

간접유치장치 설계변화에 따른 하악유리단 국소의치의 광탄성 응력분석

조선대학교 치과대학 보철학교실

강 승 종 · 계 기 성

〈 목 차 〉

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
 - 참고문헌
 - 사진부도
 - 영문초록

I. 서 론

Kennedy의 분류 I 급 또는 II급형의 국소의치의 잔존치조제에 작용된 힘은 교합면 레스트를 중심으로 지렛대의 작용이 일어나며, 가해진 저작압과 측방압에 의해 지대치 치근막과 구강점막의 변형을 가져와, 국소의치 주위의치은염, 치아동요, 골흡수 등이 광범위하게 일어나므로, 레스트, 유도면, 직접유지장치 및 간접유지 장치에 의해 교합력이 지대치와 그 주위조직에 분산전달되므로써, 지대치와 그 주위조직의 손상을 줄여줄 수 있는 설계를 하여야 한다^(30, 32, 36, 37, 48, 51).

응력은 치아와 점막의 상태, 인상채득방법, 의치상의 설계, 균형교합이나 의치상의 개상, 탄성 의치상의 사용, 완압장치 및 간접유지장치의 적절한 설계에 의해 조절할 수 있다^(6, 9, 14, 31, 34, 36, 53, 55). 유리단 국소의치 설계시 지대치 주위조직의 응력분포 양상과 지대치의

변위에 대하여 많은 연구가 되어왔으며^(5, 20, 27, 35, 54) Claykon⁽¹⁷⁾은 굴절지수의 변화가 저항성의 함수로 작용하는 strain gauge를 이용하여 지대치에 작용하는 직접유지장치의 힘을 측정하였고, Cecconi⁽²⁰⁾는 testing machine을 이용하여 국소 의치의 적합이 지대치에 미치는 영향에 대하여 조사 보고한 바 있다.

McCracken^(40, 41)은 간접유지장치에 의해 의치상이 조직으로부터 들어올리는 운동을 막아주고, 주연결장치가 침강하는 것을 방지하며, 간접유지장치를 지지하는 부연결장치에 의해 측방운동이 감소시킨다고 하였으며^(40, 41), McDowell⁽⁴²⁾은 저작중 유리단 국소의치의 간접유지장치의 기능은 완전히 밝혀지지는 않았지만, 간접유지장치의 주기능은 치아 결손 조직부위로 부터 의치상이 들어 올리는 것을 방지한다고 하였고, Steffel⁽⁵²⁾은 간접유지장치에 의해 주연결장치가 기울어지는 것을 감소시켜 수평력으로 부터 안정성을 증가시키며, 주지대치의 교합면 레스트를 통과하는 가상선을 중심으로 기능을 하고, 양측성 유리단 국소의치에서 이 가상선은 시상면에 거의 수직이지만 편측 유리단 국소의치에서는 대각선이 된다고 보고 하였다.

Frank등⁽²⁸⁾, Hindles⁽²⁹⁾는 주 지대치에 에이커 클래스프와 간접유지장치가 없는 국소의치에 있어, 지점선은 에이커 클래스프의 파지암(reciprocal arm)의 끝이 되므로 유지는 유지함몰부위와 파지 유도면의 중간이 되어 클래스프의 적은 변이는 의치상 후방부위에 많은 변이를 가져오나, 간접유지 장치의 지점선이 견치로 이동하면 간접유지장치가 없는 에이커 클래스프의 파지암의 중간부위보다 지점선의 거리가 3배로 증가

하여 이탈력이 가해졌을 때 의치상 후방 부위의 적은 변이가 일어난다고 보고한 바 있고, Fisher 등^(25, 26)은 전치부와 관련된 간접유지장치의 효과와 기능에 대하여 보고가 드물다고 하였으며, 현재까지는 주지대치와 연결된 간접유지장치의 기능과 간접유지장치 설계 변화에 따른 치아 주위조직과 그 지지조직에 미치는 응력의 양상에 관한 연구가 부족한 실정이므로, 간접유지장치의 설계변화에 의해 하악골에 미치는 응력의 분포양상에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

모든 수복물에서는 저작력이 가해지면 응력이 발생하게 되며, 발생한 응력을 분석하는 방법은 brittle lacquer coating⁽⁴⁾, strain gauge measurement⁽²⁷⁾, 유한요소분석⁽⁵⁾, 광탄성 응력분석^(6, 7, 8, 10, 11, 13, 24, 44, 45, 53, 54) 등이 있다. 그중 본연구는 실험조건을 생체와 유사하게 광탄성모형으로 재현한 후, 굴절지수의 변화와 모델에 입사한 편광의 주변형울의 차이에 의해 비례적으로 빛이 굴절하여 위상지연(phase retardation)이 일어나 가시적인 측정이 가능한 광탄성 응력분석법을 이용하여, 제 1소구치의 에이커 클래스프는 동일하게 설계한 후, 여러 형태의 간접 유지장치가 설계된 유리단 국소의치에 수직 집중 하중을 가해 지대치와 잔존치조제에 발생하는 응력을 비교 관찰한 결과, 국소의치에 제작시 간접 유지장치의 중요성, 선택 및 임상적 응용의 지침으로서, 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 모형의 제작

광탄성 치아모형을 제작하기 위해서 먼저 하악 좌우측의 제2소구치 및 대구치는 결손된 것으로 하고, 나머지 치아는 Wheeler가 기술한 평균크기를 갖는 타이포덴트상의 치아를 분리하여 고무인상재로 개개 치아의 인상을 채득 하였다. 그 다음 광학팽창계수 수치가 제일 큰 epoxy수지(PL-1)와 경화제(PLH-1)를 중량비 5 : 1로 계량한 다음 전기로에서 가열하여 90°F에서 혼합, 미리 제작된 치아의 인상 주형에 125°F에서

주입하였다. 이때 혼합시 기포가 생기지 않도록 제조 회사의 지시에 따라 용기의 내면에 온도계를 선접촉시키면서 혼합하여 epoxy수지를 주입 하였고, 그 후 24 시간 동안 상온에서 경화시켜 광탄성치아 모형을 완성하였다.(Fig. 1).

치아가 없는 사체의 하악 골체를 알지네이트로 인상을 채득한 후, 끓여서 녹혀진 파라핀 왁스를 주입하여 하악골의 형태를 만들어 광탄성 치아를 좌우 제 1소구치와 전치 부위에 배열, 양측성 유리단 파라핀왁스 하악모형을 제작하였다(Fig. 2).

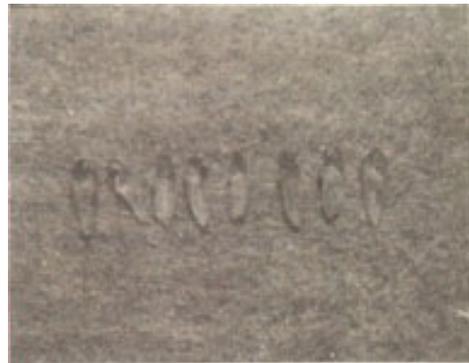


Fig. 1. Photoelastic teeh.

