

하악 편측 유리단 국소의치의 직접유지장치 형태에 따른 3차원적 광탄성 응력분석 연구

한양대학교 의과대학 치과학교실

김병무 · 유광희

I. 서 론

생활수준의 향상과 더불어 건강에 대한 관심의 증대는 인간의 수명을 연장시키고 또한 그에 따른 노인 환자의 증가로, 전부 무치악으로의 이행과정에서 부분 무치악환자가 차지하는 비중은 상당히 크다.

부분 무치악의 보철시술방법³⁾으로는 가철성 국소의치, 고정성 cantilever bridge, implant를 이용한 방법등이 있으나 보편적인 방법으로 가철성 국소의치가 많이 쓰인다고 하겠다.

가철성 국소의치는 치아지지 국소의치와 유리단 국소의치가 있는데, 전자는 저작압이 주로 지대치 주위의 치주인대를 통해 전달되는 반면 후자는 두개의 다른 조직 즉 지대치와 잔존치조골에 의해 전달되므로 잔존치조골 흡수^{1,2, 30)}나 연조직변형은 유리단의 수직적인 변위를 허용해서 지대치의 동요와 치은염등의 문제를 야기한다.

따라서 지대치와 잔존치조골 사이의 기능적인 응력의 고른 분포를 얻기 위해 많은 시도가 이루어져 왔다^{22, 23, 31, 35)}.

잘 설계된 가철성 국소의치의 성패는 지지 조직에 생리적 한도내의 응력을 고루 분산시켜 잔존치와 치조골, 치조점막의 건강을 가능한 오래 유지하는 데 좌우된다^{15, 20, 27, 35, 37)}.

유리단 국소의치에서 저작압의 고른 응력분산과 지대치 동요의 최소화를 위해서 기능인상

채득이 주요하다고 하였고^{10, 19, 29, 36)}, 유리단의 치조점막을 덮는 면적이 넓은 것이 가장 주요한 요인이라고 보고된 것도 있다^{18, 20)}.

그 외 응력분포에 영향을 주는 것으로 주연결장치의 강도와 형태, 직접유지장치의 형태, 종류, 강도 및 적합도, 간접유지장치의 위치, 레스트의 위치와 수, 외력이 가해지는 방향, 치아의 동요도, 지대치근의 모양, 크기 및 수, 잔존치조골 상태등 매우 다양하다^{7, 15, 16, 18, 20, 21, 23, 25, 26, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 40)}.

Maxfield²⁹⁾와 Tebrock³⁶⁾는 지대치의 동요에 영향을 주는 것은 클래스프의 설계보다 의치상이 유리단의 잔존치조골에 얼마나 잘 적합되었느냐에 좌우된다고 하였다.

Frechette¹⁸⁾, Kratochvil²³⁾, Shohet³⁵⁾는 근심 레스트를 줄 경우 인접치로 힘의 분산에 유리하다고 하였다.

Ko등²²⁾은 근심이 원심 레스트보다 유리단에 응력을 많이 전달하고 일차 지대치와 인접치에 미치는 응력은 비슷하다고 하였다.

한편 Maxfield등²⁹⁾은 원심 레스트가 근심 레스트보다 어떤 조건하에서는 지대치에 적은 힘이 가해진다고 보고한 바 있다.

Thompson등³⁷⁾은 저작시에 하중이 레스트, 유도면, 직접유지장치에 의해 지대치로 전달되므로 이상적인 설계는 지대치와 지지조직의 건강을 유지하는 데 아주 중요하다고 하였다.

가철성 국소의치는 임상에서 유리단 부분

무치악을 치료하는 가장 널리쓰이는 방법이고 어떤 직접유지장치가 지대치의 동요에 적은 영향을 미치고 응력을 고루 분산시키는지 집중적인 연구가 오래 전부터 진행되어 왔으며, 동시에 이것은 바람직하지 않은 응력을 최소화시키는 데 그 초점을 두고 있다.^{6, 10, 18, 26, 36, 26, 37, 38, 41)}

그동안 많은 선학들에 의하면 I-bar clasp 형태의 직접유지장치가 구강조직에 유리하다는 보고가 있었다.^{6, 23, 26, 36, 37, 41, 42)}

인체에 있어 구강악계는 저작압과 밀접한 관계가 있는 해부학적 및 기능적 구조를 가진 기관으로 그에 따른 응력분석은 보철학^{9, 11, 12, 13, 14)} 뿐 아니라, 보존학^{17, 28)}, 치주학³⁴⁾, 교정학^{4, 5)}에서도 연구되어 왔다.

