인 상태에서 공업용 실리콘(KE1402, Shin-Etsu Chemical Co, Japan)으로 음형을 제작하였고, 하악 좌측 제 1소구치의 치조골이 20% 흡수된 상태와 30% 흡수된 상태로 Dentiform 모형을 조절하여 각각 흡수된 경우의 모형에 대한 실리콘 음형을 제작하였다.

B. 광탄성 실험모형의 제작

하악좌측견치, 치아형성된 하악 좌측 제 1소구치, 하악좌측 제 2소구치를 공업용실리콘으로 음형을 제작하여 에폭시레진(JEC-815F)으로 치아를 제작하였으며 제작된 3개의 치아를 Dentiform을 복제한 실리콘 음형에 위치시킨 다음 에폭시 주재(JEC 808)와 경화제를 중량비 10 : 8로 계량하고 응력동결로에서 용해된 에폭시 주재에 경화제를 첨가하여 용해시킨후 음형에 주입하고 성형주기(Fig. 1)에 따라 광탄성 실험모형을 제작하여 하악좌측 제 1소구치의 치조골이 정상인 경우와 20% 흡수된 경우와 30% 흡수된 경우에 각각 3개씩 도합 9개의 모형을 제작하였다.

C. 지대치 치관의 형성과 실험의치의 제작 및 응력 동결

하악 좌측 제 1소구치에 근심교합면 레스트 시트를 형성한 치관을 Co-Cr 합금으로 제작하여 지대치에 Super-Bond(Sun Medical Co, Japan)로 접

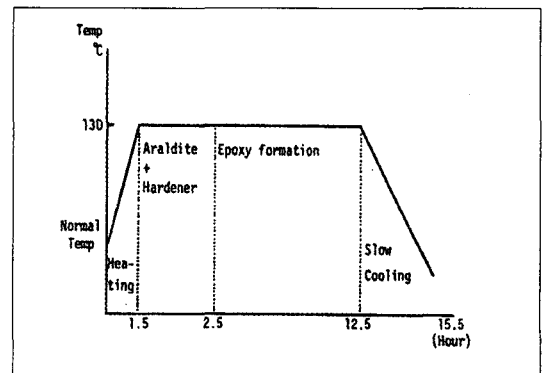


Fig. 1. Curing cycle in the stress freezing furnace

착하고 하악 좌측 제 1대구치와 하악 좌측 제 2대구치 부위는 엠브레져 클라스프가 위치되도록 치관을 형성하였고, 하악 우측 제 2소구치 부위는 각각 Akers clasp, RPI clasp, RPA clasp가 위치되도록 치관을 형성하여 9개의 모형을 제작하였다.

Model I : 하악좌측 제1소구치의 치조골이 정상인 경우 하악 우측 제 2소구치에 Akers clasp를 가진 경우.

Model II : 하악좌측 제1소구치의 치조골이 정상인 경우 하악 우측 제 2소구치에 RPI clasp를 가진 경우.

Model III : 하악좌측 제1소구치의 치조골이 정상인 경우 하악 우측 제 2소구치에 RPA clasp를 가진 경우.

Model IV : 하악좌측 제1소구치의 치조골이 20% 흡수된 경우 하악 우측 제 2소구치에 Akers clasp를 가진 경우.

Model V : 하악좌측 제1소구치의 치조골이 20% 흡수된 경우 하악 우측 제 2소구치에 RPI clasp를 가진 경우.

Model VI : 하악좌측 제1소구치의 치조골이 20% 흡수된 경우 하악 우측 제 2소구치에 RPA clasp를 가진 경우.

Model VII : 하악좌측 제1소구치의 치조골이 30% 흡수된 경우 하악 우측 제 2소구치에 Akers clasp를 가진 경우.

Model VIII : 하악좌측 제1소구치의 치조골이 30% 흡수된 경우 하악 우측 제 2소구치에 RPI clasp를 가진 경우.

Model IX : 하악좌측 제1소구치의 치조골이 30%

흡수된 경우 하악 우측 제 2소구치에 RPA clasp를 가진 경우.

완성된 모형을 통상적인 방법으로 복제하여 국소의치 주조체를 제작하였고, 하악우측 제 2대구치의 원심변연용선 부위에 해당하는 위치에 하중을 줄 수 있도록 고리를 설치하였다.

안정된 주조체의 적합도를 주모형에서 확인한후 광탄성 실험 모형에 각각 장착하였다. 실험모형을 응결동결로(Stress freezing furnace)내의 하중장치에 위치시키고 하중점인 하악우측 제 2대구치의 원심변연용선부위에 위치한 고리에 고탈평면에서 하악좌측 제 1소구치의 근심면 레스트를 향하여 전상방 25°방향으로 1000gm중의 이탈력을 가하였으며 (Fig. 2) 이 상태로 응력동결주기 (Fig. 3)에 따라 응력을 동결시켰다.

D. 동결된 응력의 측정

국소의치주조체를 응력이 동결된 실험모형에서 제거한후 모형을 중심선에서 절단하고, 하악좌측 제 1소구치의 근·원심방향에 생긴 무늬차수를 측정하기 위하여 협측에서 관찰하였다. 절단된 모형을 광탄성물질과 굴절률이 같은 α -Bromnaphthalene 과 유동파라핀 혼합액(1: 0.565)속에 넣고 광탄성 실험장치(Photoelasticity Experiment Appliance : PA-420, Riken Keiki Fine Instrument Co., Japan)에 설치하여 나타난 등색선을 사진촬영하였다. 각 모형에서 하악 좌측 제 1소구치를 협설측으로 절단하여 치근의 협측과 설측에 발생하는 무늬차수를 관찰하고 나타난 등색선을 사진촬영하였다.

현상된 필름을 육안 및 제로차수보정기(Null Balance Comparator Mc surenants group ZMC

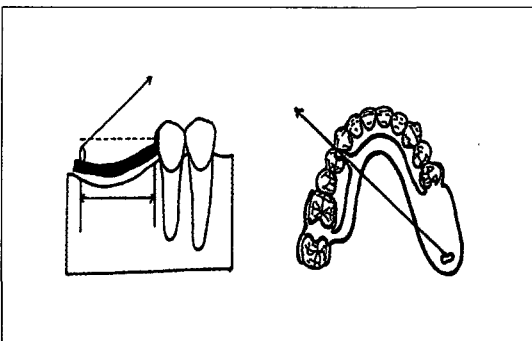


Fig. 2. Applied force on the model.

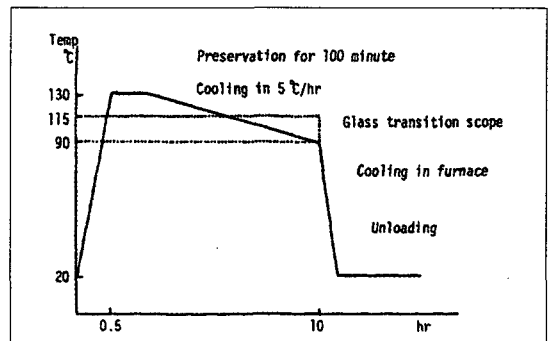


Fig. 3. Stress freezing cycle.

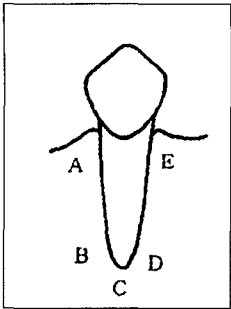


Fig. 4.