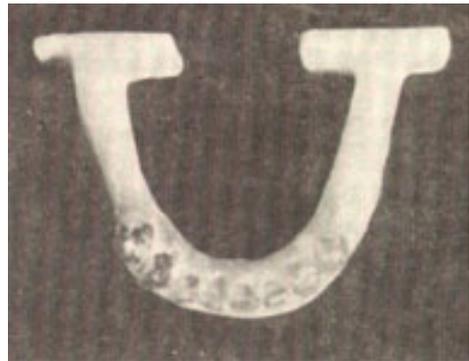


Fig. 2. Teeth arranged in a waxed mandible.

치아가 배열된 파라핀왁스 하악모형을 고무인상재를 이용하여 인상을 채득 하였다. 이 때 치아 교합면은 노출되도록 하여 epoxy레진 주입시 치아를 고정하는데 이용하기 위해 경석고로 교합면을 인기하였다. 끓는물로 왁스를 제거한 후, 광탄성 모형 분리제(mineral oil)를 광탄성 모형 치아의 치근면에 3~4회

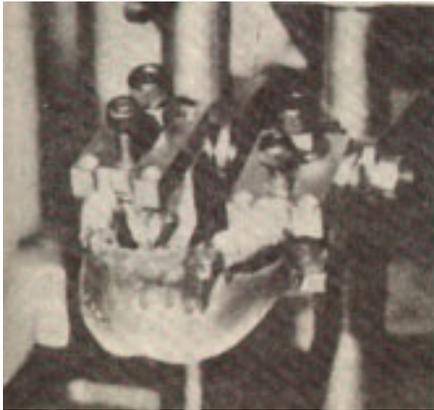
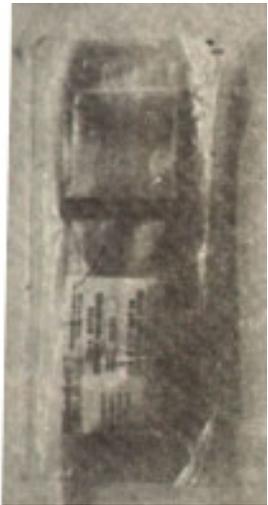


Fig. 3. Epoxy resin cast



Fig. 4. Epoxy resin, hardner, adhesive



도포하여 치주인대의 두께를 0.2 mm로 재현하였고, 왁스가 제거된 공간에 미리 제작된 교합면 인기경석고를 이용, 치아를 고정시킨 후, 광탄성 치아 제작과 같이 Epoxy수지(PL- 1)와 경화제(PLH-1)를 주입하여 광탄성 실험 모형을 완성한 후(Fig. 3), 반사형 광탄성 응력 측정법으로 관찰하기 위해 접착제(PC -1)를 하악골의 설측부에 도포하였다(Fig. 4).

2. 실험 국소 의치의 제작

실험 국소 의치 제작을 위하여 후방 지대치인 제 1 소구치에 에이커 클라스프가 장착되도록 협면은 0.020 inch의 함몰 부위를 부여하였으며, 교합면 레스트의 크기는 근원심 방향으로 2.5mm, 협설 방향으로 3mm를 부여 하였다. 실험 국소의치의 설계로선, 간접유지장치를 설계하지 않은 경우(제 1설계), 견치의 전치레스트에 간접유지장치를 설계한 경우(제2설계), 견치의 전치레스트에 주 지대치의 파지암을 연결하여 전치레스트를 간접유지 장치로 사용하는 경우(제 3설계), 제2설계에서 설계했던 간접유지장치와 에이커 클라스프의 파지암을 연결하는(제4설계) 국소의치의 경우로 구분하여 금속 구조물을 구조 하였는데 (Fig. 5), 이때 모형에 치조제점막을 재현하기 위해 1mm두께의 베이스 플레이트 왁스를 한겹 덮은 후, 국

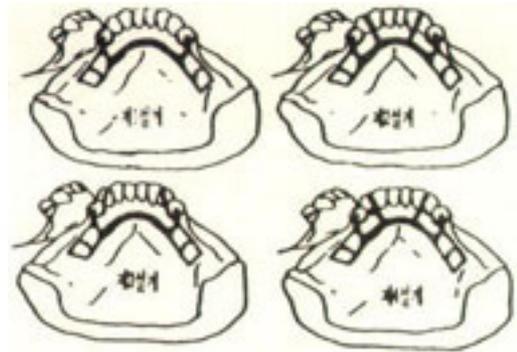


Fig. 5. Four types of indirect retainers.



Fig. 6. Jig.

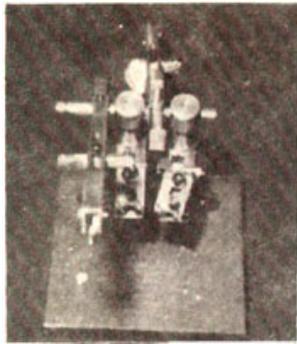


Fig. 7. Fixture.

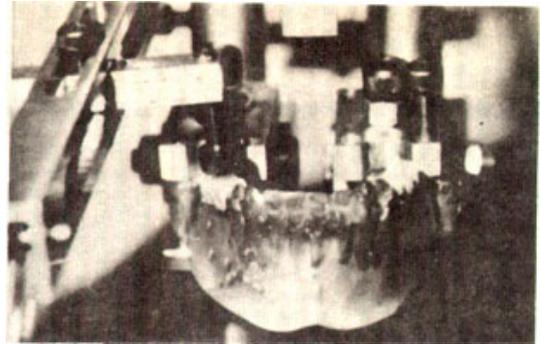


Fig. 8. Unilateral vertical loading.

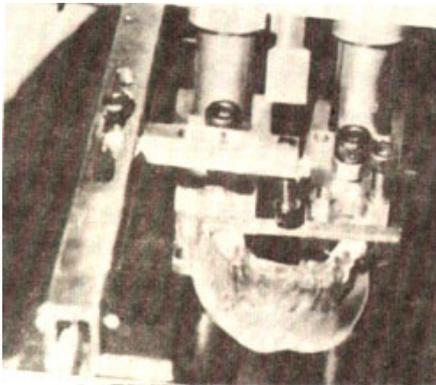


Fig. 9. Vertical load on the middle portion of the metal bar.

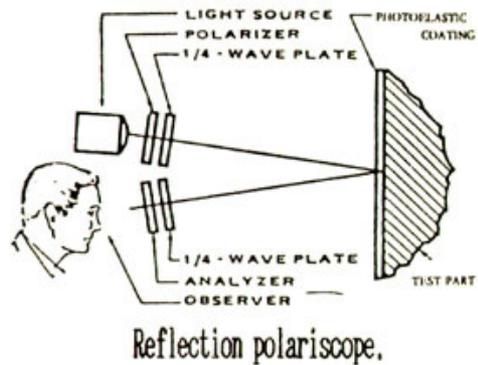


Fig. 10. Reflective circular polariscope.

소의치의 금속 구조물을 제작하고 직접자가중합 수지를 이용하여, 치아배열 및 레진의치상을 부여한 실험 국 소의치를 제작한 후, 고무 인상제로 점막을 재현하기 위해 미리 만들어 둔 1mm 빈 간격에 주입하여 연조직을 재현시켰다.

