

주 연결장치의 설계변화에 따른 하악 유리단 국소의치의 광탄성 응력 분석에 관한 연구

조선대학교 치과대학 보철학교실

이규철 · 계기성

목 차

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

I. 서 론

유리단 국소의치의 지지는 주로 잔존조직에서 얻고 제한된 양을 지대치에서 얻게 되는데 국소의치의 지지조직인 지대치와 잔존치조제는 생체 일부분으로서 저작시 교합력에 있음으로 생역학적인 고려가 요구된다. 따라서 이러한 지지조직의 건강을 유지하기 위해서는 힘의 크기 뿐만 아니라 힘 적용의 방향, 기간, 빈도 등을 고려해야 한다.^{1, 6)}

유리단 국소의치의 잔존치조제에 작용된 힘은 교하면 레스트를 중심으로 지렛대의 작용이 일어나며, 가해진 저작압에 의해 지대치 치근막과 구강점막의 변형을 가져오게 되는데, 이때 생리적인 한계를 벗어난 과잉된 응력은 국소의치를 유지하는 지대치 주위의 치은염, 치아주위 잔존 치조골의 흡수 등을 광범위하게 야기하므로, 국소의치의 구조물인 레스트, 유도면, 직접유지장치 및 간접유지장치에 의하여 교합력이 지대치와 그 주위조직에 고르게 분산 전달 되므로써 지대치와 그 주위조직의 손상을 줄여줄 수 있는 설계를 하여야 한다. 또한

국소의치 구성요소의 선택 및 위치, 조화를 이루는 교합 등을 이루어 주므로써 가철성 보철물에 전달되는 힘이 넓게 분산되고, 최소화될 수 있다.^{39, 42, 50-52, 61, 76, 87)}

일반적으로 국소의치의 설계는 보통 최후방 지대치에 응력을 집중시키게 되어 있어 치조골 지지가 좋지 않는 지대치는 수명이 더욱 짧아져 환자에게 불편감, 경제적 부담을 가중시키는데 이 경우 발치후 총의치나 근관 치료후 overdenture가 그 대안이었으나 1963년 Simmons 등은 동요도가 있는 치아를 안정시키면서도 모든 잔존치와 지지조직에서 유지를 얻을 수 있는 swing-lock attachment 국소의치를 고안하였다.^{2, 20, 78, 82)} swing-lock attachment 국소의치 설계는 모든 잔존치와 치조제에 stress를 끌고루 분산시키고 국소의치에서 발생하는 회전력을 조절하면서 유지와 안정을 최대로 얻을 수 있고, 최후방 지대치에서 국소의치에 필요한 대부분의 유지를 얻지 않고 남아있는 잔존치 모두에서 얻어 잔존치를 최대한으로 안정시킬 수 있는 설계라고 주장한바 있다.^{2, 16, 20, 58, 87)} 따라서 주 지지를 잔존조직에서 얻고 제한된 양을 지대치에서 얻는 유리단 국소의치에서 swing-lock attachment와 다른 두 종류의 주연결장치를 이용한 국소의치를 광탄성 모형에 장착시켜서 수직하중시 지대치 주위치조골 및 의치상 하부 지지조직에 미치는 응력 분산특성을 비교 평가하고자 함이 본 논문의 목적이다.

모든 수복물에 저작력이 약해지면 치아 및 주위 지지조직에 응력이 분산되는데 이러한 응력과 변형율의 분산형태를 분석하는 방법에는 brittle lacquer coating,^{12, 13, 22, 32)} dial gauge를 이용하는 방법,^{8, 65, 66)} 기계적 또는 전기적인 strain gauge를 이용하는 방법,^{28, 29, 38, 44, 47, 58, 59, 62, 81)} 광탄성 응력 분석법,^{4, 5, 7, 9, 10,}

12, 36, 68, 70, 80, 83) 유한 요소법, 3, 14, 30, 31, 45) laser 측정법^{8, 24, 72, 73, 84, 85)} 등이 있다. 유리단 국소의치의 응력 분석에 관한 연구로서 위에서 열거한 방법 등을 이용하여 clasp 설계변화, 정밀 부착형 유지장치 설계, clasp와 정밀 부착형 유지장치 장착에 따른 비교, 지대치 원심면의 유도면 설계변화, 간접유지장치 설계변화, 근심 및 원심 레스트 설계에 따른 비교 등 많은 연구논문이 보고된바 있다.^{3, 4, 7, 27, 50, 55, 82)}

유리단 국소의치 Kennedy 분류 II 급 mod. 1 인 경우에 상악과 하악의 split 형 주연결장치에 따른 광탄성 응력 분석법을 연구 보고한 적은 있으나^{70, 71)} 양측성 유리단 국소의치에 주연결장치 종류의 설계에 따라 지대치 및 인접치의 주위치조골과 유리단 잔존치조제에 발생하는 응력의 크기 정도와 분포 양상을 구체적으로 비교한 경우는 드물어 본 연구는 실험 조건을 생체와 유사하게 3차원의 광탄성 모형을 재현한 후 2차원적인 방법으로 응력 분포 양상을 관측 검토하였다. 이때 최종지대치인 좌우 제 1 소구치에 RPI clasp를 동일하게 설계한 후 주연결장치로서 lingual bar, linguoplate, swing-lock attachment의 3 종류를 설계한 하악 유리단 국소의치에 양측성 및 편측성 수직 집중하중을 가하여 의치상 하부의 잔존치조제 및 지대치 주위 치조골에 발생하는 응력 분포 특성을 광탄성 응력 분석법으로 비교 관찰한 결과 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 모형의 제작

광탄성 치아 모형을 제작하기 위해서 먼저 하악 좌우측의 제 2 소구치 및 대구치는 결손된 것으로 하고, 나머지 치아는 Wheeler가 기술한 평균 크기를 갖는 타이포덴트상의 치아를 분리하여 고무 인상재로 개개 치아의 인상을 채득하였다. 그 다음 광학적 응력 감도 수치가 제일 큰 epoxy 레진(PL-1)과 경화제(PLH-1, Vishay Co., U.S.A.)를 중량비 5:1로 계량한 다음 전기로에서 각각을 90°F까지 예열한 다음 혼합하여, 고르게 휘저으면 중합발열 반응이 진행되어 자체 온도가 중합열에 의해 상승하는데, 125°F에 도달했을 때 채득한 인상형틀에 주사기로 주입시킨 후, 완전히 경화가 완료된 다음



Fig. 1. Photoelastic teeth.

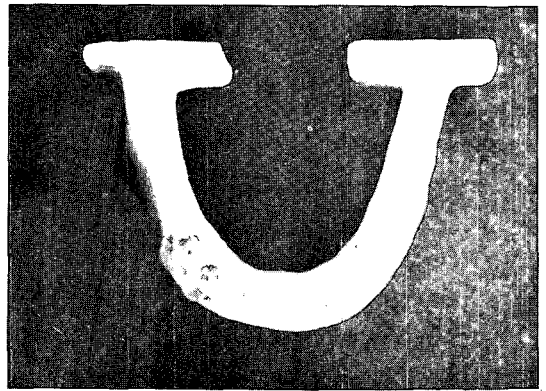


Fig. 2. Photoelastic teeth arranged in a waxed mandible.

(약 24 시간)에 형틀로부터 광탄성 모형치아를 얻어냈다(Fig. 1).

한편, 치아가 없는 사체의 하악 골체를 알지네이트로 인상을 채득한 후, 끓여서 녹힌 파라핀 왁스를 주입하여 하악골의 형태를 만들고 광탄성 치아를 좌우 제 1 소구치와 전치 부위에 배열, 양측성 유리단 파라핀 왁스 하악 모형을 제작하였다(Fig. 2).

치아가 배열된 파라핀 왁스 하악 모형을 고무 인상재를 이용하여 인상을 채득하였다. 이때 치아 교합면은 노출되도록 하여 epoxy 레진 주입시 치아를 고정하는데 이용하기 위해 경석고로 교합면을 인기하였다. 끓는 물로 왁스를 제거한 후 PL-1 보다 훨씬 부드러운 epoxy 레진(PL-3)을 광탄성 모형 치아의 치근면에 3~4회 도포하므로써 약 0.2 mm 두께의 치주인대 모형을 재현하였고, 왁스가 제거된 공간에 미리 제작된 교합면 인기 경석고를

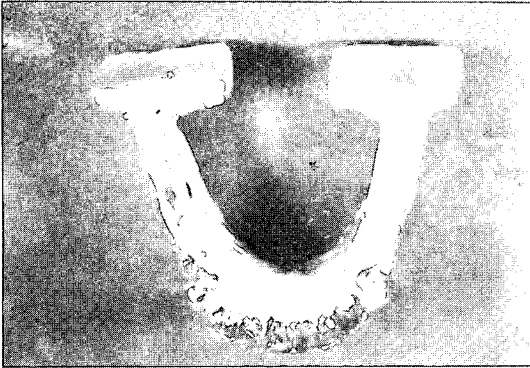


Fig. 3. Photoelastic cast of mandible.