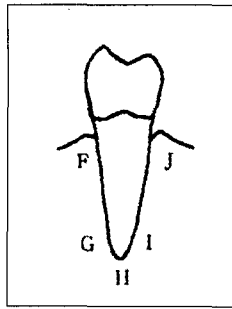
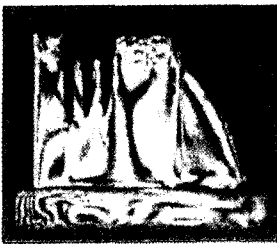


Fig 5

U.S.A)로 분석하였고, Fig. 4와 Fig. 5와 같은 임의의 측정점을 설정하여 무늬차수를 측정하였으며 측정된 무늬차수를 이용하여 지대치 치근주위의 응력분포도를 도해하여 각각의 경우를 비교 분석하였다.

III. 성 적

1. 정상치조골에서 Akers clasp인 경우(Model I.)
 협측에서 관찰한 결과 간접유지장치 지대치로 사용된 하악 좌측 제1소구치의 근심치조정부위에 5.8차, 치근단의 근심부위에 3.5차, 치근단부위에 3.0차, 치근단의 원심부위에 3.5차, 원심치조정부위에 4.6차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 6, A).



A



B

Fig. 6. Photoelastic fringe orders of Model I.
 A. Mesiodistal view B. Buccolingual view

협설측으로 절단한 시편을 원심측에서 관찰한 결과 협측 치조정 부위에 8.2차, 치근단의 협측부위에 5.9차, 치근단부위에 0차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 치근단의 설측부위에 -0.5차, 설측치조정부위에 -1.6차의 인장응력을 나타내

는 무늬가 나타났다 (Fig. 6, B).

각지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 7과 같다.

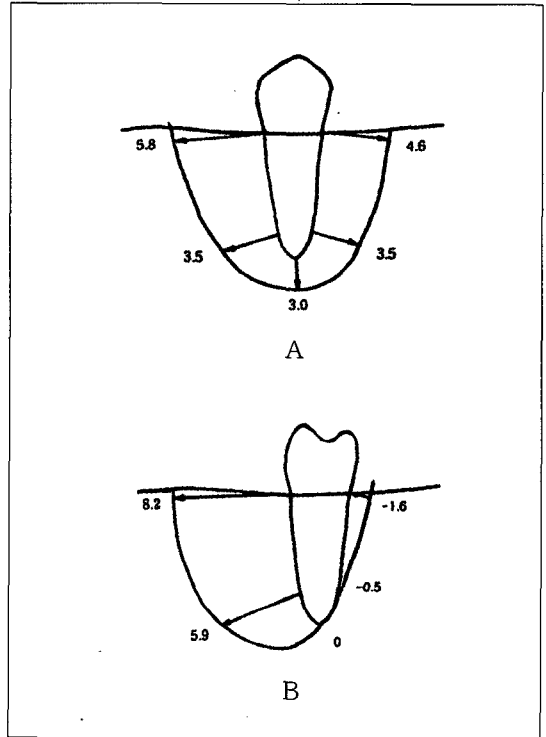
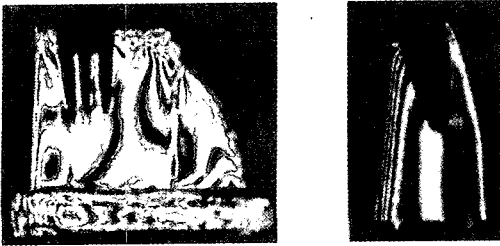


Fig. 7. Photoelastic stress distributions of Model I
 A. Mesiodistal view B. Buccolingual view

2. 정상치조골에서 RPI clasp인 경우 (Model II.)
 협측에서 관찰한 결과 간접유지장치 지대치로 사용된 하악 좌측 제1소구치의 근심치조정 부위에 5.3차, 치근단의 근심부위에 3.0차, 치근단부위에 2.5차, 치근단의 원심부위에 3.5차, 원심치조정 부위에 4.3차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 8, A).

협설측으로 절단한 시편을 원심측에서 관찰한 결과 협측치조정 부위에 6.6차, 치근단의 협측부위에 1.13차, 치근단 부위에 0차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 치근단 부위에 0차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 치근단의 설측부위에 -0.2차, 설측치조정부위에 -0.8차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 8, B).

각지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 9와 같다.



A B

Fig. 8. Photoelastic fringe orders of Model II. A. Mesiodistal view B. Buccolingual view

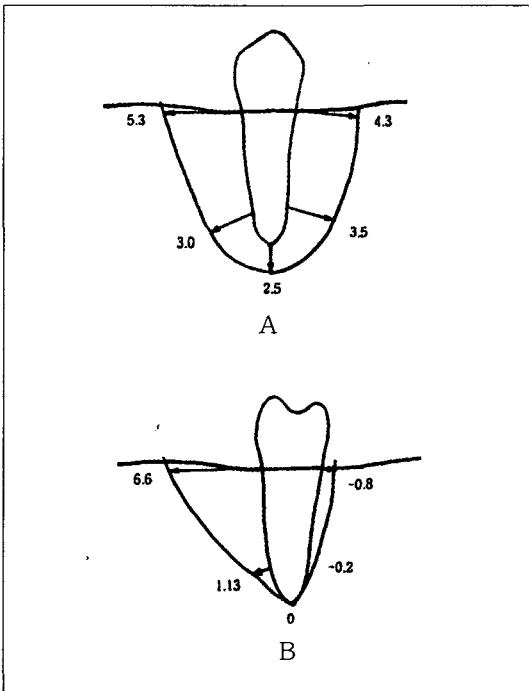


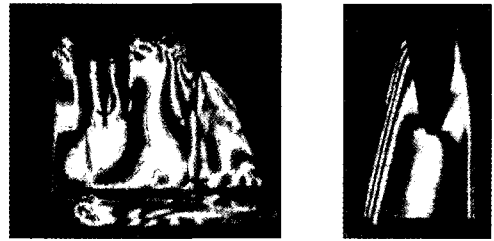
Fig. 9. Photoelastic stress distributions of Model II. A. Mesiodistal view B. Buccolingual view

3. 정상치조골에서 RPA clasp인 경우(Model III) 협측에서 관찰한 결과 간접유지장치 지대치로 사용된 하악 좌측 제1소구치의 근심치조정 부위에 5.6차, 치근단의 근심부위에 3.0차, 치근단부위에 2.7차, 치근단의 원심부위에 3.0차, 원심치조정 부위에 3.9차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 10, A).

협설측으로 절단한 시편을 원심측에서 관찰한 결

과 협측치조정 부위에 5.3차, 치근단의 협측부위에 1.2차, 치근단 부위에 0차, 치근단의 설측부위에 0차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 설측치조정부위에 -0.3차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 10, B).

각지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 11과 같다.



A B

Fig. 10. Photoelastic fringe orders of Model III. A. Mesiodistal view B. Buccolingual view

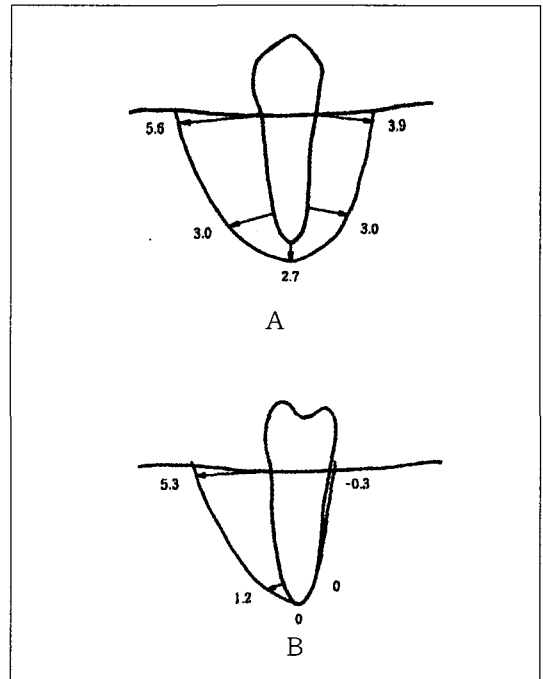


Fig. 11. Photoelastic stress distributions of Model III A. Mesiodistal view B. Buccolingual view

이상 지대치의 치조골이 정상인 경우의 3가지 모형의 무늬차수를 그래프로 나타내면 다음과 같다 (Fig.12, 13).