집중하중(Fig. 8)과 좌우 제 1대구치를 연결한 강체의 중심부에 10kg의 수직집중하중(Fig. 9)을 가한 후, reflective circular polariscope(Fig. 10)로 위상지연에 의한 위상차이와 색조를 관찰하였다.

3. 하중장치의 제작 및 광탄성 응력분석

III. 실험 성적

3차원의 하악골의 생리적 지지상태를 재현하기 위해 20×20×5cm의 금속 받침대위에 좌우로 이동이 가능한 두개의 수직기둥을 제작, 이에 상하 좌우로 이동이 가능하며 하악과두의 폭을 조절할 수 있는 지그(Fig. 6)를 부착하여, 하악지를 고정 하도록 하였으며, 하중이 원하는 부위에 일정량 가해질 수 있도록 조절이 가능한 하중장치를 제작하였다(Fig. 7).

간접유지장치의 설계변화에 따른 각 하중조건하에서 무치악부위 및 지대치 주위의 응력의 무늬 차수를 관찰하였다.

하중장치의 좌우 평형을 맞춘후, 실험모형을 고정시켰고 우측 제 1대구치 부위에 10kg의 편측의 수직

1. 간접유지장치를 설계하지 않은 경우(제 1설계)

1) 편측수직하중

① 하중측 : 전반적으로 불균등한 응력 분포 양상을 보였으며, 무치악 부위와 제1소구치 부위에 3차의 무

니 차수를 보여 응력이 집중됨을 알 수 있었고 제 1소구치 원심에 2차, 근심부위에는 1.5 차의 무늬 차수가 나타났었다(Fig. 11).

② 비하중측 : 제 1소구치 치근단에 1.2차, 무치악 부위에 2차의 무늬 차수가 나타났으며, 응력 분포 양상은 하악골의 기저부 보다는 의치상 직하방 부위에서 시작되어 뒤틀리는 응력이 발생 되었다(Fig. 12).

2) 양측수직하중

좌우 대칭적으로 응력 분포 양상이 나타났으며, 제1 소구치에 3차, 의치상 후방 부위에 3차의 응력이 집중 되었다(Fig. 13).

2. 견치의 전치 래스트에 간접유지장치를 설계한 경우(제 2설계)

1) 편측수직하중

① 하중측 : 전반적으로 고른 응력 분포 양상, 즉 무치악 부위의 2.5차, 제 1소구치 부위에 2차의 응력 집중이 나타났었다(Fig. 14).

② 비하중측 : 제1소구치 부위와 간접유지장치가 설계된 견치에 1.5차 응력, 하악골의 기저 부위에는 2.8 차의 응력이 집중되었다. 응력의 분포 양상은 제 1설계와는 달리 하악골의 기저부에서 시작되었다(Fig. 15).

2) 양측수직하중

① 견치와 제 1소구치의 의치상 하방 부위에 고른 응력 분포를 보였다(Fig. 16).

3. 견치의 전치래스트에 주지대치의 파지암을 연결하여 전치래스트를 간접유지장치로 사용한 경우(제 3설계)

1) 편측수직하중

① 하중측 : 의치상 하방부위에 비교적 고른 응력이 집중 되었으며, 제 1소구치 부위에 1.7차, 견치, 측절치에 1.2차의 응력이 집중 되었다(Fig. 17).

② 비하중측 : 견치에 1.2차, 측 절치에 1차, 제 1소

구치에 1.5차의 비교적 고른응력이 나타났으나, 무치악 부위의 응력 집중은 비교적 적었다(Fig. 18).

2) 양측수직하중

제1소구치와 전치의 치근단과 그주위 조직에 응력이 집중 되었으나, 뒤틀리는 응력 분포 양상은 보이지 않았다(Fig 19).

4. 제 2 설계에서 설계한 간접유지장치와 에이커 클래스프의 파지암을 연결한 경우(제4설계)

1) 편측수직하중

①하중측 : 제1소구치와 견치의 치근단과 그 주위 조직에 1.7차의 무늬 차수가 나타났으며, 제 1 소구치와 견치의 원심과 근심, 의치상 하방 부위에 많은 응력 분포 양상을 보였다(Fig. 20).

② 비하중측 : 측절치와 견치 및 제 1소구치 치근단 부위는 제3설계에 비해 비교적 많은 응력이 집중되었으며, 응력 분포 양상은 의치상 직하방을 중심으로 분포 하므로서 뒤틀리는 응력이 발생되었고, 의치상 하방 부위는 2차의 무늬 차수가 나타났었다(Fig. 31).

2) 양측수직하중(Fig. 22).

제 1소구치와 견치의 원심, 의치상 후방부위에 많은 응력 분포를 나타냈다.

발생되는 응력의 개략적인 비교에 있어서 제2 설계와 제3설계의 경우가 제 1소구치와 견치, 의치상 하방 부위에 고른 응력 분포를 보였으며, 제 1 설계의 경우가 제 1소구치의 치근단을 원심으로 작용시키는 응력과 제 4설계의 경우가 견치와 제 1 소구치의 치근단을 원심으로 작용 시키는 힘이 발생 되므로서 제 1설계와 제4설계의 경우는 응력 분포 양상에 있어서 가장 불리 하였다. 또한 하중이 주위 조직으로 전달되는 양상을 보면, 일부는 의치상을 통해 직접 하방의 치조골로 전달되지만 나머지는 지대치를 통해 주변의 치조골로 분포되었고, 제 1설계와 제4설계의 경우에는 제1소구치의 원심면에서 의치상의 하방을 통한 응력과 지대치에 의해 전달된 응력이 서로 만나는 것을 볼 수 있었다.

IV. 총괄 및 고안

국소의치에 작용하는 교합력과 이탈력은 여러 형태의 직접유지장치와 간접유지장치에 의해 주지대치 및 부지대치에 힘이 전달되므로, 이러한 국소 의치의 장착으로 인한 잔존 조직의 보존과 저작 기능의 회복을 위해서는 국소의치 구성요소와 관련된 응력 분포양상의 파악이 중요하다(40, 49).

Abant⁽⁴⁵⁾는 유리단 국소의치 장착시 적절하게 설치된 간접유지장치 주연결장치를 안정시켜 각 악궁의 인접치아로 힘을 전달함으로써, 수직력과 측방력에 저항하여 지대치의 응력을 감소시킨다고 하였으며, Frenchtte⁽²⁷⁾, Karies^(34, 35)는 Kennedy의 분류 I급과 II급 국소의치에서 간접유지장치의 제거가 주지대치의 운동을 증가시킨다고 하였는데, 본 연구에서 간접유지장치를 설치하지 않은 제 1설계의 경우, 주지대치 부위와 의치상 하부에 많은 응력이 집중되어, Hindles⁽²⁹⁾의 연구 결과인 유리단 국소 의치상을 간접유지장치의 레스트나 클라스프 없이 제작하면 주지대치의 움직임 및 의치상 하부의 운동을 증가시킨다는 보고와 비슷하였다.

따라서, 이러한 간접유지장치를 설치하지 않는 경우 하악 전치부의 설측, 주지대치의 원심과 설측에 응력의 집중 및 보철물의 동요에 의한 치조골의 흡수와 부착치 은의 염증등이 유발되리라 생각된다.