일반적으로 응력분석 방법에는 brittle coating법^{6, 41)}, dial gauge법⁸⁾, strain gauge 법^{27, 35, 43, 45)}, 광탄성 응력분석법^{47, 48, 49)} laser 측정법⁴⁶⁾, 유한요소법⁴⁴⁾ 등이 있고 최근에는 stereophotograph를 이용한 stereophotogrammatic technique^{6, 7, 27)}이 시도되고 있다.

국내에서도 유리단 국소의치의 직접유지장치 설계변화에 따른 광탄성 응력분석법에 관한 보고^{41, 42, 45, 46, 48)}가 있으나, Kennedy 분류 2급, 즉 임상에서 흔히 접하는 하악 편측 제1, 2대구치의 상실시 양측성 설계에 의한 가철성 국소의치를 제작할 경우 직접유지장치의 종류에 따른 응력분포를 비교한 경우는 많지 않다.

3차원적 광탄성 응력분석법은 힘이 가해진 Epoxy resin 모형내의 주어진 어떤 지점에서도 응력해석이 가능하다.^{15, 22, 36)}

이에 저자는 편측성 유리단 국소의치 설계시에 흔히 사용하는 Back-action clasp, Roach clasp, I-bar clasp, Akers clasp의 네 가지 직접유지장치를 이용해서 지대치 및 인접치의 주위치조골과 유리단 잔존치조제에 발생하는 응력의 크기와 분포를 3차원적 광탄성 응력분석법으로 관찰하였기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

정상적인 고무치조제 및 레진치아 형태를 가진 하악치아 모형(Dental Study Model, II Shin Dental Co., Korea)에서 좌측 제1, 2대구치를 발거하고 발치와를 paraffin wax로 채운 동일한 모형 4개를 준비하였다.

각 모형의 좌측 제1, 2소구치 및 우측 제2소구치, 제1대구치를 네 가지 직접유지장치 형태에 따라 지대치 형성후, Co-Cr 합금으로 주조해서 제자리에 위치시켰다.

이 모형을 복제해서 네 개의 Epoxy resin (Araldite CT200, CIBA-GEIGY Ltd., Japan., stress optical constant ; 1.8psi/fringe/inch) 모형을 만든 다음, 이것을 다시 복제하여 네 가지 형태의 유리단 국소의치를 제작하였다.

이 유리단 국소의치를 각각의 광탄성 모형에 장착하여 응력 동결로에 넣고 좌측 제1대구치의 중심좌에 정하중을 가하여 응력을 동결시킨 후, 시편을 제작하여 응력분포 상태를 분석하였다.

나. 실험 방법

1) 광탄성 무치악 모형제작

a. 준비된 하악 부분 무치악 모형의 기저부에 복제될 광탄성 모형의 응력분석을 위하여 paraffin wax를 일정한 두께로 첨가하였다.

각 모형을 alginate(COE, TYPE 2, Japan)로 인상을 채득한 후에 치과용 석고(Mg Crystal Rock, Maruishi Gypsum Co., Japan)를 부어서 네 개의 경석고 모형을 얻었다.

b. 이 경석고 모형을 silicone(KE-12, Shin-Etsu Chemical Co., Japan)으로 인상을 채득하여 음형을 만들었다.

각 모형의 네 개의 주조된 지대치아의 치근면에 탄력성있는 silicone을 1-2회 도포하여 약 0.2mm 두께의 치주인대를 재현하여 silicone 음형의 제자리에 잘 끼워 고정했다.

c. 고체상태의 Epoxy resin을 120°C에서 완전 용해시키고 경화제를 중량비 3 : 1로 넣어 기포가 완전히 제거되게 잘 섞은 다음 주형 내면에 분리제Mar-V-011(COE)를 도포하고 용융 Epoxy resin을 주형내에 주입하여 130°C로 예열된 응력동결로 안에 넣고 30시간 고온경화시켜 상온까지 시간당 5°C로 서냉시킨 다음 고

무음형과 Epoxy resin을 분리하였다.