이용. 치아를 고정시킨 후, 광탄성 치아 제작과 같은 방법으로 PL-1 epoxy 레진을 혼합한 후, 하악골 mold에 주입하였다. 광탄성 실험 모형을 완성한 후, 반사형 광탄성 응력 측정법으로 관찰하기 위해 은색 분말 페인트를 하악골의 설측부에 도포하였다(Fig. 3).

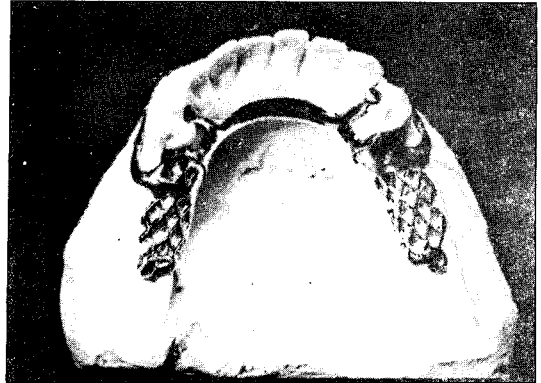
2. 실험 국소의치의 제작

실험 국소의치의 제작을 위하여 광탄성 하악모형의 최후방 지대치인 제1소구치에 RPI clasp가 장착되도록 Krol의 설계에 준하여 협면에 0.010 inch의 함몰부위를, 교합면 레스트 씨트는 근심면에 round form을, 유도면은 2mm를 각각 부여하였으며 또한 치조제 점막을 재현하기 위하여 약 2mm 두께의 베이스 플레이트 왁스를 한겹 덮은 후 아가인상으로 복제된 매몰제 모형상에서 하악 주연결장치인 lingual bar, linguoplate 및 swing-lock attachment로 구분하여 금속 구조물을 각각 주조 제작하였다(Fig. 4).

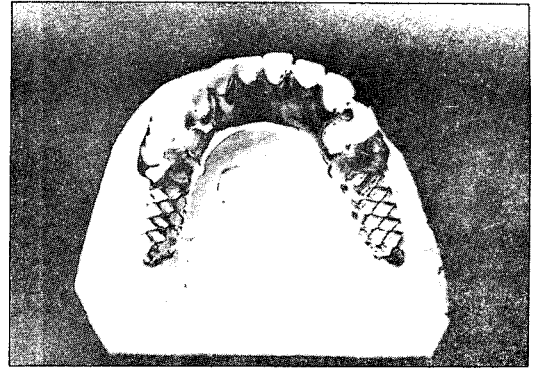
그후 무치악 부위에 직접 자가 중합레진을 이용하여 레진의치상을 부여한 후 치아 배열을 완성한 실험 국소의치를 제작한 후 무치악 부위에 실리콘 고무인상재로 점막을 재현해 주기 위하여 미리 만들어 둔 약 2mm의 레진 의치상 내면의 빈 공간에 주입하여 탄력성 있는 연조직 점막을 재현시켰다.

3. 하중 장치의 제작 및 광탄성 응력 분석

3차원의 하악골의 근육 지지상태를 재현하기 위해서 Fig. 5,6에 보인 바와 같이 광탄성 모형의 의치상 후반부를 20×20×5cm의 금속 받침대에



(a)



(b)



(c)

Fig. 4. Removable partial denture frameworks with three different types of the major connector

- (a) lingual bar
- (b) linguoplate
- (c) swing-lock attachment

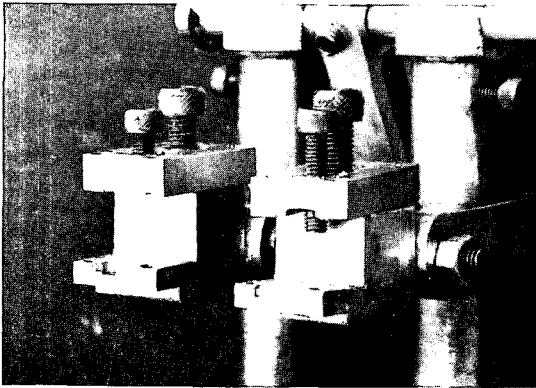


Fig. 5. Jig used at fixation of the photoelastic cast.

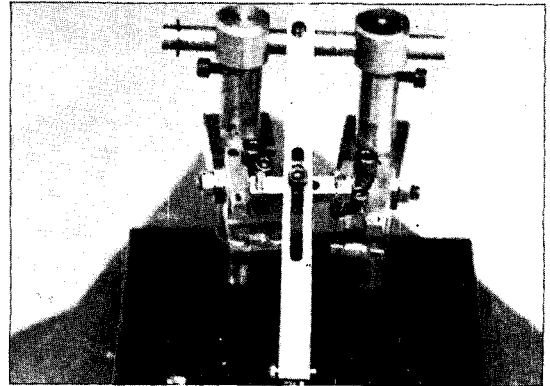


Fig. 6. Fabrication of a loading apparatus.

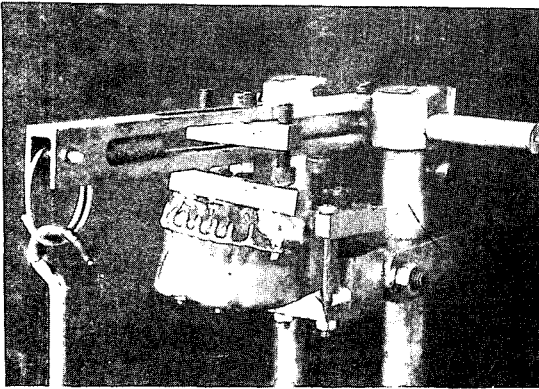


Fig. 7. Bilateral vertical loading on the middle portion of the metal bar.

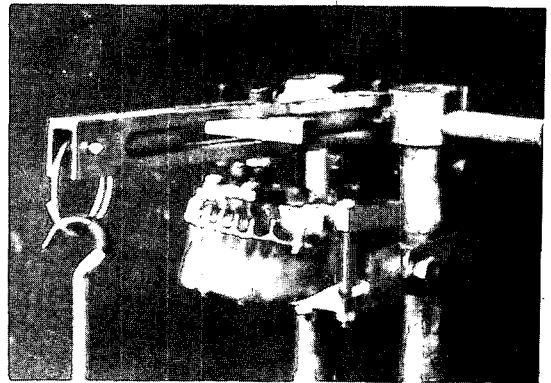


Fig. 8. Unilateral vertical loading on the right first molar.

고정하였다. 이 금속 받침대는 상하 좌우로 조절이 가능하며, 표면에서 5mm 두께의 실리콘 rubber를 부착하여 하악을 지지하는 근육질과 같은 물리적 성질을 재현시켰으며, 하악과두의 폭을 조절할 수 있는 지그(Fig. 5)를 부착하여 하악각과 하악지를 고정하도록 하였으며, 하중이 원하는 부위에 일정량 가해질 수 있도록 조절이 가능한 하중장치를 제작하였다(Fig. 6).

하중장치의 좌우 평형을 맞춘 후, 실험모형을 고정시켰고, 상호비교할 수 있는 응력이 발생되도록 우측 제1대구치 부위에 12.5kg의 편측의 수직집중 하중(Fig. 7)과 좌우 제1대구치를 연결한 강체의 중심부에 15kg 양측의 수직집중 하중(Fig. 8)을 가한 후, 응력 분포 상태를 관찰하였다. 실제 광탄성 모형의 형태는 3차원이나, 입체모형의 각 부위에 발생하는 응력을 손쉽게 관찰하기 위하여 2차원적인 반사형 광탄성 응력 측정 방법을 선택

하였다. 원래 3차원 모형의 응력 분석을 할 때는 응력 동결법^{4, 10, 12, 14, 15, 50, 55, 82)}을 사용하여 각 모형의 입체 형상을 절개해 가면서 응력 분포를 측정 분석하는 것이 원칙이나, 이런 경우에는 실험 조건의 수만큼 하악골의 모형을 제작하여, 일정조건의 하중과 동결과정을 거쳐야 하는데, 실제 실험을 수행할 때는 각 모형에 동일 조건을 부여한다는 것이 거의 불가능한 일이다. 따라서 본 연구에서 처럼 하나의 하악골 모형을 만들어, 모형에 잘 적합되는 국소의치를 여러개 제작하면, 실험 조건을 일정하게 유지할 수 있다는 장점이 있어 상대비교가 가능하였다.