Avant⁽⁴⁵⁾는 간접유지장치 형태를 부연결 장치와 레스트, 부연결장치와 안정을 위한 클라스프를 가진 레스트, 부연결장치와 안정과 유지를 위한 클라스프를 가진 레스트의 3종류로 분류하였는데, 본 연구에서는 Avant의 분류중 크라스프가 없는 부연결장치와 레스트의 형태인 제2설계의 경우가 수직하중시 전체 악궁 및 치아, 그 주위조직에 고르게 응력이 전달되었다. 한편 제2설계, 제3 설계, 제4설계에선 간접유지장치의 레스트와 주 지대치의 레스트를 통해 응력이 전달 분산되는 것을 관찰할 수 있었다.

따라서, 간접유지장치와 함께 주지대치의 교합면 레스트도 positive rest seat를 형성함으로써 하부 조직에 응력을 분산되도록 하여야하며 레스트의 파절을 방지하기 위해 충분한 두께를 부여하여야 한다고 사료

된다. 결국, 제 1설계에선 주지대치의 원심에 응력이 집중되었으며 간접유지장치가 설치된 경우, 즉 제2설계, 제3설계 및 제4설계에 있어서는 응력이 주지대치의 원심과 하방으로 분포 되었고 간접 유지장치가 장착된 부지대치의 치근부에도 응력이 넓게 분포 되었는데, 이는 레스트의 전방위치가 수직하중을 전달하는데 효과적이라는 Tompson⁽⁵⁴⁾의 견해와도 일치하였다.

양측 수직 집중하중시에는 좌우대칭으로 응력이 분포되었고 응력의 크기는 직접유지장치가 장착된 주지대치 부위, 간접유지장치가 설치된 부지대치 부위, 무치악부의 순으로서 나타났으며, 편측 수직 집중시 응력의 크기도 양측 수직 집중하중의 경우와 같은 크기의 순이었으나, 하중 측이 비하중 측에서 보다 더 큰 응력이 집중되었는데, 이는 양측 수직 집중 하중시엔 응력이 양측으로 넓게 분산되기 때문이라고 사료된다.

Tompson^(54, 55)과 Pezzoli⁽⁴⁴⁾는 교합력이 가해질때 직접유지장치의 원심교합면 레스트에는 비트는 힘이 발생되어 치아를 측방으로 기울게 하나, 근심 교합면 레스트의 경우엔 치아를 근심으로 기울게 하지만 전방치아로 부터 저지되어 오히려 지지와 안정을 얻을 수 있다고 보고하였는 데, 본 연구에선 모두 원심레스트를 설치한 결과, 주 지대치의 치관부 모두가 원심에 응력이 집중 하는 양상을 보였고, 주지대치의 치근은 근심에 응력이 집중되는 양상을 보였다. 이는 원심레스트를 이용하는 경우 지대치의 원심경사를 유발한다는 Kratochvil⁽³⁷⁾의 결과와 비슷하였다. 지대치의 원심경사는 치조골 흡수의 주된 원인이므로 이를 최소화 하기 위해서 기능 인상과 적절한 국소 의치 구조물의 설계에 의해 치조골의 흡수를 감소시켜야 한다(16, 21).

한편 제2설계와 제3설계에 있어 의치상하방에는 비교적 균일한 응력의 분포양상을 보였는데, 이런 상태를 임상적으로 얻을 수 있다면 잔존치 조골의 흡수와 지대치의 외상을 감소시킬 수 있다고 판단된다. 또 제3설계에서는 제2설계와는 달리 부연결장치가 치은부위를 직접 통과하지 않고 직접유지장치에 견치의 전치레스트를 직접연결 하였기 때문에 치은에 자극을 주지 않으므로써 치은의 건강에 도움이 되리라 생각되며, 견치에 레스트를 연장하므로써 지점선이 전방에 위치하게 되었고 조직으로부터 의치상이 적게 움직이게되

어 지지대치의 클라시피가의 동요가 줄어들 것으로 판단된다. 제4설계에서는 제2설계의 간접유지장치와 지지대치의 에이커 클라스트를 연결 하였으므로 유지와 안정은 증가되었으나 지지대치와 부지대치의 치근단부위에 많은 응력이 집중 되었다. 또한 지지대치와 부지대치가 한단위로 기능을 하게 되어 그 부위를 중심으로 bending moment의 현상이 발생되어 지지대치와 부지대치에 무리한 힘이 받게될 것으로 사료된다.

본 연구에서는 사진 촬영과 육안으로 무니차수와 응력분포 양상을 관찰하였는데, 사진 촬영시 관찰한 방향에 따라서 무니 차수의 변화가 나타날 수 있기 때문에 가능하면 모든 촬영조건 및 방향을 동일하게 할 필요가 있다고 생각된다.

Craig⁽¹⁹⁾의 보고에 의하면 지대치와 치조제에 하중을 가했을때, 치조제의 점막의 두께가 두꺼울수록 지대치의 변형률이 증가한다고 하였는데, 본 연구에서는 치조점막의 두께 변화에 따른 영향은 고려하지 않고, 점막의 두께는 1mm로 균일하게 부여하였다. 하중을 가한 의치상의 직하방 부위에는 응력이 집중되지 않았는데, 이는 치조점막이 의치상과 밀접하게 접촉하도록 본 실험조건을 부여하므로써 점막의 탄력에 의한 응력의 고른 분산이라고 사료된다.

반사형 광탄성 응력측정법을 이용하므로써 투과형과는 달리 빛이 표면에 도포된 광탄성 재료에 입사되었다가 다시 반사 되어 나오므로써 2회의 위상지연이 일어나는 것을 이용하여, 주변형률의 차이와 반사된 간섭무늬를 관찰한 결과, 응력의 분포와 흐름의 가시적인 측정이 가능 하였다.

실험모델은 균일한 밀도로 제작하였으나, 치아와 치조골은 밀도가 각각 다르고, 치질의 탄성과 치주인대의 인장력, 점막의 특성을 정확하게 재현할 수 없었으며, 하악골에 부착된 근육과 인대의 생리적인 힘의 크기를 고려하지않고 단면에 나타나는 결과만을 관찰 하였으므로, 보다 자세한 공간적인 결과를 얻기위해서는 3차원의 광탄성응력분석이나, 유한요소분석을 이용하여 생리적인 근력의 크기나 방향등 연조직의 상태와 치아와 치아 주위 조직의 특성을 고려한 실물에 일치되는 모형을 제작하여 연구를 하여야 한다고 판단되며, 유리단 국소의치에 있어서 측방력과 이탈력이 복

합적으로 작용하는 경우에 따른 연구도 보완되어야 한다고 사료된다.