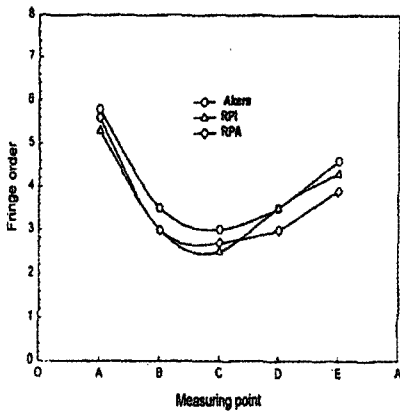


Fig. 12. Photoelastic fringe orders of Model I, II, III. (Mesiodistal view).

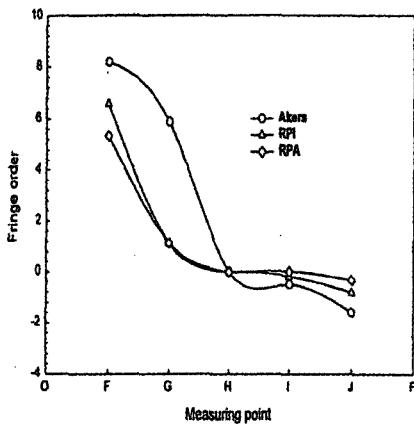


Fig. 13. Photoelastic fringe orders of Model I, II, III. (Buccolingual view).

4. 20% 흡수된 치조골에서 Akers clasp인 경우 (Model IV)

협측에서 관찰한 결과 간접유지장치 지대치로 사용된 하악 좌측 제1소구치의 근심치조정 부위에 3.6차, 치근단의 근심부위에 2.7차, 치근단부위에 2.8차, 치근단의 원심부위에 3.0차, 원심치조정 부위에 5.8차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 14, A).

협설측으로 절단한 시편을 원심측에서 관찰한 결과 협측치조정 부위에 4.7차, 치근단의 협측부위에 1.3차, 치근단 부위에 0차, 치근단의 설측부위에 0차, 설측치조정부위에 0차의 압축응력을 나타내는

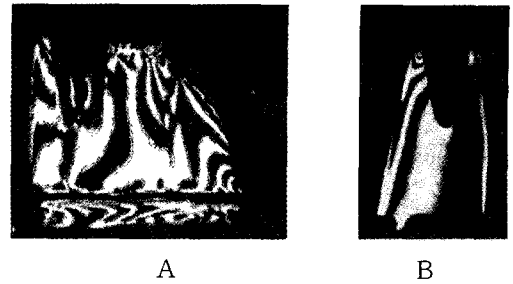


Fig. 14. Photoelastic fringe orders of Model IV. A, Mesiodistal view B, Buccolingual view

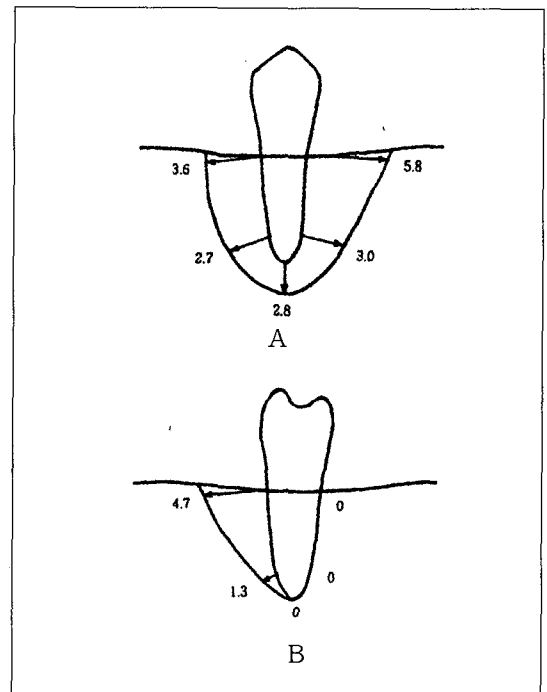


Fig. 15. Photoelastic stress distributions of Model IV. A, Mesiodistal view B, Buccolingual view

무늬가 나타났다(Fig. 14, B).

각지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 15와 같다.

5. 20% 흡수된 치조골에서 RPI clasp인 경우 (Model V)

협측에서 관찰한 결과 간접유지장치 지대치로 사용된 하악 좌측 제1소구치의 근심치조정 부위에 3.8차, 치근단의 근심부위에 3.0차, 치근단부위에 2.6

차, 치근단의 원심부위에 3.3차, 원심치조정 부위에 5.7차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 16, A).

협설측으로 절단한 시편을 원심측에서 관찰한 결과 협측치조정 부위에 4.9차, 치근단의 협측부위에 1.2차, 치근단 부위에 0차, 치근단의 설측부위에 0차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 설측치조정부위에 -0.1차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 16, B).

각지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 17과 같다.

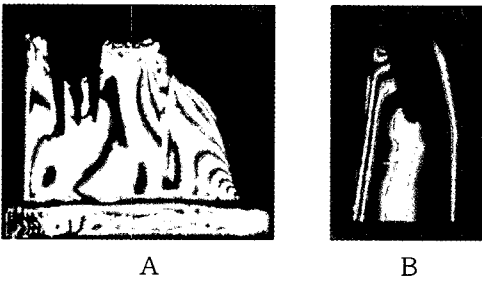


Fig. 16. Photoelastic fringe orders of Model V. A. Mesiodistal view B. Buccolingual view

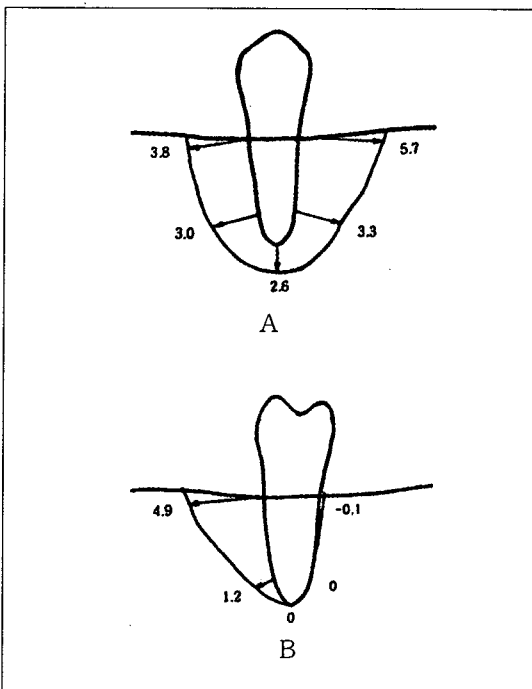


Fig. 17. Photoelastic stress distributions of Model V. A. Mesiodistal view B. Buccolingual view

6. 20% 흡수된 치조골에서 RPA clasp인 경우 (Model VI)

협측에서 관찰한 결과 간접유지장치 지대치로 사용된 하악 좌측 제1소구치의 근심치조정 부위에 4.7차, 치근단의 근심부위에 4.0차, 치근단 부위에 3.4차, 치근단의 원심부위에 4.0차, 원심 치조정 부위에 6.6차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 18, A).