2) 실험 유리단 국소의치 제작

네 개의 광탄성 모형을 silicone(Wirosil, Bego Co., German)으로 복제해서 매몰제(X-20, Whip Mix Co., U.S.A.)를 부어 만든 모형상에서 제작하였다.

모형 1. 에서는 좌측 제2소구치에 Back-action clasp

모형 2. 에서는 좌측 제2소구치에 Roach clasp

모형 3. 에서는 좌측 제2소구치에 I-bar clasp

모형 4. 에서는 좌측 제2소구치에 Akers clasp

를 사용하였고, 일반적인 국소의치에서와 같이 cross-arch lingual bar를 이용해 반대측 제2소구치와 제1대구치의 embrasure clasp와 연결하였다.

모든 지대치의 협면에는 0.010inch의 undercut을 부여하고 유리단 치조제 점막을 재현하기 위해 약 2mm 두께로 relief한 후 Cr-Co 합금으로 금속 구조물을 만들었다(Fig. 1.).

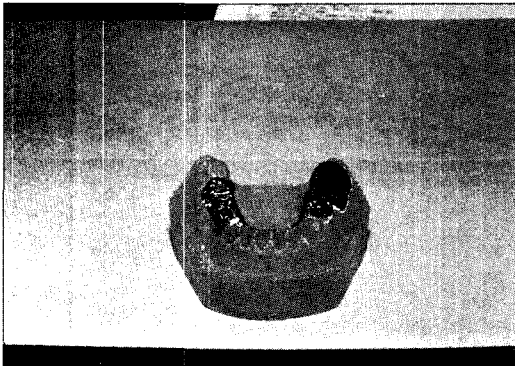


Fig.1. Removable Partial Denture on the Epoxy resin model

다. 하중조건 및 응력동결

일정한 시간 안정적으로 지속적인 하중을 가할 수 있는 하중 부하장치를 제작하여 유리단 제1대구치의 중심와에 적정 무늬차수를 얻을 수 있는 약 6kg의 수직하중을 가했으며 응력 동결로내에서 시간당 5°C의 온도로 서서히 상

승시켜 130°C에서 4시간 지속시킨 후 시간당 5°C로 상온까지 서냉시켜 응력을 동결시켰다(Fig. 2.).

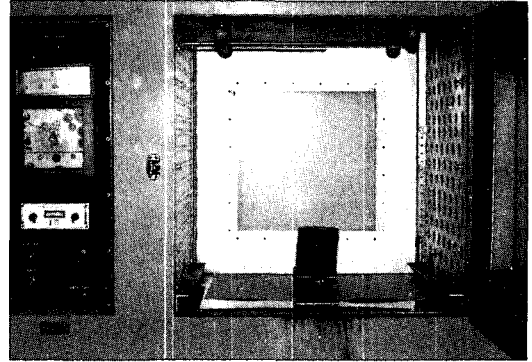


Fig.2. Loading Device in the Stress Freezing Furnace(Reiken PA-2 Type)

라. 응력해석 방법

1) 응력해석 이론 및 장치

광탄성의 원리는 광원에서 나오는 모든 방향으로 진동하는 광파가 편광판을 지나면서 한쪽 방향으로만 진동하는 직선 편광이 되고 이것이 다시 1/4파장판을 지나면서 원편광이 되는데, 이 원편광이 시편을 통과하면서 이중 굴절현상을 일으켜 시편에 가해진 힘에 의해 생긴 주응력 방향으로 진동하면서 주응력면에 직각으로 진동하는 두 편광이 되어 시편내를 통과하면서 광속도가 달라져 시편 통과후 상대적 위상차를 나타내게 되는데 이 위상차에 의해서 무늬를 나타내게 되는 것이다.

즉, 주응력차가 증가함에 따라 순차적으로 파장이 긴 광선이 소멸되어 여러가지 색깔 무늬의 띠로서 나타나게 되므로 이러한 무늬차수가 주응력차의 크기를 나타내게 된다.

3차원적 광탄성 응력분석에서 Epoxy resin 모형내의 주어진 한 지점에서의 무늬차수는 그 지점을 통과하는 어떤 절단면에서도 동일하므로 협설측에서 본 무늬차수로 근원심으로의 해석이 가능하다.

본 실험에서는 Fig. 3. 과 같은 Circular Polariscopes(PA300, Ricken Keiki fine instrument Co. Ltd., Japan)를 사용해서 응력을 해석하

였다.