V. 결론

간접유지장치의 설계 변화에 따른 epoxy수지(PL-1)와 경화제(PLH-1)로 응력의 크기와 분포 양상을 규명하기 위해서 광탄성 모형을 제작한 후, Plastic cement-1의 접착제를 하악골의 내면에 부착하여, 실험 국소의치의 설계로선 간접유지장치를 설계하지 않는 경우(제 1설계), 견치의 전치 레스트에 간접유지장치를 설계한 경우(제2설계), 견치의 전치레스트에 지지대치의 파지암을 연결하여 전치레스트를 간접유지장치로 사용하는 경우(제3 설계), 제2설계에서 설계했던 간접유지장치와 에이커 클라스트의 파지암을 연결하는 경우(제4 설계)의 4종류의 간접유지장치를 설계 제작한 다음, 하악유리단 국소의치를 이용하여 편측 및 양측 수직집중하에서 광탄성 응력 분석을 한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 편측과 양측부 수직집중 하중시 모두, 간접유지장치가 장착된 제2설계, 제3설계 및 제4설계의 경우 치근단부와 그 주위 조직에 많은 응력 분포를 보였다.
2. 편측 수직집중 하중시, 제2설계, 제3설계 및 제4설계의 경우, 양측 주 지대치의 치근단과 그 주위 조직, 비 하중측의 치근단 부위와 무치악 부위에 균일한 응력 분포가 나타났다.
3. 수직 집중 하중시 지지대치의 응력 집중 크기는 제 1설계, 제4설계, 제2설계 및 제3설계의 순서였다.
4. 제 1설계 및 제4설계의 경우, 편측수직집중시 비하중측의 지지대치와 무치악 부위에 뒤트는 힘이 발생하였다.
5. 제2설계의 경우, 양측의 지지대치의 치근단부위와 비하중 측의 무치 악부의 치조정에 있어서 응력의 감소를 보였다.
6. 제2설계가 가장 균일한 응력 분포 상태를 보였다.

참고문헌

1. 계기성 : “가철성 국소의치학”, 청해사, 1990.
2. 고석훈 ‘ “국소의치의 생체역학”, 「치과임상」, 60-65, 1987.
3. 고석훈 : “국소의치의 과학적 설계원칙” 「대한치과 의사 협회지」, Vol 27, No.1, 1989.
4. 김상수, 정재현 : “Lingualized occlusion에 의한 하악 응력의 광탄성학적 분석” 「대한 치과 교합학회지」, 제 5 권, 제 1호, 1988.
5. 김현길, 김종환, 배대성, 박찬운 : “유한요소법에 의한 유리단 국소의치 지지조직의 응력 분석”, 「전북치대 논문집」, 제 6권 제 1호
6. 윤성일, 장익태 : “양측성 유리단 국소의치의 설계변화에 따른 광탄성 응력분석에 관한 연구”, 「대한치과 의사 협회지」, 23 : 45-59, 1985.
7. 이능수 : “수중골내 임플란트의 보철수복물에 가해진 응력분산에 관한 광탄성학적 연구 Vol 8, No 1, 1988.
8. 이석현, 조광현 : “구치부 cantilever bridge의 지대치 주위조직에 발생하는 응력에 관한 광탄성 응력분석”, 「경북치대 논문집」, 제 6권 제 3호 : 105-120, 1989.
9. 이희경, 조광현 : “유리단 국소의치에 지대치 원심면의 유도면 설계변화에 따라 지대치 주위조직에 발생하는 응력의 분석”, 「경북치대 논문집」, Vol 6 : 121-131, 1989.
10. 전진영, 김영수 : “골유착성 치근형 임플란트에 관한 광탄성응력분석”. 「대한치과교합학회지」, Vol5, No. 1, 1988.
11. 조광현, 최부병, 박남수. “중간지대치가 포함된 고정가공의치의 지대치 주위조직에서 발생하는 응력에 관한 광탄성학적 연구”, 「대한치과보철학회지」, 22 : 55-69, 1987.
12. 조규중, 김우, 김택 : “차체 Body용접결합부위 광탄성적 응력에 대한연구”, 「아세아기보」, 제 62 : 53-65, 1990.
13. 조인호 : “총의치 교합형태에 따른 3차원적 광탄성 응력 분석” 「대한치과 의사 협회지」, 제 20 권, 945-966, 1982.
14. Applegate, O.C. : “The partial denture base”, J. Prosth Dent., 5 : 636-648, 1955.
15. Avant, W.E., AB.,B.S. : “Indirect retention in partial denture design”, J. Prosth Dent., 16 : 1103- 1110, 1966.
16. Brill N., Tryde,G., Stoltze K, and El Ghamrawy. E.L : “Ecologic changes in the oral cavity caused by removable partial dentures”, J Prosth. Dent., 38 : 138-148, 1977
17. Clayton, JA, and Jaslow, C. : “A measurement of clasp forces on teeth”, J. Prosth. Dent.,25 : 21-43, 1971.
18. Farah, J.W. and Craig, R.G. : “Reflection photoelastic stress analysis of a dental bridge”, J. Dent. Res., 50 : 1253-1259, 1971.
19. 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 stree analysis of inlays”, J. Prosth. Dent., 17 : 277-291, 1967.
20. Cecconi, B.T., Asgar, K. and Dootz, E. : “The effect of partial denture clasp design on abutment tooth movement”, J. Prosth. Dent., 25 : 44-56, 1971.
21. Devan, M.M. : “Preserving natural teeth through the use of clasps”, J. Prosth. Dent 5 : 208-214, 1955.
22. El- Ebrashi, M.K, Craig RG. and Peyton, F.A.” Experimental stress analysis of dental restoations. Part IV”, J. Prosth, Dent., 22 : 346-353, 1969.
23. Coolidge, E.B. : “The thickness of the human periodontal membrane”, JADA, 24 : 1260-1270, 1937.
24. El - Ebrashi, M.K, Craig R.G. and Peyton F.A : “Experimental stress analysis of dental restorations. Part VII”, J. Prosth. Dent, 23 : 177-186, 1970.
25. Fisher, R.L., McDowell,G.C. : “Removable partial denture design and potential stress the perio-dontium”, Int. J. Periodont. Res. Dent., : 35-47, 1975.
26. Fisher, R.L. : “The efficiency of an indirect retainer”, J. Prosth Dent., 34 : 24-30, 1975.
27. Frechette, A.R : “The influence of partial denture design on distribution of force abutment teeth, “J. Prosth, Dent., 6 : 195-212, 1956.
28. Frank R.P. and Nicholls, J.I. : “An investigation of the effectiveness of indiret retainers”, J. Prosth. Dent., 38 : 494-506, 1977.
29. Hindles, G.W. : “Load distribution in extension saddle partial dentures,” J. Prosth. Dent.,2 : 92-100, 1952.
30. Hinders,G.W. : “Stress analysis in distal extension partial dentures”, J. Prosth. Dent., 7 :