협설측으로 절단한 시편을 원심측에서 관찰한 결과 협측치조정 부위에 6.9차, 치근단의 협측부위에 2.2차, 치근단부위에 0.7차, 치근단의 설측부위에 0

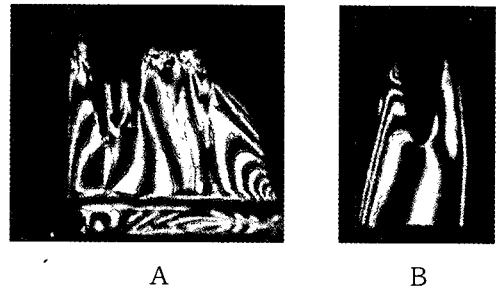


Fig. 18. Photoelastic fringe orders of Model VI. A. Mesiodistal view B. Buccolingual view

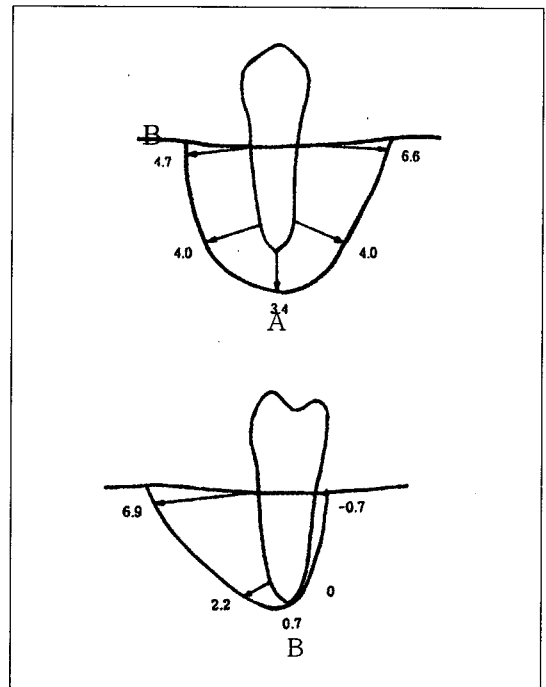


Fig. 19. Photoelastic stress distributions of Model VI. A. Mesiodistal view B. Buccolingual view

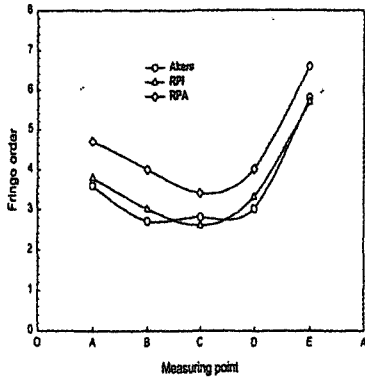


Fig. 20. Photoelastic fringe orders of Model IV, V, VI. (Mesiodistal view).

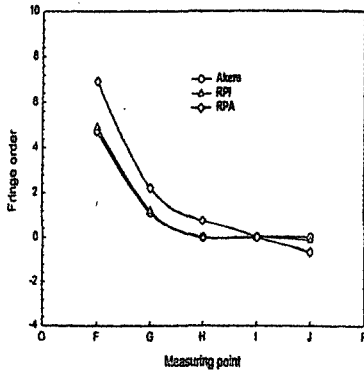


Fig. 21. Photoelastic fringe orders of Model IV, V, VI. (Buccolingual view).

차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고 설측 치조정 부위에 -0.7차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났다(Fig. 18, B).

각지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 19와 같다.

이상 지대치의 치조골이 20% 흡수된 경우의 3가지 모형의 무늬차수를 그래프로 나타내면 다음과 같다 (Fig. 20, 21).

7. 30% 흡수된 치조골에서 Akers clasp인 경우 (Model VII)

협측에서 관찰한 결과 간접유지장치 지대치로 사용된 하악 좌측 제1소구치의 근심치조정 부위에 4.2차, 치근단의 근심부위에 2.7차, 치근단 부위에 2.0차, 치근단의 원심부위에 4.3차, 원심 치조정 부위

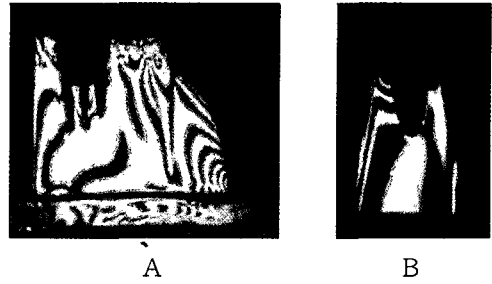


Fig. 22. Photoelastic fringe orders of Model VII. A, Mesiodistal view B, Buccolingual view

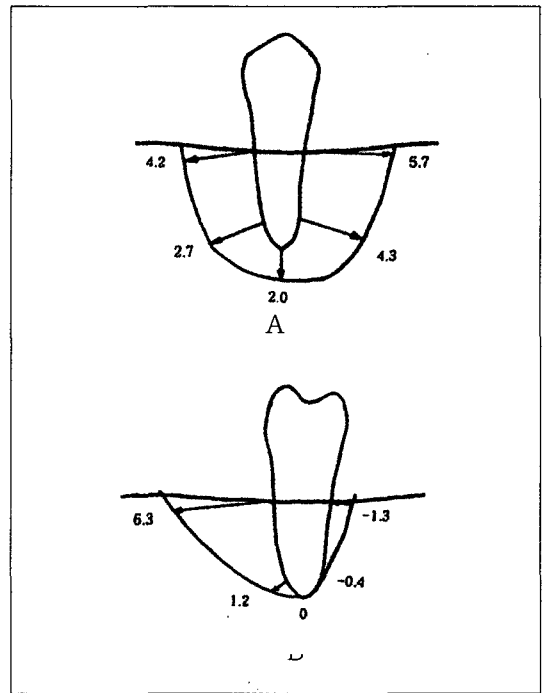


Fig. 23. Photoelastic stress distributions of Model VII A, Mesiodistal view B, Buccolingual view

에 5.7차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 22, A).

협설측으로 절단한 시편을 원심측에서 관찰한 결과 협측치조정 부위에 6.3차, 치근단의 협측부위에 1.2차, 치근단부위에 0차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고 치근단의 설측부위에 -0.4차, 설측 치조정 부위에 -1.3차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 22, B).

각지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 23과 같다.

8. 30% 흡수된 치조골에서 RPI clasp인 경우 (Model VIII)

협측에서 관찰한 결과 간접유지장치 지대치로 사용된 하악 좌측 제1소구치의 근심치조정 부위에 4.3차, 치근단의 근심부위에 3.7차, 치근단 부위에 2.5차, 치근단의 원심부위에 3.7차, 원심 치조정 부위에 6.0차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 24, A).