III. 실험 성적

광탄성 재료로 만들어진 하악골 모형에 흔히 발생할 수 있는 잔류응력은 전혀 없었으며(Fig. 9)

Table 1. Isochromatic fringe characteristics

Color	Approximate relative retardation nm	Fringe order N	Strain* μE
BACK	0	0	0
GRAY	160	0.28	265
WHITE	260	0.45	425
PALE YELLOW	345	0.60	570
ORANGE	460	0.80	760
DULL RED	520	0.90	855
PURPLE(TINT OF PASSAGE)	575	1.00	950
DEEP BLUE	620	1.08	1025
BLUE GREEN	700	1.22	1160
GREEN YELLOW	800	1.39	1320
ORANGE	935	1.63	1550
ROSE RED	1050	1.82	1730
PURPLE(TINT OF PASSAGE)	1150	2.00	1900
GREEN	1350	2.35	2230
GREEN YELLOW	1440	2.50	2380
RED	1520	2.65	2520
RED/GREEN TRANSITION	1730	3.00	2850
GREEN	1800	3.10	2950
PINK	2100	3.65	3470
PINK/GREEN TRANSITION	2300	4.00	3800
GREEN	2400	4.15	3940

*Type PL-1 photoelastic plastic, 0.080in(2mm) thick
 $f=950\mu\text{E}/\text{fringe}(\text{reflection})$

편축 및 양축 하중을 가한 후에는 3 종류의 주연 결장치가 장착된 광탄성 하악골 모형에 무늬차수의 크기와 응력 분포양상이 조금씩 차이가 남을 관측할 수 있었다. 이때 무늬차수의 크기를 계량하는데는 Table 1에 보인 PL-1 재료의 표준 무늬차수로 평가하였다.²¹⁾

1. lingual bar를 설계한 경우

1) 양축 수직 하중

양축 수직 하중이 가해진 경우 좌우 arch의 응력 분포양상은 대칭을 이루고 있었으며 수직 하중이 가해진 제 1대구치 하부 치조제를 중심으로 하여 의치상 하부 지지조직에 응력이 넓게 분포되면서 지지점 하단부에 최고 3차의 응력 무늬차수를 보였고, RPI clasp이 장착된 최후방 지대치인 제 1소구치 및 전방의 견치의 치근단 저변 치조골에 1.2차 무늬차수의 응력 집중을 볼 수 있었다(Fig. 10).

2) 편축 수직 하중

(1) 하중축

양축 수직 하중을 가하는 경우와 비슷하게 하중이 가해진 제 1대구치 하부 치조제를 중심으로 하여 의치상 하부 지지조직에 응력이 넓게 분포되면서 지지점 하단부에 2차 무늬차수의 응력 양상을 보였으며 또한 RPI clasp이 장착된 최후방 지대치 및 인접치의 치근단 및 주위치조골에도 1.2차 정도의 무늬차수가 나타났고, 하악 하연을 따라서 미미하게나마 응력 분포대역이 나타남을 볼 수 있었다(Fig. 11).

(2) 비하중축

비하중축의 의치상 하부 치조제에는 응력이 걸리지 않고 있으며 단지 비하중축의 RPI clasp이 장착된 최후방 지대치의 치근단 근심 및 원심부 치조골에 미약한 0.8차의 무늬차수의 응력을 볼 수 있었다(Fig. 12).

2. liguoplate를 설계한 경우

1) 양축 수직 하중

수직 하중이 가해진 제 1대구치의 하부 치조제를 중심으로 하여 의치상 하부 지지조직에 응력이 비교적 넓게 분포되며 lingual bar를 설계한 경우에 비해서 약간 낮은 1.2차 무늬차수의 응력을 나타내었고 RPI clasp이 장착된 최후방 지대치의 치근단 및 주위 치조골에 미약한 0.9차 무늬차수의 응력이 나타났으며, 아울러 최후방 지대치의 전방에 위치한 치아의 치근단부에도 0.6-0.9차의 무늬차수를 볼 수 있으며, 하악 하연을 따라서는 넓은 대역에 걸쳐서 0.2차의 무늬차수를 볼 수 있었다(Fig. 13).

2) 편측 수직 하중

(1) 하중측

수직 하중이 가해진 제 1대구치 하부 치조제를 중심으로 하여 의치상 하부 지지조직에 1.2차 무늬차수의 응력이 넓게 분포된 양상을 보였고 최종 지대치 치근단 및 주위 치조골 부에 0.9차 무늬차수의 응력을 보였고, 역시 하악 하연의 넓은 대역에 0.2차의 무늬차수를 볼 수 있는 것이 양측 수직 하중시의 응력 분포 양상과 유사하였다(Fig. 14).

(2) 비하중측

비하중측의 의치상 하부 치조제에는 응력이 걸리지 않고 있으며 최후방 지대치의 치근단 근심부 치조골에 약 0.6차 무늬차수의 응력이 나타났다(Fig. 15).

3. swing-lock attachment 를 설계한 경우

1) 양측 수직 하중

수직 하중이 가해진 제 1대구치 하부의 치조제를 중심으로 하여 의치상 하부 지지조직에 응력 분포의 양상이 lingual bar 나 linguoplate 에 비해서 좁게 나타났으며, 응력의 크기도 1.0차로서 다른 경우에 비해서 가장 적게 나타났고 후방 지대치 치근단 부에 약 0.9 차의 응력이 걸리고, linguoplate 의 경우와 마찬가지로 하악 하연을 따라서 0.2차 정도의 넓은 대역의 응력 분포를 보였다(Fig. 16).

2) 편측 수직 하중

(1) 하중측

수직 하중이 가해진 제 1대구치 하부 치조제를 중심으로 하여 의치상 하부 지지 조직에는 응력 분포의 linguoplate 에 비해 전방으로 치우쳐 발생 하면서 1.0차 무늬차수의 응력을 보였고, 최종 지대치 원심부 치조골과 인접치조골에도 약 0.6~0.9차의 무늬차수의 응력을 보였으며, 하악 하연의 넓은 대역에 걸쳐서 0.2차의 무늬차수가 형성되었다(Fig. 17).

(2) 비하중측

비하중측의 의치상하부 지조제에는 응력이 걸리지 않고 있으며 linguoplate 설계시와 비슷한 응력 분포양상을 보였으나 최후방 지대치 치근단 주위에 거의 나타나지 않을 정도로 가장 적은 응력이 나타났다(Fig. 18).

IV. 총괄 및 고안

치아 지지 국소의치의 경우 치아 결손부의 길이에 관계없이 금속 구조물이 견고하고, 지대치가 부가적인 교합압하에서도 견딜 정도로 견고하고, 교합면 레스트가 적절히 형성되었으면 주 지지는 치아 결손부의 양단에 있는 지대치에서 얻게 되며, 잔존치조제를 지지하는 치조골의 구조와 형태, 잔존치조제의 탄력성 등이 의치지지의 요소에 크게 도움을 주지 못한다. 반면 유리단 국소의치의 경우는 전적인 치아 지지의 이점을 갖지 못하고 잔존치조제에서 주 지지를 얻게 되며, 잔존치조제에서 의치가 들어올려 질려는 것을 막는 간접유지 장치의 조력을 얻어 의치상에서 유지를 얻어야 한다.^{1,61)}