- 197-205, 1957.
31. Holmes, J.B. : "Influence of impression procedures and occlusal loading on partial denture movement", *J. Prosth. Dent.*, 15 : 474-481, 1965.
 32. Glickman, I., Roeber, F.W., Brion, M., and Pameijer, J.H.M. : "Photoelastic analysis of internal stresses in the periodontium created by occlusal force", *J. Periodontol.*, 41 : 30, 1970.
 33. Jessop, H.T. and Harris, F.C. : Photoelasticity principles and methods
 34. Kaires, A.K. : "Partial denture design and its relation to force distribution and masticatory performance", *J. Prosth. Dent.*, 6 : 672-683, 1956.
 35. Haire A.K. : "Effect of partial denture design on unilateral force distribution", *J. Prosth. Dent.* : 526-533, 1956.
 36. Kramer, H.M. : "Impression technique for removable partial denture," *J. Prosth Dent.*, 11 : 84- 92, 1961.
 37. Kratochvil, F.J. : "Influence of occlusal rest position and clasp design on movement of abutment teeth" *J. Prosth Dent.*, 13 : 114-124, 1963.
 38. Kratochvil, F.J. and Caputo, A.A : "Photoelastic analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial dentures" *J. Prosth. Dent.*, 32 : 52-61, 1974.
 39. Krol, AG. : "Clasp design for extension - base removable partial dentures," *J. Prosth Dent.*, 29 : 408-415, 1973.
 40. McCracken, W.L. ; "Contemporary partial denture designs," *J. Prosth. Dent.*, 8 : 71-85, 1958.
 41. McCracken, W.L. : "Survey of partial denture designs by commercial dental laboratories," *J. Prosth Dent.*, 12 : 1089-1110, 1962.
 42. McDowell, G.C. : "Force transmission by indirect retainers during unilateral loading", *J. Prosth. Dent.*, 39 : 616-621, 1978.
 43. McDowell, G.C. and Fisher, R.L. : "Force transmission by indirect retainers when a unilateral disloading force is applied", *J. Prosth. Dent.*, 47 : 360-365, 1982.
 44. Pezzoli, M., Rossetto, M., Calderale, P.M. : "Evaluation of load transmission by distal - extension removable partial dentures by using resection photoelasticity, *J. Prost. Dent.*, 56 : 329-337, 1986.
 45. Reitz, P.V. and Caputo, A.A : "A Photoelastic study of stress distribution by a mandibular split major connector," *J. Prosth Dent.*, 54 : 220-225, 1985.
 46. Rybeck, S.A : "Simplicity in a distal extension partial denture", *J. Prosth. Dent.*, 4 : 87-92, 1954.
 47. Schuyler, C.H. : "Stress distribution as the prime requisite to the success of a partial denture", *J.A.D.A.*, Dec : 148 : 2154, 1933.
 48. Schwalm, C.A, Smith D.E., Erickson, J.D. : "A clinical study of patients 1 to 2 years after placement of removable partial dentures", *J. Prosth. Dent.*, 38 : 380-391, 1977.
 49. Sharry, T.J. : "Principles, concepts, and practices in prosthodontics -1976", *J. Prosth. Dent.*, 37 : 204-221, 1977.
 50. Shohet, H. : "Relative magnitudes of stress on abutment teeth with different retainers", *J. Prosth Dent.*, 21 : 267-282, 1969.
 51. Steffel, V.L. : "Relining removable partial dentures for fit and function", *J. Prosth. Dent.*, 4 : 496- 509, 1954.
 52. Steffel, V.L. : "Current concepts in removable partial denture service", *J. Prosth. Dent.*, 20 : 387- 395, 1968.
 53. Sutherland, J.K., Holland, G.A, Sluder, T.B. and White, J.J. : "A photoelastic analysis of the stress distribution in bone supporting fixed partial dentures of rigid and nonrigid design", *J. Prosth. Dent.*, 44 : 616-623, 1980.
 54. Tompson, M.J. : "Reversible hydrocolloid impression material : its treatment and use in operative and prosthetic dentistry", *J.A.D.A.*, 49 : 708-720, 1949.
 55. 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. Prosth. Dent.*, 38 : 261-273, 1977.
 56. Weinberg L.A : "Lateral force in relation to the denture base and clasp design" *J. Prosth. Dent.*, 6 : 785-800, 1956.

Explanation of figures

- Fig. 11. Design No. 1 : Stress distribution of unilateral load of edentulous area and abudetment teeth(laoded side).
- Fig. 12. Design No. 1 : Stress distribution of unilateral load of edentulous area and abudetment teeth(nonlaoded side).
- Fig. 13. Design No. 1 : Stress distribution of middle portion of metal bar(edentulous area and abudetment teeth).
- Fig. 14. Design No. 2 : Stress distribution of unilateral load of edentulous area and abudetment teeth(laoded side).
- Fig. 15. Design No. 2 : Stress distribution of unilateral load of edentulous area and abudetment teeth(nonlaoded side).
- Fig. 16. Design No. 2 : Stress distribution of middle portion of metal bar(edentulous area and abudetment teeth).
- Fig. 17. Design No. 3 : Stress distribution of unilateral load of edentulous area and abudetment teeth(laoded side).
- Fig. 18. Design No. 3 : Stress distribution of unilateral load of edentulous area and abudetment teeth(nonlaoded side).
- Fig. 19. Design No. 3 : Stress distribution of middle portion of metal bar(edentulous area and abudetment teeth).
- Fig. 20. Design No. 4 : Stress distribution of unilateral load of edentulous area and abudetment teeth(laoded side).
- Fig. 21. Design No. 4 : Stress distribution of unilateral load of edentulous area and abudetment teeth(nonlaoded side).
- Fig. 22. Design No. 4 : Stress distribution of middle portion of metal bar(edentulous area and abudetment teeth).

논문사진부도 (1)

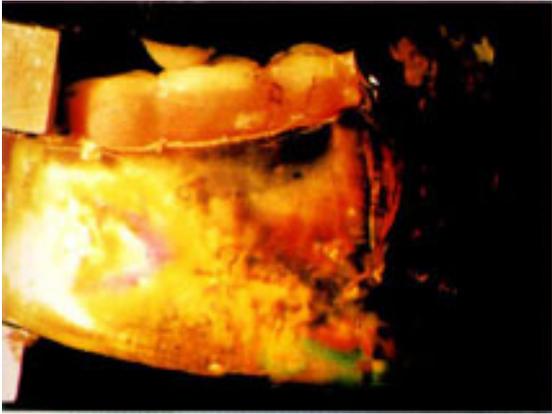


Fig. 11

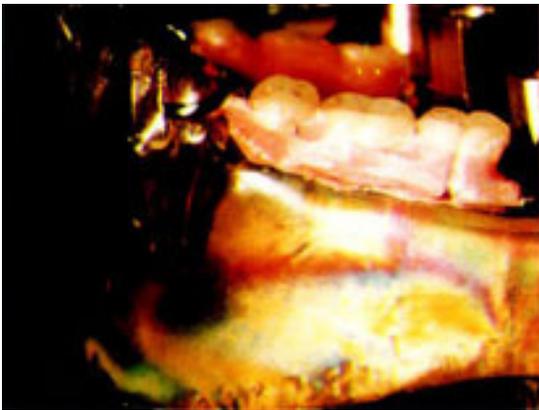
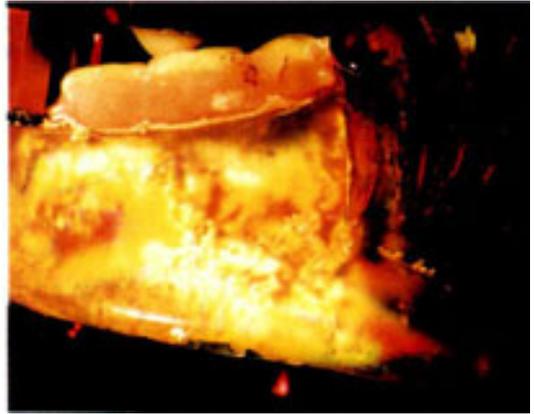