협설측으로 절단한 시편을 원심측에서 관찰한 결과 협측치조정 부위에 6.3차, 치근단의 협측부위에 1.2차, 치근단부위에 0차, 치근단의 설측부위에 0차

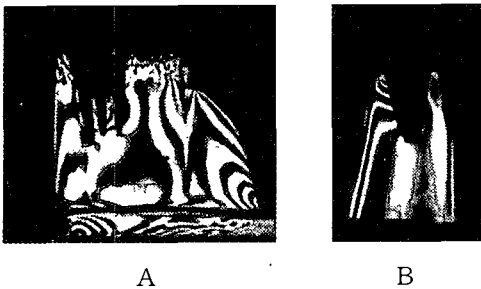


Fig. 24. Photoelastic fringe orders of Model VIII. A, Mesiodistal view B, Buccolingual view

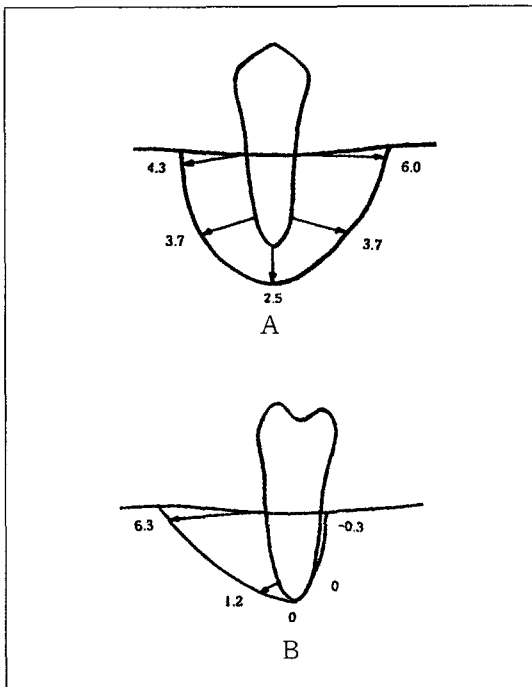


Fig. 25. Photoelastic stress distributions of Model VIII. A, Mesiodistal view B, Buccolingual view

의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고 설측 치조정 부위에 -0.3차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 24, B).

각지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 25와 같다.

9. 30% 흡수된 치조골에서 RPA clasp인 경우 (Model IX)

협측에서 관찰한 결과 간접유지장치 지대치로 사용된 하악 좌측 제1소구치의 근심치조정 부위에 4.9차, 치근단의 근심부위에 3.3차, 치근단 부위에 3.3

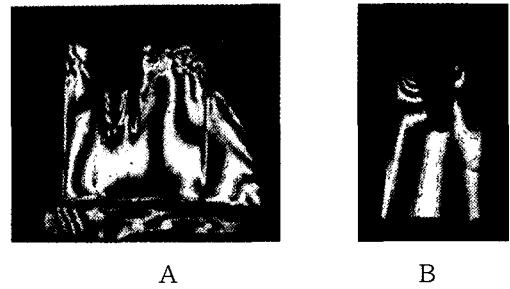


Fig. 26. Photoelastic fringe orders of Model IX. A, Mesiodistal view B, Buccolingual view

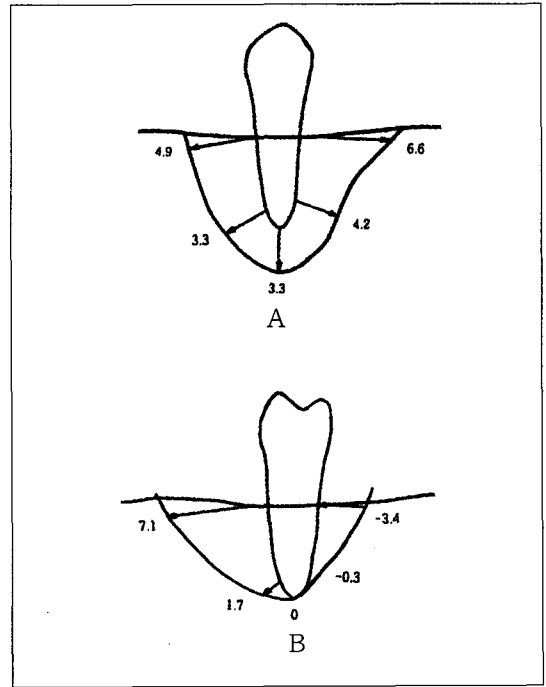


Fig. 27. Photoelastic stress distributions of Model IX. A, Mesiodistal view B, Buccolingual view

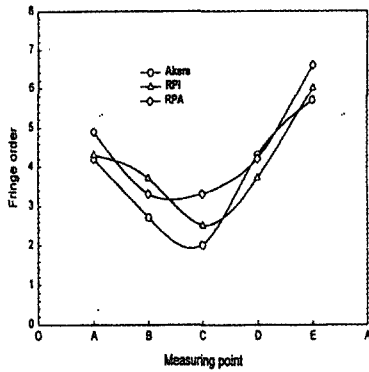


Fig. 28. Photoelastic fringe orders of Model VII, VIII, IX. (Mesiodistal view).

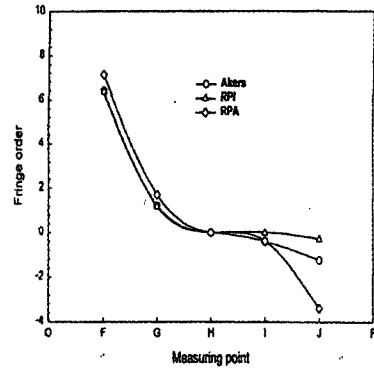


Fig. 29. Photoelastic fringe orders of Model VII, VIII, IX. (Buccolingual view).

차, 치근단의 원심부위에 4.2차, 원심 치조정 부위에 6.6차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 26, A).

협설측으로 절단한 시편을 원심측에서 관찰한 결과 협측치조정 부위에 7.1차, 치근단의 협측부위에 1.7차, 치근단부위에 0차의 압축응력을 나타내는 무늬가 나타났고, 치근단의 설측부위에 -0.3차, 설측 치조정 부위에 -3.4차의 인장응력을 나타내는 무늬가 나타났다 (Fig. 26, B).

각지점의 무늬차수를 이용하여 작성한 치근주위의 응력분포도는 Fig. 27과 같다.

이상 지대치의 치조골이 30% 흡수된 경우의 3가지 모형의 무늬차수를 그래프로 나타내면 다음과 같다 (Fig. 28, 29).

IV. 고 찰

후방연장 국소의치에서 저작압을 받을 때 그 힘은 교합면레스트나 유도면, 의치상 등을 통하여 잔존 지대치와 잔존치조제로 전달되고 의치는 치근막과 치조점막의 두께차이 때문에 의치상이 하방으로 움직이게 되고 최후방지대치의 교합면 레스트를 연결한 가상의 주된 fulcrum line을 회전축으로 하여 의치가 움직이게 된다.

이때 주된 지대치에 가해지는 힘을 가능한 치아 장축방향으로 전달되게 하고 지대치와 잔존치조제에 가해지는 응력을 적절히 분산시켜 응력의 집중을 최소화시키기 위한 다양한 형태의 직접유지장

치들이 소개되고 그 효과에 대한 다양한 연구가 있었다.^{20,21,24,25,36,46,58,60)}

후방연장국소의치에서 발생하는 이탈력은 점착성 음식물에 의한 견인력이나 혀나 협근같은 의치상 변연에 인접한 근육조직이나 상악인 경우의 중력이나 치조제에 의한 반발력 등에 의해서 여러방향으로 발생할 수 있고 이때 의치상은 최후방지대치의 직접유지장치의 유지부침단을 연결한 가상의 fulcrum line을 회전축으로 하여 움직이게 되고 이런 움직임을 방지하기 위하여 유리단 국소의치의 경우 간접유지장치가 필요하며 간접유지장치의 위치로는 가능한 가상의 fulcrum line에서 멀리 떨어진 부위가 좋다고 하였다.¹⁻⁵⁾

또한 간접유지장치는 의치에 가해지는 수평방향의 힘에 저항하여 의치를 안정시켜주며 하악의 주연결자를 지지하고 의치를 relining할 때 의치를 정확하게 위치시키는 참조점의 역할을 한다.

이러한 간접유지장치에 대하여 그동안 많은 연구들이 있어왔다.