따라서 유리단 국소의치의 전방부는 지대치에 의해서 지지되고 후방 유리단 의치상부는 잔존치조제 및 이를 피개하는 치조점막의 다양한 두께에 의해서 지지되기 때문에 많은 문제점이 유발된다.^{61,63,70,71)} 유리단 국소의치에 가해지는 하중은 지대치 및 치조골, 의치상 하방의 잔존치조제에 전달되게 되는데 서로 다른 두 조직을 지탱해 주는 치근막과 치조점막의 탄성차이로 유리단 국소의치에 발생하는 응력의 분포는 다양하게 되며 유리단 국소의치설계의 변화에 따른 응력의 분석은 매우 어렵다.^{3,14,17,18,23,34,35,38,41,48,49,50,53,56,54,69,74,82)} 그러나 이러한 양측성 유리단 국소의치의 응력 분석법을 통하여 지대치 및 치아 주위조직 등 기타 구강악계에 위해 작용없이 기능을 발휘할 수 있는 이상적인 국소의치의 설계가 고려되어야 한다고 하였다.^{6,14,37,38,54,82)} 또한 연결장치의 변화를 통해서 지대치를 보호하는 방법을 연구하게 되었고,^{8,25,26,43,67,70,71)} 국소의치의 장착으로 인한 잔존조직의 보존과 저작기능의 회복을 위해서는 국소의치 구성요소와 관련된 응력 분포양상의 파악이 중요하다 하였다.^{60,77)}

유리단 국소의치 경우 보철물에 전달된 교합압이나 힘이 보철물의 교합면을 통하여 레스트에 전달되고, 또한 주연결장치를 통하여 잔존자연치와 치아 결손부 점막에 분포된다. 따라서 주연결장치는 응력의 광범위한 분산을 위해서는 견고해야 하며 기능시 회전 이동을 최소화시키기 위해서는 금속 구조물에 다른 구성요소로부터 지지를 가져야 한

다고 주장되고 있다.^{1, 40, 61)}

lingual bar 와 linguoplate 가 하악 국소의치의 주 연결장치로 가장 흔히 사용되어지는데 lingual bar 는 기능시 각 구성요소가 움직일 때 lingual bar 의 상연은 구강조직에 자극을 피하기 위해서 적어도 유리 치은면의 하방 4~5mm 에 위치시키며 기본적인 형태는 half-pear 형태이고 linguoplate 는 lingual bar 로부터 상방으로 연장되는 얇은 금속 apron 의 추가로 형성되며 상연은 치아의 cingulum 상연에 놓여지고 치아 접촉점까지 치간 사이를 피개하는 것 이외에는 설면 중간 1/3 이상에 놓여져서는 안 되게 설계되어야 한다. linguoplate 의 사용의 적응증은 lingual frenum 이 높거나 lingual bar 를 설치할 공간이 제한된 경우, 잔존치조제의 수직 흡수가 심한 Class I 국소의치인 경우, 치주적으로 약화된 치아를 고정할 목적으로 사용하는 경우, 과거 사용한 lingual bar 를 환자가 장착을 원치 않는 경우 등을 들 수 있다.^{1, 40, 61)} 그러나 어떠한 경우에 있어서는 소수의 잔존치가 남아 있거나 심한 치주 질환으로 전 치아에 치아동요도가 있어 그 예후가 의심스러운 경우 일반적인 국소의치의 사용이 곤란하다. 이런 경우 swing-lock attachment 국소의치가 대안으로 사용되어질 수 있다 하였다.^{2, 16, 19, 75, 87)}

swing-lock attachment 의 구조설계를 살펴보면 구조상은 일반적인 국소의치와 동일하며 설측상(lingual plate), 순측바, 지주(strut), 접면 아타치먼트(hinge attachment), lock-latch attachment 로 구성되어 있다.^{2, 16, 19, 20, 87)}

설측상은 원래 상과 상의 대연결자로서 응용되어 lingual bar 와 동일한 목적으로 이용되어지고 치아의 설측 및 인접면 공간을 피복하게 되며 순측바는 직접유지장치인 지주를 연결하고 hinge 및 lock-latch 의 작용으로 전방개폐를 가능케하여 의치의 삽입철거를 용이하게 하며 지주는 지대치의 치경부 undercut 에 접촉하여 직접 유지장치로써의 기능을 하는데 각 지대치에 하나씩 설계되고 각 지주는 순측바와 연결되어 있으며 접면 아타치먼트는 의치의 일부분으로서 의치상과 같은 금속으로 구조되고 순측바 전방 방향의 개폐를 가능케하는 구성요소이며 lock-latch attachment 는 순측바의 접면측과는 반대측 의치상에 요철형의 latch 가 부착

되고 lock 은 순측바에 고정되어 있다.^{1, 2, 16, 78, 87)} 1963 년 Simmons 가 swing-lock attachment 국소의치를 처음 연구한 이래로^{2, 20)} swing-lock attachment 의 설계와 이용에 지침이 되는 연구가 별로 없는 실정이어서 본 실험에서는 광탄성 응력 측정법으로 하악 유리단 국소의치의 경우에 주 연결장치인 lingual bar, linguoplate, swing lock attachment 를 장착하여 의치상에 교합력이 가해졌을 때 서로간의 생역학적 응력의 특성을 비교하고자 하였다.

응력을 측정하는 여러방법 중 광탄성 응력 측정법은 빛이 간섭현상을 이용하여 변형된 물체의 응력 분포를 고찰하는 방법으로 크게 두가지 방법이 이용되고 있는데 첫번째 방법은 투과형 방법으로서 해석 대상의 물체를 빛이 투과할 수 있는 투명한 광간섭 재료로 모델을 제작하여 편광판 사이에 위치시키면 광원으로 부터 나온 빛이 첫번째 편광판(polarizer)을 통과함으로써 편광판의 방향과 일치하는 편광만 빠져 나오게 되며, 이 편광이 모델에 입사하게 되면 모델에 작용하고 있는 주변형울의 차에 비례하여 빛이 굴절하면서 위상 지연(phase retardation)이 일어나게 되고 주응력 방향으로 굴절된 빛이 두번째 놓인 편광판에 입사되면, 편광축 방향의 빛만 통과되면서 빛의 간섭을 일으키게 된다. 두번째 방법은 빛이 투과하지 못하는 물체의 표면응력을 검토하는 반사형 광탄성 실험방법으로서 빛이 물체를 통과하지 못하므로, 물체의 표면에 투명한 광탄성 재료를 빛이 잘 반사될 수 있는 은빛 접착제로 접착하여 물체의 표면에서 생기는 간섭 무늬를 반사시켜 관찰하는 방법인데 기본원리는 투과형 방법과 동일하나, 빛이 표면에 도포된 광탄성 재료에 입사되었다가 다시 반사되어 나오기 때문에 2회의 위상 지연이 발생한다.^{11, 33, 46)} 그런데 본 연구에서 처럼, 3차원적인 하악골 광탄성 모형을 제작하여 투과형으로 응력 분포를 관찰키 위해서는 모형의 내부에 점광원을 설치하고, 하악골 모형을 좌우로 회전시키면서 부분 부분의 응력 분포를 관찰해야 할 것이나, 이 방법은 장치제작이 복잡하며, 응력 분포상태를 국부적으로만 보기 때문에 한눈에 응력 분포상태를 관찰하기 힘든 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 두번째 방법인 반사형 광탄성 응력 측정법을 이용하여 3차원적인 하악골 모형의 내면에 반사가 가능한 은색 분말 페인트를

도포하여, 모형내에서 발생한 응력 무늬가 손쉽게 반사될 수 있게 하므로서 전면의 응력 분포형상을 한눈에 관측할 수 있게 하는 장점과 기존의 reflection polariscope를 사용하므로서 특수장치를 사용하지 않는 장점을 갖고 있다고 사료된다.

본 실험연구에서는 양측성 수직 하중이나 편측성수직 하중을 가할 때 흔히 하는 실험방법과는 달리 광탄성 하악 실험모형의 기저부 전부를 지지상태로 하지 않고 하악골에 부착된 근육과 인대의 생리적인 지지상태를 고려하여 3차원 하악골의 생리적 지지를 유사하게 재현하기 위하여 하악 광탄성 모형의 하악각 및 하악지 부분만 지지를 할 수 있도록 장치를 고안하여 실험하였다.