Fig. 12

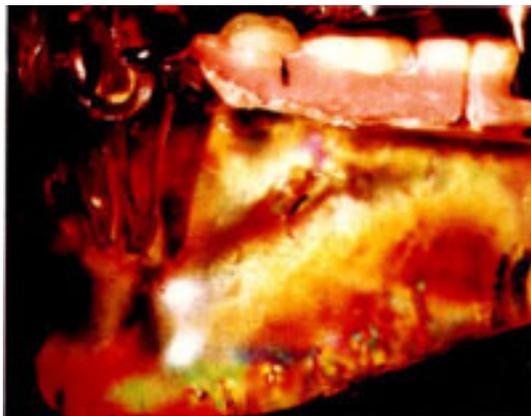
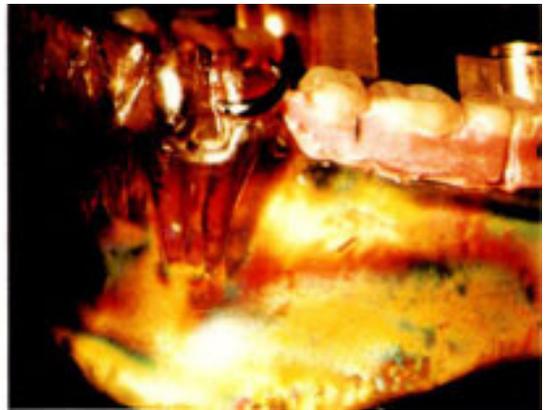


Fig. 13

논문사진부도 (2)

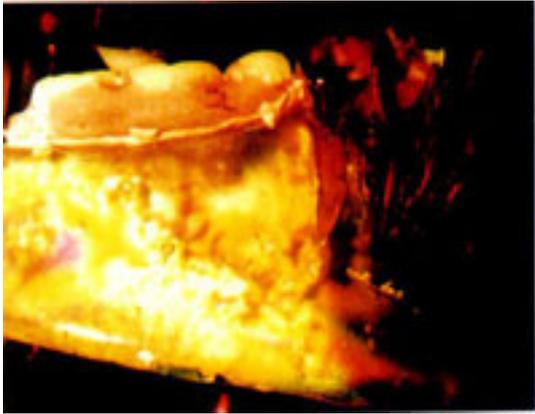


Fig. 11

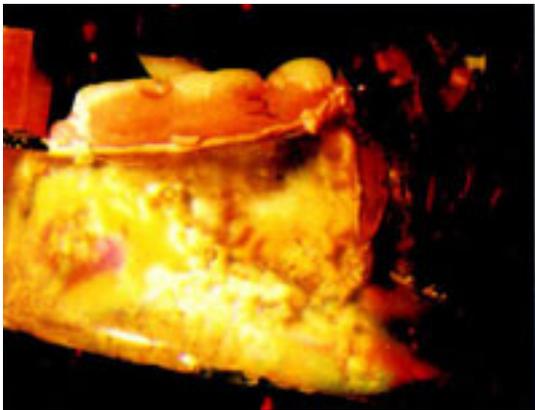
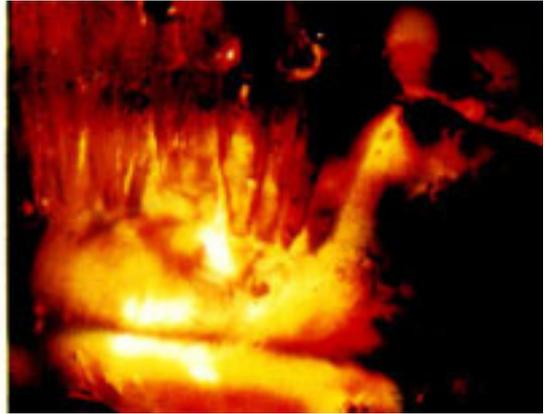


Fig. 12

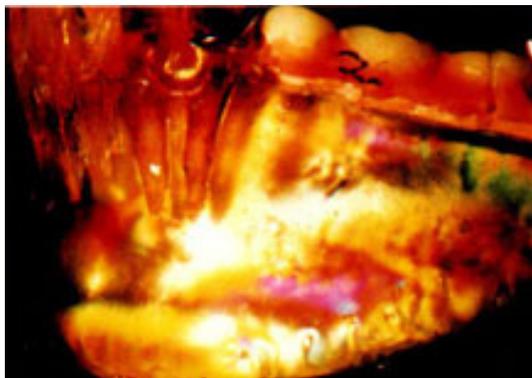
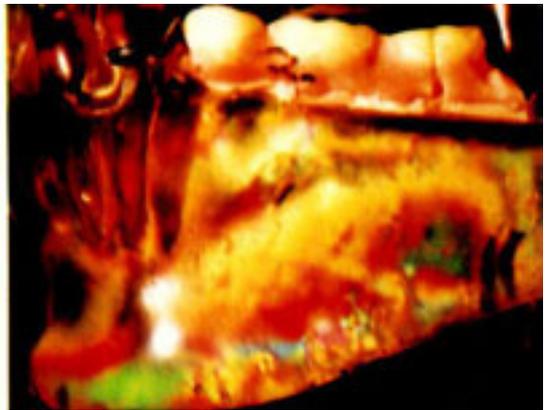


Fig. 13

논문사진부도 (3)



Fig. 11

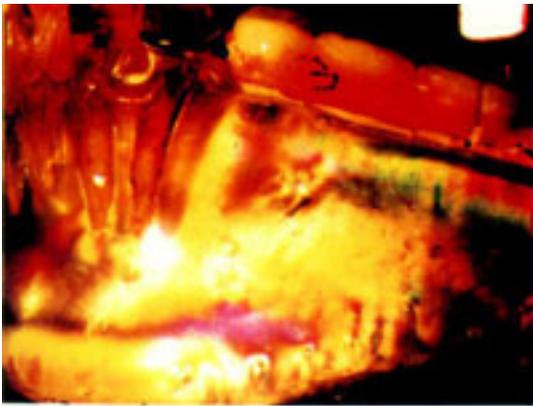
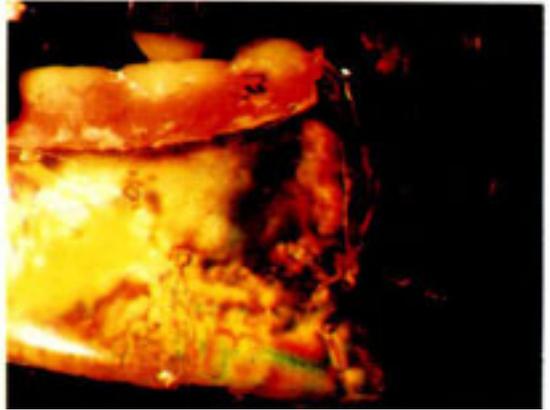