Frchette⁸⁾와 Kaires⁹⁾¹⁰⁾는 후방연장국소의치에서 간접유지장치를 제거할 경우 주지대치의 동요도가 증가하는 것을 보여주었고 Fisher와 Jaslow⁶⁾는 양측성 유리단 국소의치에서 상실된 제1대구치부위에 500gm에서 680gm의 수직이탈력을 가하여 간접유지장치의 효율성에 관한 실험에서 의치상에 수직이탈력을 가하여도 간접유지장치는 지대치에서 수직적으로 움직이지 않고 약간 앞쪽 아래쪽으로 회전하게 되고 간접유지장치에 명확한 레스트가 있

고 유도면의 접촉이 있기 때문에 치아에 협측과 전방으로 운동을 야기시킨다고 하였으며 Bar clasp와 Wrought wire clasp를 비교한 연구에서 Bar clasp의 유지력이 더 좋아서 간접유지장치 레스트 시트에 더 많은 힘을 전달하여 간접유지장치 지대치로 사용된 견치가 더 많이 순측으로 움직인다고 하였다.

Benson과 Spolsky¹⁴⁾는 간접유지장치는 국소의치의 실질적인 유지에는 거의 효과가 없고 직접유지장치의 형태와 유도면에 대한 부연결자의 접촉이 유리단 국소의치의 유지에 가장 큰 영향을 끼친다고 하였으며 간접유지장치는 그것의 위치 때문에 유리단 국소의치를 reline할 필요가 있는지 없는지를 알려주는 중요한 참조점이 되므로 유리단 국소의치에서 간접유지장치의 사용이 추천된다고 하였다.

McDowell¹¹⁾, McDowell과 Fisher¹²⁾는 양측성 유리단 국소의치에서 상실된 제2대구치의 원심에 1150gm의 편측수직이탈력을 가하여 간접유지장치로 전달되는 힘에 대한 광탄성실험에서 간접유지장치를 설치하므로서 주된 지대치에 가해지는 응력이 감소한다고 하였고 간접유지장치의 존재가 응력을 더 많은 지대치에 분산한다고 하였다.

손 등¹⁵⁾은 편측성 후방연장 국소의치에서 상실된 부위의 최후방지대치의 직접유지장치로 RPI clasp를 설치한후 상실된 제2대구치의 원심변연용선 부위에서 교합면에 대하여 전상방 45°로 860gm의 이탈력을 가하여 간접유지장치 지대치로 전달되는 힘에 대한 광탄성 실험에서 가상의 fulcrum line에서 가장 멀리 떨어진 하악측절치를 간접유지장치 지대치로 쓴 경우가 지대치 주위조직에 가장 많은 압축응력이 발생하였으며 견치, 제1소구치의 순으로 나타났고 모든 경우 간접유지장치 지대치의 치경부에 응력이 많이 발생한다고 하였다.

간접유지장치가 제기능을 발휘하게 위해서는 직접유지장치가 제기능을 하여야 하기 때문에 직접유지장치의 형태가 suprabulge type인지, infrabulge type인지 혹은 cast type인지 wrought wire 인지에 따른 형태와 재질의 차이가 간접유지장치 지대치로 전달되는 응력의 양에 어떤 영향을 미칠까?

직접유지장치의 레스트를 근심이나 원심에 위치

시키는 것이 간접유지장치 지대치로 전달되는 응력에 어떤 영향을 미칠까? 하는 의문을 가질 수 있고 이에 대한 명확한 연구나 해답이 없으므로 앞으로 더 많은 임상 혹은 실험실 연구를 통하여 유리단 국소의치의 간접유지장치의 기능을 이해하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

본 실험에서는 그동안 많은 선학들이³⁰⁻⁶³⁾ 치과분야에서 사용한 광탄성 응력분석법을 사용하였는데 광탄성 응력분석법은 치조골이 에폭시레진처럼 균일질이 아니고 탄성계수도 같지 않아 치조골과 같은 응력분포를 볼수없고 또한 치근막의 재현이 어려워 한계가 있으나 지대치 주위의 전체적인 응력분포를 가시적으로 잘볼수 있는 장점이 있는 실험방법이라고 생각된다. 본실험에서는 편측성 후방연장 국소의치에서 치아상실부위의 최후방지대치의 직접유지장치의 형태변화에 따라 간접유지장치 지대치에 전달되는 힘의 차이를 비교하기 위하여 상실부위인 우측 최후방지대치인 하악우측 제2소구치의 직접유지장치로는 Akers clasp, RPI clasp, RPA clasp를 사용하였으며 좌측 제1대구치와 제2대구치의 직접유지장치로는 모든 경우에서 엠브레져 클래스프를 사용하였으며 간접유지장치 지대치의 골흡수에 따른 효과도 비교하기 위하여 하악 좌측 제1소구치의 치조골이 정상인 경우, 20% 흡수된 경우, 30%흡수된 경우 각각의 직접유지장치에 대해 비교분석하였다.

이탈력의 크기와 방향에 대하여는 몇번의 예비실험과 선학들의 방법들^{61,12,15,63)}참고하여 상실된 하악 우측 제2대구치의 원심변연용선부위에서 교합평면에 대하여 간접유지장치 레스트 방향으로 전내상방 25°각도로 1000gm의 이탈력을 가하였다. 모든 경우에서 간접유지장치 지대치로 사용된 하악 제1소구치의 협측과 근심측, 원심측은 전반적으로 압축응력이 나타났고 설측에는 인장응력이 나타났다. 이는 손 등¹⁵⁾의 실험에서 나타난 결과와 동일하였다. 간접유지장치 지대치의 치조골이 20%, 30%흡수된 경우 지대치의 변형이 많이 일어나고 변형되는 방향은 협측, 원심측 방향으로 일어나는 양상을 나타내어 골흡수가 있을수록 지대치의 원심측에 발생하는 압축응력의 크기가 증가하였는데 이는 하악 좌측제1대구치와 제2대구치의 직접유지장치로 사용된 엠브레져 클래스프가 의치를 단단

히 고정하는 역할을 하여 의치가 주된 fulcrum line 을 따라 회전하면서 후방으로 회전하는 양상을 보 인 것으로 사료된다.

간접유지장치 지대치의 치조골이 정상인 경우 하 중을 작용하기전 상실부위의 최후방지대치인 하악 우측 제2소구치의 직접유지장치의 지대치에 대한 접촉면적의 크기는 Akers clasp > RPA clasp > RPI clasp 순 이지만 동결온도에서 하중을 가하고 나면 좌측으로 미끄러지는 변형에 의해서 그 접촉 면적이 RPA clasp > RPI clasp > Akers clasp 의 순서가 되었으며 Akers clasp 인 경우 좌측으로 미 끌림이 일어나서 유도면의 부연결과와 retentive arm의 역할이 적어지게 되고 간접유지장치 지대 치에 큰 압축하중을 전달하였다.

RPI clasp인 경우 유도면의 부연결과와 I-bar가 지대치를 지지하여 간접유지장치 지대치에 낮은 압 축하중을 전달시켰다. RPA clasp인 경우 유도면의 부연결과와 retentive arm의 작용으로 주지대치에 힘을 분산시켜 간접유지장치 지대치에 작은 하중 을 전달시켰다. 따라서 Akers clasp, RPA clasp, RPI clasp 의 순서로 간접유지장치 지대치에 전달 되는 힘의 크기가 감소하였다.

Fisher와 Jaslow⁶⁾에 따르면 Bar clasp가 wrought wire clasp보다 유지력이 좋아서 간접유지장치 레스트시트에 더 많은 힘을 전달하여 간접유지장 치 지대치가 더 순측으로 움직인다고 하였는데 본 실험에서는 전내상방으로 힘을 가하였으므로 간접 유지장치에 많은 측방압이 가해지게 되고 최후방 지대치의 직접유지장치가 지대치를 많이 감싸거나 많은 유지력을 미칠 경우 간접유지장치 지대치에 전달되는 측방압이 감소하는 것으로 생각된다.