본 연구에서는 lingual bar, linguoplate 및 swing-lock attachment 주연결장치에 사용된 직접 유지장치는 그 형태, 종류, undercut 양에 따라 지대치와 잔존치조제에 응력 분포양상이 다르게 나타날 것을 예상하여 양쪽 최종 지대치에 동일조건으로서 유리단 국소의치의 지대치에 유리한 clasp로 평가되고 있는 RPI clasp를 설정해 주므로서 교합면 테스트는 원심면 테스트보다 유리한 근심면 테스트를 부여해 주었다. ^{50, 52, 57, 59, 67, 68, 82, 86)}

본 연구의 실험성적을 토대로 응력 분포양상을 개괄적으로 고찰해 보면, 양측 집중 하중이든, 편측 집중 하중이든간에 lingual bar인 경우는 최종 지대치 후방부쪽으로 응력이 집중되며, linguoplate나 swing-lock attachment의 경우는 최종 지대치 후방부에서 전방부쪽으로 응력이 분산되는 경향을 보이고 있었다. 이런 경향은 설측에 apron 형태로 형성된 연결 구조물에 의해 전방 지대치 부위로 상당량의 응력이 분산되어 지고 있음을 시사하는 것으로 비교적 바람직한 현상이라고 볼 수 있다.

swing-lock attachment를 장착한 유리단 국소의치에 교합압이 가해지면 지대치 치경부 undercut에 접촉하고 있는 지주는 치면에서 이탈하여 치근측에 이동하므로, 지대치에 불필요한 저항을 부여하지 않게 되고 의치상은 회전양상의 침하를 일으키지만 회전지점이 전치부 치경부에 이동하여 지점이 의치상에서 멀리 떨어져 직경이 큰 동심원을 그리기 때문에 따라서 이 지점은 가장 치경부 치면에 가까운 위치에 있기 때문에 의치상 하부 점막에 대

해서 완만한 각도 즉 치조제에 대해서 수직에 가까운 방향의 하중 응력으로서 움직이고, 비교적 균형이 잡힌 의치상의 침하상태를 나타내고, 또한 침하에 의한 의치상 하부 점막의 압박응력은 전치부설측의 기저결절을 피개하는 설측상이 rest의 효과를 발휘하여 경감되어 있다. 이와 같이 swing-lock attachment의 지주는 위치 및 방향이 다른 각각의 치아의 치경부 undercut에 접촉하고, 기능시의 다양한 의치상의 움직임에 역학적 대응을 하여 각각 자동적으로 지점이 변화하여 가기 때문에 지대치에 과중한 국소적인 응력을 가하지 않고 의치상의 유지안정을 시도하고 있기 때문인 것으로 해석하는 연구 보고^{16, 87)}와 swint-lock attachment는 대부분의 보통 국소의치 설계의 경우와 같이 오직 몇개의 지대치에서 보다 모든 잔존치 및 치조제에서 응력을 분산한다는 연구 보고^{2, 19)}를 고찰하여 볼 때 swing-lock attachment 국소의치가 의치상 하부 지지조직이나 지대치에 미치는 응력 분포양상이 가장 양호한 것으로 평가되었다.

따라서 최종지대치 후방부의 지지조직에 나타나는 무늬차수 순으로 보면 lingual bar의 무늬차수가 제일 크며, linguoplate, swing lock attachment의 순을 이루고 있었다. 그런데 실제 구강내에서 저작을 하는 경우에는 편측 하중이 주로 걸리게 되므로 편측 하중 상태에 대한 응력 분포상태를 집중적으로 고찰해 보면, 하중이 작용하는 측의 응력 분포상태는 lingual bar인 경우는 최종지대치 후방부에서 주로 편측 하중을 지지하는 것으로 나타났으나, linguoplate인 경우에는 하악 하연을 따라서도 넓은 대역에 걸쳐 비교적 낮은 응력이긴 하지만 고루 분포되는 것을 볼 수 있었으며 swing-lock attachment의 경우도 같은 양상을 보이고 있었다. 이런 현상은 국부적인 응력 집중을 막고, 고른 응력 분산을유도하기 위한 구조물의 연결장치 설계의 의도에 잘 부합하고 있음을 알 수 있었다. 한편 편측 하중이 가해지는 반대편의 최종지대치에 걸리는 응력 집중 상태를 검토해 보면 최종지대치의 치근부에 형성되는 무늬차수가 lingual bar인 경우가 가장 컸었고, linguoplate, swing-lock attachment의 순으로 감소되고 있음을 알 수 있었다. 이런 현상은 편측 하중에 따른 반대편 부위의 뒤틀림을 지지하는 관점에서 lingual bar의 경우는

최종지대치의 clasp에 의해서만 지지되나 linguoplate인 경우에는 편측 하중부위로부터 전방지대치 부위에서까지 작용하중을 지지하게 되므로 하중부위의 의치상의 침하가 lingal bar의 경우에 비해 상대적으로 적어지게 되므로 반대측의 뒤틀림량도 감소하기 때문에 뒤틀림을 지지하는 지대치 부위의 집중 응력 상태도 감소한 것으로 판단되어 지고, swing-lock attachment의 경우는 여러 개의 지대치에 의해 지지되므로 가장 적은 응력이 분포되는 것을 알 수 있었다.

swing-lock attachment를 장착한 의치상의 편측에 수직집중하중이 가해지면 하중측은 침하하고, 비하중측은 부상하는 전복 작용힘이 작용하게 된다. 즉, 하중측은 의치상 하부 점막, 의치상에 대면하는 지대치 순측측면의 지주, 지대치부의 설측상에 각각 저항이 생기고 의치상의 침하를 방지함과 동시에 비하중측에서는 순측지주, 지대치 설측인 접면의 설측상부, 인접면판에 각각 저항이 생기고, 의치상이 들어올려지는 것을 막는다. 이러한 양자간의 역학적 효과에 의하여 의치상의 침하 및 조직에 들려지는 부상에 의한 지대치 및 의치상 하부 점막의 부담과 의치상의 작용이 감소된다고 해석하고 있는 연구보고⁸⁷⁾를 고찰하여 볼 때 편측 수직하중시 하중측이나 비 하중측에서도 swing-lock attachment 국소의치가 의치상 하부 점막이나 지대치에 미치는 응력 분포양상이 가장 양호한 것으로 나타나게 되었다.

이와같은 본 실험의 광탄성 응력 실험의 결과로서 전치아에 치아 동요도가 심하여 일반적인 국소의치가 부적절한 경우 과거에는 발치후 총의치나 overdenture가 대안이었으나 현재는 적절히 설계한 swing-lock attachment 국소의치를 사용하면 swing-lock attachment의 구조물과 bar에 의한 다수 치아의 순측 및 설측 접촉으로 인한 파지와 지지를 부여해 주어 removable splint^{2, 20, 79)}로써의 작용을 함으로 치아를 성공적으로 유지시킬수 있다고 생각한다.

본 실험모형에서 지대치, 치조골을 탄성 계수가 높은 PL-1 epoxy 레진 재료로 사용하였으나 지대치와 치조골의 밀도가 각각 다르므로 탄성계수가 높은 PL-1 epoxy 레진과 탄성계수가 중간 정도인 PL-2 epoxy 레진으로 각각 다르게 사용하는 것도

의의가 있다고 사료되며, 또한 앞으로 유리단 국소의치에 측방력, 양측성 및 편측성 이탈력, 전복 방향력, 전방 및 후방력 등 다양하게 복합적으로 하중을 가할시 나타나는 응력분산에 관한 역학적 연구가 수반될 필요가 있다고 사료된다.

V. 결 론

하악 주연결장치의 설계 변화에 따른 응력의 크기와 분포 양상을 규명하기 위하여 epoxy 레진 (PL-1)과 경화제(PLH-1)로 삼차원 광탄성 모형을 제작한 후, 접착제인 plastic cement-1을 광탄성 하악골 모형의 내면에 도포하여 이차원적인 반사형 광탄성 응력 측정법을 선택하였다.

실험 국소의치의 주연결장치로는 lingual bar, linguoplate, swing-lock attachment의 3종류 설계 제작한 다음, 좌우 제1대구치를 연결한 강체의 중심부에 15kg의 양측 수직 집중하중과 우측 제1대구치 부위에 12.5kg의 편측 수직 집중 하중을 가한후 광탄성 응력 분석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 양측 수직 집중하중시 의치상 하부 지지조직 및 최후방지대치나 인접치주위 치조골의 응력 집중 크기 분포양상은 lingual bar, linguoplate, swing-lock attachment의 순서로 나타났다.
2. 편측 수직 집중하중시 하중측의 의치상 하부 지지조직 및 최후방 지대치나 인접치의 주위 치조골 응력 집중크기 분포양상은 lingual bar, linguoplate, swing-lock attachment의 순서로 나타났다.
3. 편측 수직 집중하중시 비하중측의 최후방 지대치나 인접치의 주위 치조골 응력 집중크기 분포양상은 swing-lock attachment가 가장 적게 나타났다.
4. swing-lock attachment가 양측 수직 집중하중시와 편측 수직집중하중시 의치상 하부 지지조직이나 지대치 주위 치조골에 가장 미약한 균일한 응력 분포 상태를 보였다.