Fig. 12

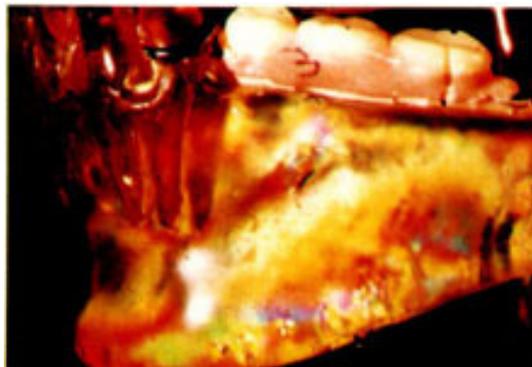
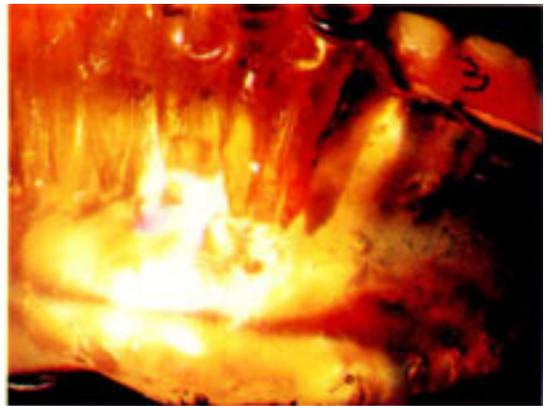


Fig. 13

논문사진부도 (4)

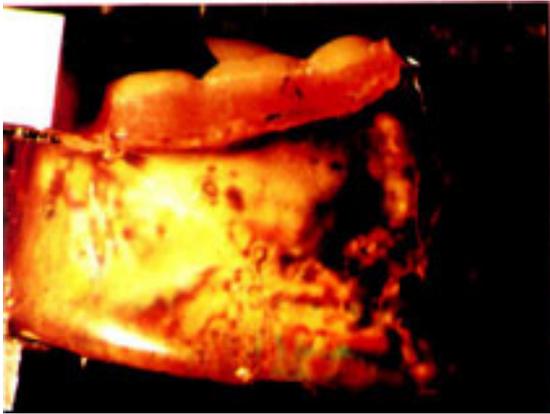


Fig. 11

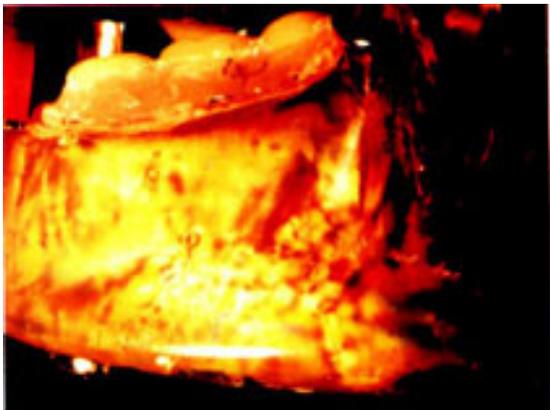
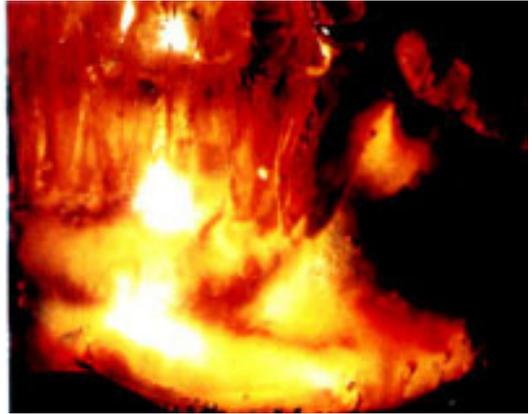


Fig. 12

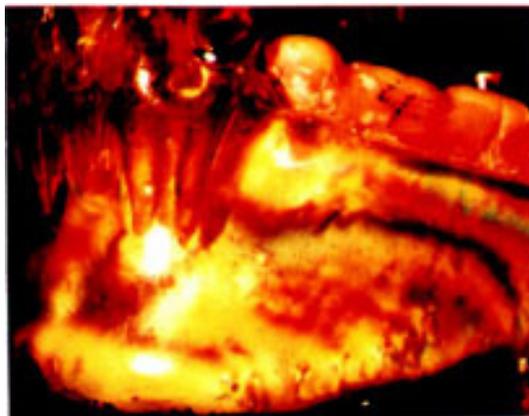
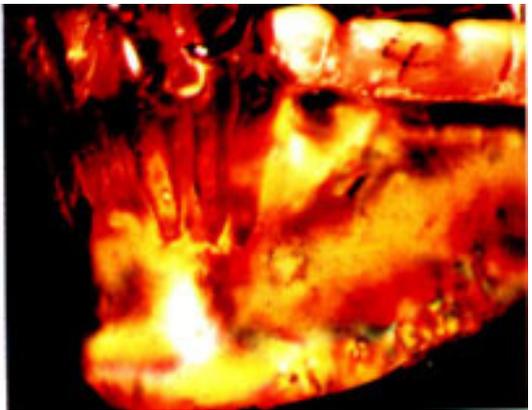


Fig. 13

= Abstract =

A PHOTOELASTIC STRESS ANALYSIS IN MANDIBULAR DISTAL - EXTENSION REMOVABLE PARTIAL DENTURES WITH VARIOUSLY DESIGNED INDIRECT RETAINERS

Seung -Jong Kang, D.D.S., Kee- Sung Kay, D.D.S., M.S.D., Ph.D

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to analyse the magnitude and distribution of stresses using a Photoelastic model from and distal - extension removable partial dentures With four designed indirect retainers.

The designs of the indirect retainers were as follows :

Design No. 1 : Aker' s clasp on 1st bicuspid with no indirect retainer.

Design No. 2 : Aker' s clasp on 1st bicuspid with indirect retainer on canine.

Design No. 3 : Extension of the reciprocal arm of Aker' s clasp toward incisal rest on canine.

Design No. 4 : Connection with the indirect retainer as in No. 2 and extension of reciprocal arm of Aker' s clasp.

A photoelastic model was made of the epoxy resin(PL - 1) and hardner(PLH - 1) and coated with plastic cement -1(PC -1) at the lingual surface of the epoxy model and set with chrome - cobalt partial dentures.

A unilateral vertical load of 10kg to the right 1st molar and a vertical load of 10kg to the middle portion of the metal bar crossing both the 1st molars of the right and left, were applied.

With the use of specially designed jig, fixture; loading device and the reflective circular polariscope, we obtained the following results :

1. When the unilateral vertical load and the vertical load of the middle portion of the metal bar were applied, design No. 2, 3 and 4 exhibited the higher stress concentration at the root apices and their surrounding tissues of the primary and secondary abutment teeth.
2. When the unilateral vertical load applied to design No. 2,3 and 4 the root apices of the primary and secondary abutment teeth and their surrounding tissues and the nonloaded side of edentulous area exhibited and even stress distribution.
3. When the vertical load was applied, the stress concentration fringe in the primary and secondary abutment teeth was in the order of No. 1,4,2 and 3.
4. No.1 and 4 exhibited the higher distorted stress concentration at the primary teeth and the edentulous area in the nonloaded side.
5. No.2 design reduced the stresses at the apices of the alveoli of the primary abutment teeth bilaterally as well as on the crest of the residual ridge on the nonloaded side.
6. No. 2 design exhibited the most favorable stress distribution.