Frank와 Nicholls⁷⁾은 최후방지대치의 레스트의 위 치가 간접유지장치의 효과에는 영향을 미치지 않 는다고 하였는데 본 실험에서도 최후방지대치의 레 스프의 위치는 실험결과와 무관하였다.

간접유지장치 지대치의 치조골이 20% 흡수된 경 우 동결온도에서 하중을 받을때 간접유지장치 지 대치의 변형이 크게되고 하악 우측 제2소구치의 직 접유지장치가 지대치에 미치는 효과가 Akers clasp와 RPI clasp인 경우 비슷하였고 RPA clasp인 경우가 가장 미약하였다

따라서 RPA clasp, RPI clasp, Akers clasp 의 순

서로 간접유지장치 지대치에 전달되는 힘의 크기 가 감소하였다.

간접유지 장치 지대치의 치조골이 30%흡수된 경 우 대체로 비슷한 양상을 보이고 있으며 RPA clasp, RPI clasp, Akers clasp의 순서로 간접 유지 장치에 전달되는 힘의 크기가 감소하였다. Frank 와 Nicholls⁷⁾, Benson과 Spolsky¹⁴⁾는 의치상의 탈락 을 방지하는데는 최후방 지대치의 인접면에 있는 유도면이 중요한 역할을 한다고 하였는데 본 실험 의 모든 경우에서 유도면에 대한 의치의 부연결과 의 접촉상태가 긴밀할수록 간접유지장치 지대치로 전달되는 힘의 크기는 작았다.

Stewart등⁶⁵⁾은 bar type의 클라스프가 circumferential type의 클라스프보다 유지력이 더 좋다고 하였는데 본 실험에서 RPI clasp와 RPA clasp를 비 교해보면 I-bar의 유지력이 더 좋아서 최후방 지 대치에 많은 힘을 분산시켜 RPI clasp인 경우가 전 반적으로 간접유지장치 지대치에 더 작은 응력을 전달시키는 것으로 나타났다. 이상을 종합해 보면 의치가 탈락할 때 지대치를 파지하는 직접유지장 치의 형태가 간접유지장치의 효과에 많은 영향을 끼치는 것으로 나타났다.

어떤 물체에 발생하는 응력의 크기는 그 물체에 가해지는 힘의 방향과 그 물체의 기하학적 형상에 영향을 받게되는바 어떤 한가지 형태의 국소의치 에서 어떤 특정한 형태의 유지장치가 유리한 방 향으로 힘을 전달한다고 하여 다른 형태의 국소의치 에서 다른 방향으로 하중을 받을 경우 같은 효과 가 나타날 것을 예상할 수는 없다. 따라서 향후 다 양한 형태와 다양한 방법의 연구와 실험을 통하여 간접 유지장치 및 직접 유지장치의 기능과 효과에 대한 검증과 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Avant, W.E. : Indirect Retention in Partial Denture Design, J. Prosthet. Dent., 16:1103-1110, 1966.
2. McCracken, W.L. : Contemporary partial denture designs, J. Prosthet. Dent., 8:71-85, 1958.
3. Henderson, D. and Steffel, V.L.: McCracken's removable partial prosthodontics, ed. 6, St.

- Louis, 1981, The C.V. Mosby Co. pp. 97-104.
4. Boucher, L.J. and Renner, R.P.: Treatment of partially edentulous patients, St. Louis, 1982, The C.V. Mosby Co. pp. 77-78.
 5. Stewart, K.L., Rudd, K.D. and Kuebker, W. A.: Clinical removable partial prosthodontics, St. Louis 1983, The C.V. Mosby Co. pp. 77-80.
 6. Fisher, R.L. and Jaslow, C. : The efficiency of an indirect retainer, J. Prosthet. Dent., 34:24, 1975.
 7. Frank, R.P. and Nicholls, J.I. : An investigation of the effectiveness of indirect retainers, J. Prosthet. Dent., 5:494, 1977.
 8. Frechette, A.R.: The influence of partial denture design on distribution of force to abutment teeth, J. Prosthet. Dent., 6:195, 1956.
 9. Kaires, A.K.: Effect of partial denture design on bilateral force distribution, J. Prosthet. Dent., 6:373, 1956.
 10. Kaires, A.K.: Effect of partial denture design on unilateral force distribution, J. Prosthet. Dent., 6:526, 1956.
 11. McDowell, G.C.: Force transmission by indirect retainers during unilateral loading, J. Prosthet. Dent., 6:616, 1978.
 12. McDowell, G.C. and Fisher, R.L.: Force transmission by indirect retainers when a unilateral dislodging force is applied, J. Prosthet. Dent., 47:360-365, 1982.
 13. Mahler, D.B. and Peyton, F.A.: Photoelasticity as a research technique for analyzing stresses in dental structures, J. Dent. Res., 34:831, 1955.
 14. Benson, D. and Spolsky, V.: A clinical evaluation of removable partial dentures with I-bar retainer: Part I, J. Prosthet. Dent., 41:246, 1979.
 15. 손지영, 이청희, 조광현: 편측성 후방연장 국소 의치 의치상에 이탈력이 가해 질때 간접유지장치 가 장치된 치아주위조직에 발생하는 응력에 관한 광탄성 분석, 대한치과보철학회지, 34:415-430, 1996.
 16. Muhlemann, M.R.: Periodontometry, a method measuring tooth mobility, Oral Surg., 4:1220, 1951.
 17. Muhlemann, M.R.: Tooth Mobility I. The measuring method, initial and secondary tooth mobility, J. Periodontol., 25:22, 1954.
 18. Goodkind, R.J.: The effects of removable partial dentures on abutment tooth mobility: A clinical study, J. Prosthet. Dent 30:139-146, 1973.
 19. Kaires, A.K. : a study of partial denture design and masticatory pressures in mandibular bilateral distal extension case, J. Prosthet. Dent., 8:340, 1958.
 20. Craig, R.G. and Farah, J.W.: Stress from loading distal extension removable partial denture, J. Prosthet. Dent., 39:274, 1978.
 21. 김기숙, 김광남, 장익태: 국소의치 유지장치의 설계변화에 따른 지지조직의 3차원 유한요소법 응력분석, 대한치과보철학회지, 33: 413-439, 1995.
 22. Maxfield, J.B., Nicholls, J.I. and Smith, K.E.: The measurement of force transmitted to abutment teeth of removable partial dentures, J. Prosthet. Dent., 41:134, 1979.
 23. Metty, C.: Obtaining efficient soft tissue support for the partial denture base, J.A.D.A., 56:679, 1958.
 24. McCartney, J.W. : Motion vector analysis of an abutment for a distal extension removable partial denture : A pilot study, J. Prostet. Dent., 43:15, 1980.
 25. Tebrock, O.C., Rohen, R.M., Feuster, R.D. and Pellen, G.B.: The effect of various clasping systems on the mobility of abutment teeth of distal extension removable partial dentures, J. Prosthet. Dent., 41:511, 1979.
 26. Wright, Mech. and Yettram: Reactive force distributions for teeth When loaded single and when used as fixed partial denture abutment, J. Prosthet. Dent., 42:411, 1979.
 27. Takahashi, N., Ketagami, T. and Komori, T.: Analysis of stress on a fixed partial denture with a bladevent implant abutment, J. Prosthet.