2) 시편 제작

응력이 동결된 하악 좌측 제1, 2대구치가 상실된 부분 무치악 Epoxy resin 모형에 금속 절단용 톱을 사용하여 협설측으로 교합평면에 수직되게 6개의 시편을 얻은 후 sand paper로 연마하여 두께 6mm가 되도록 하였다.

채취한 시편의 번호에 해당하는 부위는 Fig. 4. 와 같다.

시편에는 파라핀 용액을 발라 투명도를 증가시켜 무늬가 선명하게 보이도록 하였다.

시편은 유리단 시편과 치근을 포함하는 시편으로 분류되는데 무늬차수의 측정점은 협설측 표면으로 의미있는 7점을 정하여 측정하였다 (Fig. 5, 6.).

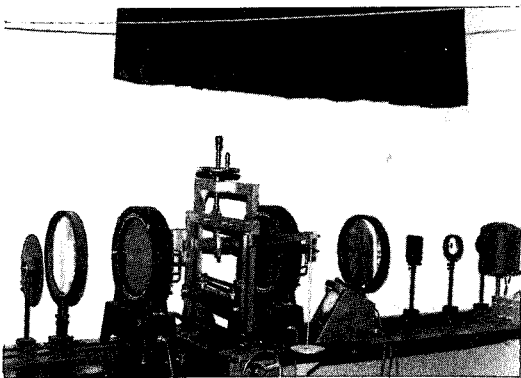
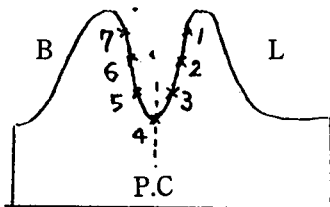


Fig.3. Circular Polariscope



- * B : Buccal
- * L : Lingual * M.P : Measuring Point
- * P.C : periapical Center.

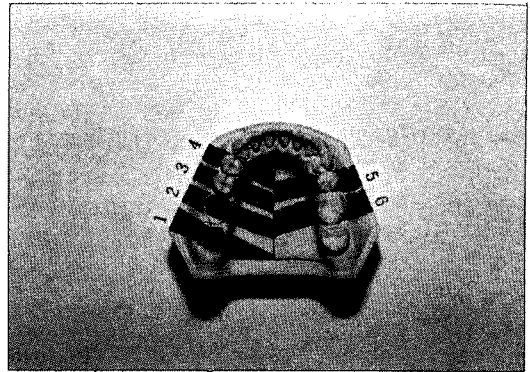


Fig.4. Region of Slice Specimen

- * 1 : Left 2nd molar center area(the free end)
- * 2 : Left 1st molar center area(the free end)
- * 3 : Left 2nd premolar center area
- * 4 : Left 1st premolar center area
- * 5 : Right 2nd premolar center area
- * 6 : Right 1st molar center area

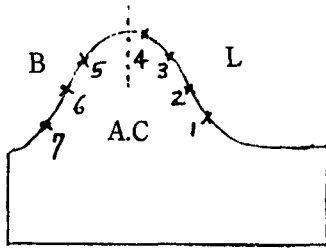
III. 실험 성적

6개 시편의 측정부위는 Fig. 5, 6과 같이 협설측, 치근단, 치조정 부위를 포함한 7점 이다.

또한 각 시편에서 M. P. (Measuring Point) 4를 중심으로 협측 및 설측에 3 점의 무늬차수를

- M.P.1 : L. 7.5mm point above P.C
- M.P.2 : L. 5.0mm point above P.C
- M.P.3 : L. 2.5mm point above P.C
- M.P.4 : P.C
- M.P.5 : B. 2.5mm point above P.C
- M.P.6 : B. 5.0mm point above P.C
- M.P.7 : B. 7.5mm point above P.C

Fig.5. Measuring Point of Fringe Order Number.(Slice Specimen involving root)



- M.P.1 : L. 7.5mm point below M.P.4
- M.P.2 : L. 5.0mm point below M.P.4
- M.P.3 : L. 2.5mm point below M.P.4
- M.P.4 : L. 2.0mm point from A.C
- M.P.5 : B. 4.5mm point below M.P.4
- M.P.6 : B. 7.0mm point below M.P.4
- M.P.7 : B. 9.5mm point below M.P.4

* A.C : Alveolar Crest * B : Buccal
 * L : Lingual * M.P : Measuring Point

Fig.6. Measuring Point of Fringe Order Number.(Slice specimen of the free and)

더하여 네 가지 클래스프 형태의 근원심 무늬차수가 용이하게 비교되도록 하였다(Fig. 25, 26, 27).