REFERENCES

1. 계기성 : 가철성 국소의치학, 청해사, 1990.
2. 계기성, 김정희, 김옥희 : "swing-lock attachment를 이용한 잔존 동요 치아 치치에 관한 임상적 연구", 『구강생물학 연구』, 제 12집, 1988.
3. 김현길, 김종환, 배태성, 박찬운 "유한 요소법에 의한 유리단 국소의치 지지조직의 응력 분석", 『전북치대 논문집』, 6 : 67-86, 1988.
4. 윤성일, 장익태 : "양측성 유리단 국소의치의 설계 변화에 따른 광탄성 응력 분석에 관한 연구", 『대한치과의사 협회지』, 23 : 45-57, 1985.
5. 이능수 : "수중골내 임프란트의 보철수복물에 가해진 응력 분산에 관한 광탄성학적 연구", 8 : 14-26, 1988.
6. 이병태 : "clasp의 변형에 따른 유지가 지대치 운동에 미치는 영향에 관한 실험적 연구", 『대한치과의사협회지』 14 : 147-155, 1976.
7. 이석현, 조광현 : "구치부 cantilever bridge의 지대치 주위조직에 발생하는 응력에 관한 광탄성 응력분석", 『경북치대논문집』, 6 : 105-120, 1989.
8. 임순호, 장익태 : "유리단 국소의치 clasp 설계가 지대치 운동에 미치는 영향", 『대한치과보철학회지』, 25 : 17-40, 1987.
9. 전진영, 김영수 : "골유착성 치근형 임프란트에 관한 광탄성 응력분석", 『대한치과교합학회지』, 5 : 7-16, 1988.
10. 조광현, 최부명, 박남수 : "중간지대치가 포함된 고정가공의치의 지대치 주위조직에서 발생하는 응력에 관한 광탄성학적 연구", 『대한치과보철학회지』, 22 : 55-69, 1987.
11. 조규중, 김유, 김택 : "차체 body 용접 결합부위 광탄성적 응력에 대한 연구", 『아세아 기보』, 6 : 53-65, 1990.
12. 조인호 : "총의치 교합형태에 따른 3차원적 광탄성 응력분석", 『대한치과의사협회지』, 20 : 945-966, 1982.
13. 조원행 : "가공의치에 작용하는 stress에 관한 광탄성학적 분석", 『대한치과보철학회지』 118 : 15-35, 1980.
14. 조혜원, 장익태 : "정밀 부착형 유지장치에 다른 양측성 유리단 국소의치의 광탄성 응력 분석", 『대한치과보철학회지』, 23 : 97-112, 1985.
15. 한동후, 이호영 : "지대치 유지장치 설계에 따른 가철성 의치 하부조직에 가해지는 응력에 관한 광탄성학적 연구", 『대한치과의사협회지』 25 : 155-170, 1987.
16. Antos, E. W., Renner, R. P., and Foerth, D. : "The swing lock partial denture : an alternative approach to conventional removable partial denture service", J. Prosth. Dent., 40 : 257, 1978.
17. Asgar, C., and Dootz, E. : "The effect of partial dentures clasp design on abutment tooth movement". J. Prosth. Dent., 25 : 44, 1971.
18. Baker, J. L., and Goodkin, R. J. "Theory and practice of precision attachment removable partial dentures". ed. 1, St. Lous, Mosby, 1981, pp. 18-26, 190-197.
19. Becker. C.M., and Bolender. C.L. : "Designing swing lock partial dentures", J. Prosth. Dent., 46 : 126, 1981.
20. Bolender, C. L., and Becker, C. M. : "Swing lock partial dentures : where and when", J. Prosth. Dent., 45 : 4, 1980.
21. Bulletin 1B-228 : "Isochromatic fringe characteristics, photoelastic division", measurements group, Inc, U.S.A.
22. Bulletin S-109-A : "Brittle coating for stress analysis testing", Photoelastic Inc. Malvern, P. A., U. S. A.
23. Browning, J. D., Meador, L. W., and Eick, J. D. : "Movement of three removable partial denture clasp assemblies under occlusal loading", J. Prosth. Dent., 55 : 69, 1986.
24. Burstone, C. J., Pryputniewicz, R. J., and Bowley, W. W. : "Holographic measurement of tooth mobility in three dimensions". J. Perio. Res., 13 : 283, 1978.
25. Cecconi, B. T. : "Lingual bar design", J. Prosth. Dent., 29 : 635, 1973.

26. Cecconi, B. T., and Kaiser, G. : "Stress breakers and the removable partial denture", *J. Prosth. Dent.*, 34 : 145, 1975.
27. Chou, T.M., Caputo, A.A., and Moore, D.J. : "Photoelastic analysis and comparison of force-transmission characteristics of intracoronal attachments with clasp distal-extension removable partial dentures", *J. Prosth. Dent.*, 62 : 313, 1989.
28. Christidou, L., Osborne, J., and Chamberlain, J : "The effects of partial denture design on the mobility of abutment teeth", *Br. Dent. J.*, 135 : 9, 1973.
29. Clayton, J. A., and Jaslow, C. : "A measurement of clasp forces on teeth with different clasp design on abutment tooth movement", *J. Prosth. Dent.*, 25 : 21, 1971.
30. Cook, S.D., Weinstein, A. M. and Klawitter, J.J. : "A three-dimensional finite element analysis of a porous rooted Co-Cr-Mo alloy dental implant", *J. Dent. Res.*, 6 : 25, 1982.
31. Craig, R. G., and Farah, J. W. : "Stress from loading distal extension removable partial denture", *J. Prosth. Dent.*, 39 : 274, 1978.
32. Craig, R. G., and Peyton F.A. : "Measurement of stresses in fixed-bridge restorations using a brittle-coating technique", *J. Dent. Res.*, 44 : 756, 1965.
33. Dally, J. W., and Riley, W. F., : "Experimental stress" analysis, by McGraw-Hill, Inc., 1965, 1978.
34. Demer, W. J. : "An analysis of mesial rest I-bar clasp designs", *J. Prosth. Dent.*, 36 : 243, 1976.
35. Edward Boero, and W.G. Forbes : "Considerations in design of removable prosthetic devices with no posterior abutment", *J. Prosth. Dent.*, 28 : 253, 1972.
36. El-Ebrashi, M. K., Craig, R. G. and Peyton, F. A. : "Experimental stress analysis of dental restorations. Part VII", *J. Prosth. Dent.*, 23 : 177, 1970.
37. Frechette, A. R. : "Partial denture planning with special reference to stress distribution", *J. Prosth. Dnet.*, 1 : 710, 1951.
38. Frechette, A. R. : "The influence of partial denture design on distribution of force to abutment teeth", *J. Prosh. Dent.*, 6 : 195, 1956.
39. Glickman, I., Roeber, F.W., Brion, M., and Parmeijer, J.H.M. : "Photoelastic analysis of internal stresses in the periodontium created by occlusal force", *J. Perodontal*, 41 : 30, 1970.
40. Henderson, D. : "Major connectors for mandibular removable partial dentures : Design and function", *J. Prosth. Dent.*, 30 : 532, 1973.
41. Henderson, D., and Seward, T. E. : "Design and force distribution with removable partial dentures : A progress report", *J. Prosth. Dent.* 17 : 350, 1967.
42. Hindels, G. W. : "Stress analysis in distal extension partial dentures", *J. Prosth. Dnet.*, 7 : 197, 1957.
43. Hirschtritt, E. : "Removable partial dentures with stress-broken extension base", *J. Prosth. Dent.*, 7 : 318, 1957.
44. Holmes, J. B. : "Influence of impression procedures and occlusal loading of partial denture movement", *J. Prosth. Dent.*, 15 : 474, 1965.
45. Hood, J., Craig, R. G., and Farah, J. W. : "Modification of stresses in alveolar bone induced by a tilted molar", *J. Prosth. Dent.*, 34 : 415, 1975.
46. Jessop, H. T., : *Photoelasticity principles & methods*, Cleaver-hume press Ltd, 1949.
47. Kaires, A. K. : "A study of partial denture design and masticatory pressures in a mandibular bilateral distal extension case", *J. Prosth. Dent.*, 8 : 340, 1958.
48. Kaires, A. K. : "Effect of partial denture design on bilateral force distribution", *J. Prosth. Dent.*, 6 : 373, 1956.
49. Kaires, A. K. : "Effect of partial denture design on unilateral force distribution", *J. Prosth. Dent.*, 6 : 526, 1956.
50. Ko, S. H., Mcdowell, G. C., and Kotowicz, W. E. : "Photoelastic stress analysis of mandibular removable partial denture with mesial and distal occlusal rests", *J. Prosth. Dent.*, 56 : 454, 1986.
51. Kramer, H. M. : "Impression technique for re-