- Dent., 40:186, 1978.
28. 양홍서 : 비고정성 연결장치의 위치에 따른 고정성 보철물의 응력분석, 대한치과보철학회지, 34: 85-99, 1996.
 29. 임순호, 장익태 : 유리단 국소의치의 Clasp 설계가 지대치 운동에 미치는 영향. 대한치과보철학회지, 25:17-40, 1987.
 30. Glickman, I., Roeber, F.W., Brion, M. and Pameijer, J.H. : Photoelastic analysis of internal stresses in the periodontium created by occlusal forces, J. Periodontol., 41:30-35, 1970.
 31. 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.
 32. El-Ebrashi, M.K., Craig, R.G. and Peyton, F.A.: Experimental stress analysis of dental restorations, Part VII. Structure design and stress analysis of fixed partial dentures, J. Prosthet. Dent., 23:177-186, 1970.
 33. 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.
 34. Sutherland, J.K., Holland, G.A., Sluder, T.B. and White, J.T.: A Photoelastic analysis of the stress distribution in bone supporting fixed partial dentures of rigid and nonrigid design, J. Prosthet. dent., 44:616- 623, 1980.
 35. Seto, B.G. and Caputo, A.A.: Photoelastic analysis of stresses in resin- bonded cingulum rest seats, J. Prosthet. Dent., 5:460-465, 1986.
 36. Myers, R.E., Pfeider, 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.
 37. 전진영, 김영수 : 골유착성 치근형 임플란트에 관한 광탄성응력분석, 대한치과교합학회지 5:5-16, 1988.
 38. Yang, H.S. and Thompson, V.P. : A Two Dimensional Stress Analysis of Fixed Prosthesis with Rigid or Nonrigid Connectors, 대한치과보철학회지, 30:445-456, 1992.
 39. Tillitson, E.W., Craig, R.G., Farah, J.W. and Peyton, F.A. : Experimental stress analysis of dental restorations, Part VIII. Surface strains of gold and chromium fixed partial dentures, J. Prothet. Dent., 24:174-180, 1970.
 40. 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.
 41. 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.
 42. Kratochvil, 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, 1981.
 43. 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. Prostet. Dent., 46:32-35, 1981.
 44. 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.
 45. 조인호 : 총의치 교합형태에 따른 3차원적 광탄성 응력분석, 대한치과의사협 회지, 20:945-965, 1982.
 46. 윤성태, 장익태: 양측성 유리단 국소의치의 설계변화에 따른 광탄성 응력 분석에 관한 연구, 대한치과의사협회지, 23:45-56, 1985.
 47. 조광현, 최부병, 박남수: 중간지대치가 포함된 고정가공의치의 지대치 주위 조직에 발생하는 응력에 관한 광탄성학적 연구, 대한치과보철학회지, 25:55-68, 1987.
 48. 한동우, 이호용: 지대치 유지장치설계에 따른

- 가철성 의치 하부 조직에 가해 지는 응력에 관한 광탄성학적 연구, 대한치과의사협회지, 25:155-168, 1987.
49. 이석현, 조광현: 구치부 Cantilever Bridge의 지대치 주위조직에 발생하는 응력의 분석, 경북치대논문집, 6:121-130, 1989.
 50. 이희경, 조광현: 유리단 국소의치에 지대치 원심면의 유도면 설계변화에 따라 지대치 주위조직에 발생하는 응력의 분석, 경북치대논문집, 6:121-130, 1989.
 51. 양해경, 방몽숙: Overdenture 지대치 Coping 형태에 따른 광탄성 응력분석, 대한치과보철학회지, 29:103-115, 1991.
 52. 이정남, 조성암: 5종 골내임플란트의 구조에 따른 주위의 응력분산에 관한 광탄성학적 연구 대한치과보철학회지, 31:643-659, 1993.
 53. Berg, T. and Caputo, A.A.: Anterior rests for maxillary removable partial dentures, J. Prosthet. Dent., 39:139, 1978.
 54. 제갈경섭, 홍순호, 조광현: 치조골이 흡수된 연결고정장치의 치근단 주위에 발생하는 응력의 분석, 경북치대논문집, 6권 1호, 1989.
 55. 정동곤, 조광현 : 인레이, 온레이, 3/4 금관 및 전부주조관 수복후 하중을 가 할시 치아내부에 발생하는 응력의 광탄성학적 비교분석. 경북치대논문집, 7권 1호, 1990.
 56. 임수령, 계기성, 고영무: 하악 유리단 국소의치 하에서 back-action 클래스프 설계변화에 따른 광탄성 응력분석, 대한치과보철학회지, 30:379-398, 1992.
 57. Wylie, R.S. and Caputo, A.A.: Fixed cantilever splints on teeth with normal and reduced periodontal support, J. Prosthet. Dent., 66:737-742, 1991.
 58. Berg, T. and Caputo, A.A.: Load transfer by a maxillary distal-extension removable partial denture with cap and ring extracoronal attachments, J. Prosthet. Dent., 68:784, 1992.
 59. Berg, T. and Caputo, A.A.: Comparison of load transfer by maxillary distal extension removable partial dentures with a spring-loaded plunger attachment and I-bar retainer, J. Prosthet. Dent., 68:492, 1992.
 60. Berg, T. and Caputo, A.A.: Maxillary distal-extension removable partial denture abutments with reduced periodontal support, J. Prosthet. Dent., 70: 245, 1993.
 61. 김영일, 정재현, 조규중: 골 유착성 보철치료시 임플란트와 자연지대치와의 연결방법에 따른 광탄성 응력 분석. 대한치과보철학회지, 31:271-300, 1993.
 62. 김형수, 양홍서 : 상악측절치 수복을 위한 Cantilever bridge 장착시 치조골의 응력분석, 대한치과보철학회지, 31:303-312, 1993.
 63. 김재일 : 국소의치 유리단에 인장응력이 가해질때 지대치 주위조직의 광탄 성 응력분석, 경북치대 논문집, 11권 1호, 1994.
 64. Wheeler, R.C.: Dental Anatomy, Physiology and Occlusion, 6th ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1984, PP 165-174, 196-208.
 65. Stewart, K.L., Rudd, K.D. and Kuebker, W.A.: Clinical removable partial prosthodontics, St. Louis 1983, The C.V. Mosby Co. pp. 73-75.

ABSTRACT

ANALYSIS OF STRESS DEVELOPED WITHIN THE SUPPORTING TISSUE OF ABUTMENT TOOTH WITH INDIRECT RETAINER ACCORDING TO VARIOUS DESIGNS OF DIRECT RETAINER AND DEGREE OF BONE RESORPTION*

Suk-hyun Lee D.D.S., Cheong-hee Lee D.D.S., M.S.D., Kwang-hun Jo D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics Kyungpook National University Taegu, Korea

For the purpose of evaluating the effect of both direct retainer design and bony absorption degree around abutment of indirect retainer on the supporting tissue of abutment of indirect retainer, dislodging force was transmitted to unilateral distal extension RPD bases.

Analysis of stress distributed within the supporting tissue around abutment of indirect retainer was carried out.

Using three-dimensional photoelastic stress analysis method and the conclusion is as follows.

1. According to the extent of force which the direct retainer of the most distal abutment tooth, the amount of force transmitted to the abutment tooth of indirect retainer was small.
2. Of all the cases, Mandibular first premolar which was used abutment tooth of indirect retainer, buccal, mesial and distal sides represented compression stress and lingual side represented tensile stress.
3. The more bone resorption of abutment tooth of indirect retainer, the more distortion of buccal and distal side of abutment tooth was existed and the extent of compression stress which was existed and distal side to abutment tooth was large.
4. When the alveolar bone around the abutment with indirect retainer is normal, The amount of force transmitted on abutment with indirect retainer was small in the order of Akers clasp, RPA clasp, RPI clasp.
5. When the alveolar bone around the abutment with indirect retainer has been absorbed 20% and 30%, the amount of force transmitted on abutment with indirect retainer was small in the order of RPA clasp, RPI clasp, Akers clasp.
6. When denture is displaced, shape of the direct retainer reciprocating abutment affect much the function of indirect retainer.

Key words : bone resorption, direct retainer, indirect retainer, stress analysis