가. 근원심으로 네 가지 클래스프 형태에 따라 관찰한 경우

A. 좌측시편

1. Back-action clasp (Table 1, Fig. 7, 8, 9)

1) 설측(Fig. 7, 25)

무늬차수가 좌측 제2소구치 중심부, 좌측 유리단 제2대구치 중심부, 좌측 유리단 제1대구치 중심부, 좌측 제1소구치 중심부의 순으로 나타났다.

2) M.P.4(Fig. 8, 26)

무늬차수가 좌측 제2소구치 중심부에서 가장 높게 나타났으며 좌측 유리단 제2대구치 중심부, 좌측 유리단 제1대구치 중심부, 좌측 제1소구치 중심부에서는 대체로 비슷했다.

3) 협측(Fig. 9, 27)

무늬차수가 좌측 유리단 제2대구치 중심부, 좌측 유리단 제1대구치 중심부, 좌측 제2소구치 중심부에서 높게 나타났으나 서로간의 차이는 미약했고, 좌측 제1소구치 중심부에서는 좌측 제2소구치 중심부보다 5.7(Table 13.)만큼 급격히 감소했다.

2. Roach clasp (Table 2, Fig. 10, 11, 12)

1) 설측(Fig. 10, 25)

무늬차수가 좌측 제2소구치 중심부, 좌측 유리단 제1대구치 중심부, 좌측 유리단 제2대

Table 1. Fringe Order Number of Back-action Clasp.

MP	S.S					
	1	2	3	4	5	6
1	2.8	2.1	2.5	0.5	0.0	0.2
2	1.5	1.5	3.7	0.6	0.2	0.2
3	1.0	0.3	4.5	0.7	0.5	0.3
4	2.0	1.8	8.0	2.0	1.0	0.3
5	3.0	2.5	3.2	0.8	1.3	0.7
6	3.3	3.8	2.2	0.8	0.3	0.4
7	3.0	2.8	2.2	0.3	0.0	0.0

* S. S : Slice Specimen

* M. P : Measuring Point

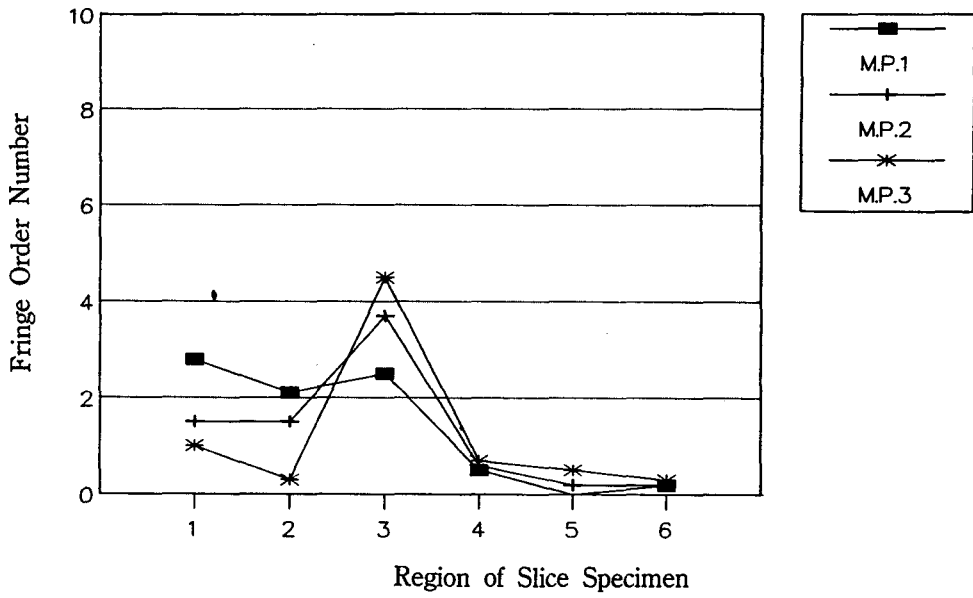


Fig.7. Mesio-istal Fringe Order Number of Lingual side in Back-action Clasp.
 *M.P : Measuring Point