- movable partial denture", *J. Prosth. Dent.*, 11 : 84, 1961.
52. Kratochvil, F.J. : "Influence of occlusal rest position and clasp design on movement of abutment teeth", *J. Prosth. Dent.*, 13 : 114, 1963.
 53. Kratochvil, F.J. : "Maintaining supporting structures with a removable partial prosthesis", *J. Prosth. Dent.* 25 : 167, 1971.
 54. Kratochvil, F.J., and Caputo, A.A. : Photoelastic analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial dentures", *J. Prosth. Dent.*, 32 : 52, 1974.
 55. Kratochvil, F.J., Thompson, W.D., and Caputo, A.A. : "Photoelastic analysis of stress patterns on teeth and bone with attachment retainers for removable partial dentures", *J. Prosth. Dent.*, 46 : 21, 1981.
 56. Krol, A.J. : "Clasp design for extension base removable partial dentures", *J. Prosth. Dent.*, 29 : 408, 1973.
 57. Krol, A.J. : "RPI (rest, proximal plate, I-bar) clasp retainer and its modifications", *Dent. Clin. North Am.*, 17 : 631, 1973.
 58. Maxfield, J., Nicholls, J., and Smith, D. : "The measurement of forces transmitted to abutment teeth of removable partial dentures", *J. Prosth. Dent.*, 41 : 134, 1979.
 59. McCartney, J.W. : "Motion vector analysis of an abutment for a distal extension removable partial denture : A pilot study", *J. Prosth. Dent.*, 43 : 15, 1980.
 60. McCracken, W.L. : "Contemporary partial denture designs", *J. Prosth. Dent.*, 8 : 71, 1958.
 61. McGivney, G.P., and Castleberry, D.H. : *McCracken's removable partial prosthodontics*, ed 8, The C.V. Mosby Co., 1989.
 62. Metty, A.C. : "Obtaining efficient soft tissue support for the partial denture base", *J.A.D.A.*, 56 : 679, 1958.
 63. Miller, E.L. : *Removable partial prosthodontics*, The Williams and Wilkins Co., 1972, pp.139-153.
 64. Morris, H., and Asgar, K. : "Stress-relaxation testing. Part IV : Clasp pattern dimensions and their influence on clasp behavior", *J. Prosth. Dent.*, 50 : 310, 1983.
 65. Muhlemann, H.R. : "Periodontometry, a method measuring tooth mobility", *Oral Surg.*, 4 : 1220, 1951.
 66. Muhlemann, H.R. : "Tooth mobility I. The measuring method, initial and secondary tooth mobility". *J. Periodontol.* 25 : 22, 1954.
 67. Nally, J.N. : "Methods of handling abutment teeth in class I partial dentures", *J. Prosth. Dent.*, 30 : 561, 1973.
 68. Pezzoli, M., Rossetto, M., and Calderale, P.M. : "Evaluation of load transmission by distal-extension removable partial dentures by using reflection photoelasticity", *J. Prosth. Dent.*, 56 : 329, 1986.
 69. Preiskel, H.W. : *Precision attachment in dentistry*, ed. 3, St. Louis, Mosby, 1979, pp.66-155.
 70. Reitz, P.V. and Caputo, A.A. : "A Photoelastic study of stress distribution by a mandibular split major connector." *J. Prosth. Dent.*, 54 : 220, 1985.
 71. Reitz, P.V., Sanders, J.L., and Caputo, A.A. : "A photoelastic study of split palatal major connector". *J. Prosth. Dent.*, 51 : 19, 1984.
 72. Ryden, H., Bjelkhagen, H., and Sandstrom, U. : "A laser instruments for measuring tooth movements", *J. Periodontol.*, 50 : 265, 1979.
 73. Ryden, H., Bjelkhagen, H. : and Soder, P. : "The use of laser beams for measuring tooth mobility and tooth movements", *J. Periodontol.*, 46 : 421, 1975.
 74. Sansom, B.P., and Flintion, R.J. : "Rest seat designs for inclined posterior abutment : A photoelastic comparison", *J. Prosth. Dent.*, 58 : 57, 1987.
 75. Schwalm, C.A., and Laspaina, F.V. : "Fabricating swing lock removable partial denture frameworks", *J. Prosth. Dent.*, 45 : 216, 1981.
 76. Schwalm, C.A., Smith, D.E., and Erickson, J.D. : "A clinical study of patients 1 to 2 years after placement of removable partial dentures", *J. Pro-*

- sth. Dent, 38 : 380, 1977.
77. Sharry, T. J. : "Principles, concepts, and practices in Prosthodontics" J. Prosth. Dent., 37 : 204, 1977.
 78. Simons, J. J. : "Swing-lock stabilization and retention", Texas Dent. J., 81 : 10, 1963.
 79. Sprigg, R. H. : "Six-year clinical evaluation of the swing-lock removable partial denture", J. Angle continental Dent. Soc., 25 : 15, 1971.
 80. Sutherland, J. K., Holland, G. A., Sluder, T. B. and white, J. J. : "A photoelastic analysis of the stress distribution in bone supporting fixed parital dentures of rigid and nonrigid design", J. Prosth. Dent., 44 : 616, 1980.
 81. Tebrock, O. C., Rohen, R. M., and Fenster, R. K. : "The effect of various clasping systems on the mobility of abutment teeth for distal extension removable partial denture", J. Prosth. Dent., 41 : 511, 1979.
 82. 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. Prosth. Dent., 38 : 261, 1977.
 83. Tompson, M. J. : "Reversible hydrocolloid impression material : its treatment and use in operative and prosthetic dentistry", J. A. D. A., 39 : 708-720, 1949.
 84. Townes, C. H. : Infrared lasers. Advances in Quantum Electronics. pp.3-12, Columbia University Press, 1961.
 85. Young, T. M., and Altschuler, B. R. : "Laser holography in dentistry", J. Prosth. Dent., 38 : 216, 1977.
 86. Zach, G. A. : "Advantages of mesial rests for removable partial dentures", J. Prosth. Dent., 33 : 32, 1975.
 87. 水川一廣 : Swing lock attachment 9 理論と技術の 実際, , モリタ, 1976.

논문 사진부도

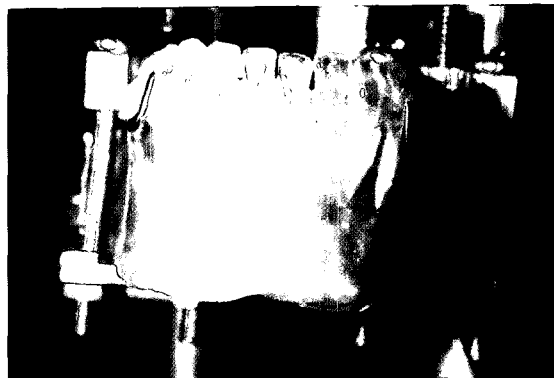


Fig. 9. No residual stress in the photoelastic mandible.

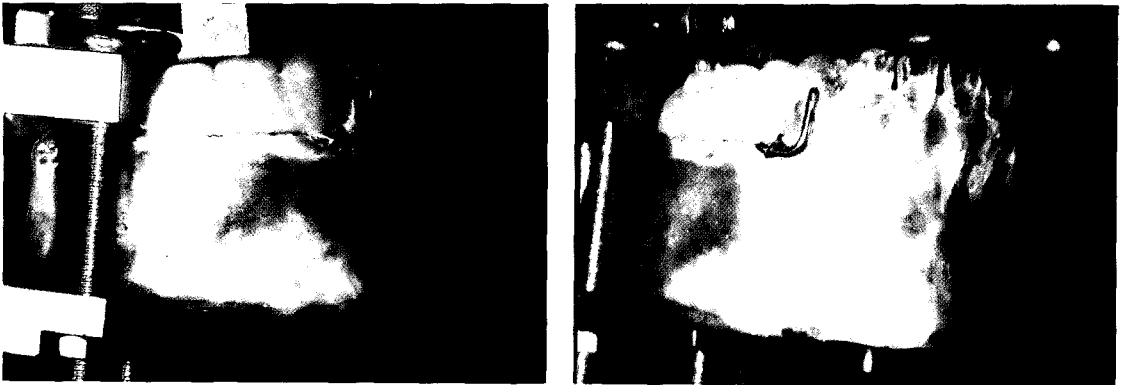


Fig. 10. Lingual bar : Stress distribution of middle portion of metal bar (edentulous area and abutment teeth).



Fig. 11. Lingual bar : Stress distribution of unilateral vertical load of edentulous area and abutment teeth (loaded side).

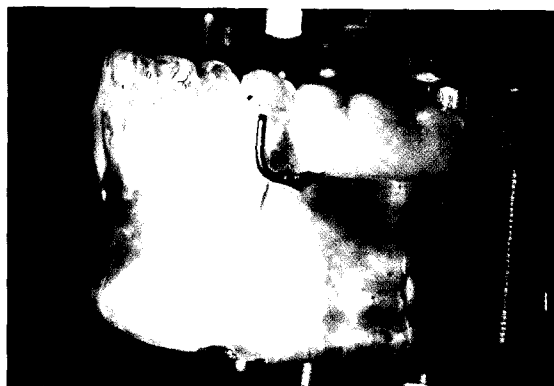


Fig. 12. Lingual bar : Stress distribution of unilateral vertical load of edentulous area and abutment teeth (nonloaded side).

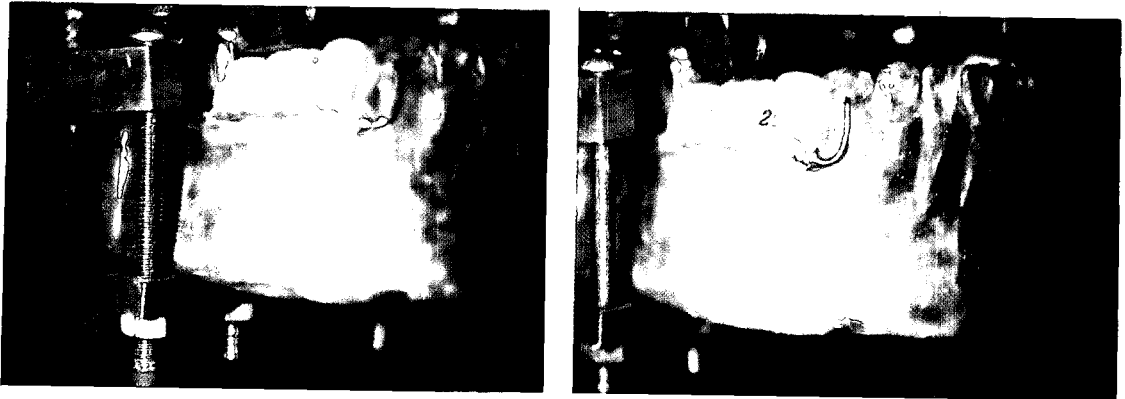


Fig. 13. Linguoplate : Stress distribution of middle portion of metal bar(edentulous area and abutment teeth).

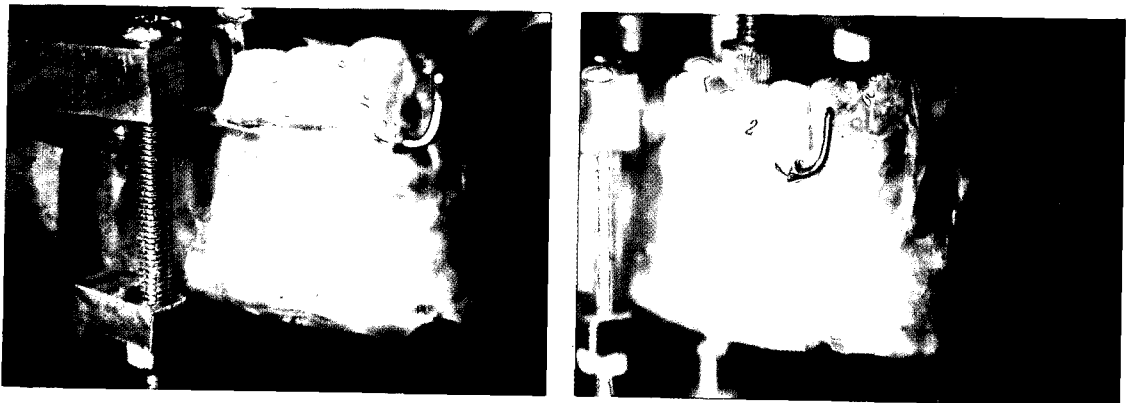


Fig. 14. Linguoplate : Stress distribution of unilateral vertical load of edentulous area and abutment teeth(loaded side).



Fig. 15. Linguoplate : Stress distribution of unilateral vertical load of edentulous area and abutment teeth(nonloaded side).



Fig. 16. Swing lock attachment : Stress distribution of middle portion of metal bar edentulous area and abutment teeth (loaded side).

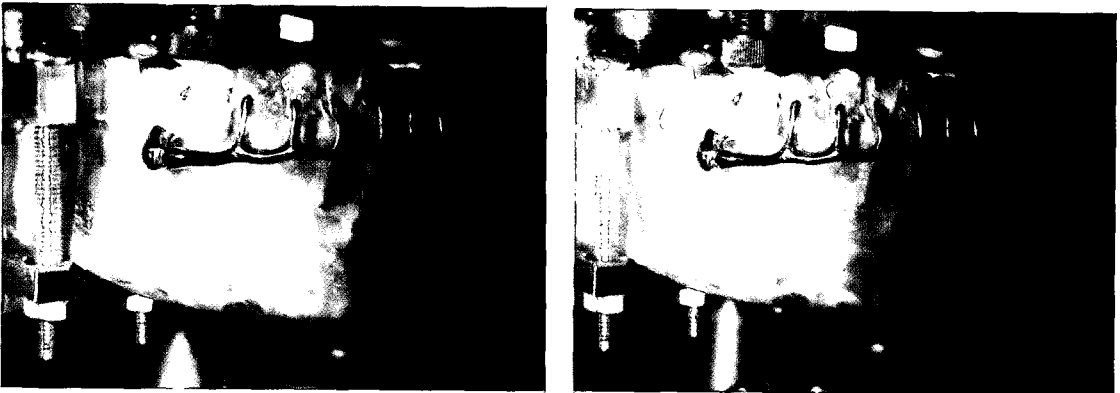


Fig. 17. Swing lock attachment : Stress distribution of unilateral vertical load of edentulous area and abutment teeth (loaded side).



Fig. 18. Swing lock attachment : Stress distribution of unilateral vertical load of edentulous area and abutment teeth (nonloaded side).

A PHOTOELASTIC STUDY ON THE STRESS ANALYSIS UNDER
MADIBULAR DISTAL - EXTENSION REMOVABLE PARTIAL DENTURE
WITH DIFFERENT DESIGN OF THE MAJOR CONNECTOR

Kyw-Chil Lee, D.D.S., M.S.D., 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 analyze the magnitude and distribution of stress using a photoelastic model from a distal extension removable partial dentures with three kinds of mandibular major connectors, that is, lingual bar, linguoplate, and swing - lock attachment.

A photoelastic model was made of the epoxy resin(PC - 1) and hardener(PCH - 1) and coated with plastic cement - 1 (PC - 1) at the lingual surface of the epoxy model and set with three kinds of chrome - cobalt removable partial dentures.

A bilateral vertical load of 15kg to the middle portion of the metal bar crossing both the first molars of the right and the left, and a unilateral vertical load of 12.5kg to the right first molar were applied with the use of specially designed loading device and the reflective circular polariscope was used to analyze the photoelastic model under each condition.

The following results were obtained :

1. When the bilateral vertical load was applied, the magnitude and distribution of the stress concentration of the edentulous area and the terminal abutment or adjacent teeth was in the order of lingual bar, linguoplate, swing - lock attachment.
2. When the unilateral vertical load was applied, the magnitude and distribution of the stress concentration of the edentulous area and the terminal abutment or adjacent teeth was in the order of lingual bar, linguoplate, swing - lock attachment.
3. When the unilateral vertical load was applied, the magnitude and distribution of the stress concentration of the terminal abutment or adjacent teeth on the non - loaded side showed the least stress distribution in case of swing - lock attachment.
4. When the bilateral vertical load and the unilateral vertical load were applied the swing - lock attachment showed the mildest uniform stress distribution on the edentulous area and the alveolar bone around the abutment teeth.