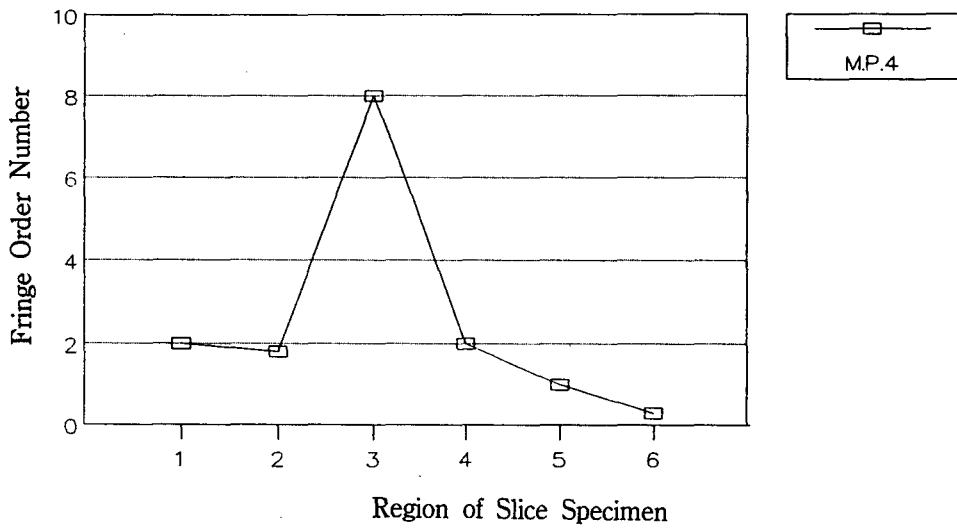


Fig.8. Mesio-Distal Fringe Order Number of M.P.4 in Back-action Clasp.
 *M.P : Measuring Point

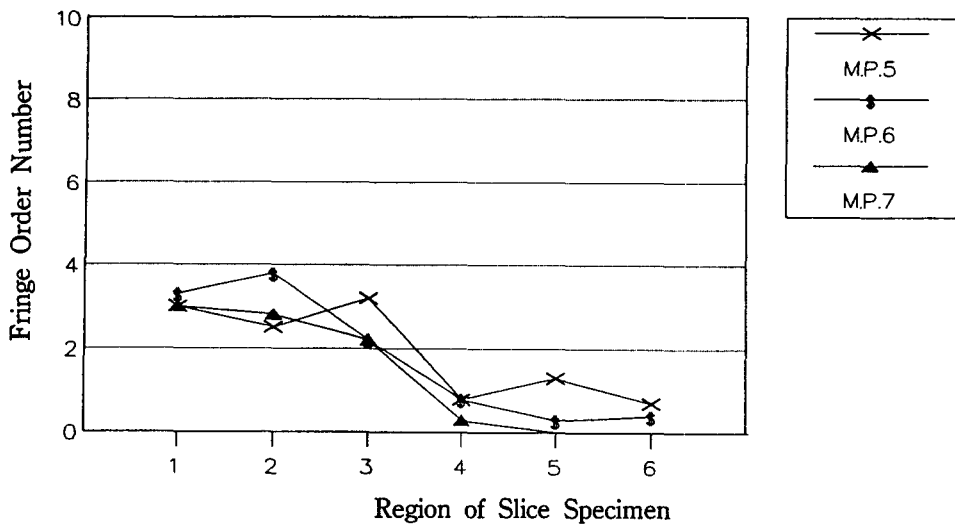


Fig.9. Mesio-Distal Fringe Order Number of Buccal side in Back-action Clasp.
*M.P : Measuring Point

Table 2. Fringe Order Number of Roach Clasp.

M.P	S.S						
	1	2	3	4	5	6	
1	2.5	3.5	1.9	0.3	0.0	0.0	
2	1.0	3.0	3.8	0.3	0.1	0.4	
3	0.7	1.0	5.0	0.3	0.8	0.4	
4	1.0	2.4	10.0	0.2	1.5	0.8	
5	1.9	2.6	4.0	0.1	1.0	1.0	
6	2.2	4.0	3.0	0.0	0.7	0.8	
7	2.3	3.6	2.8	0.0	0.0	0.0	

*S.S : Slice Specimen

*M.P : Measuring Point

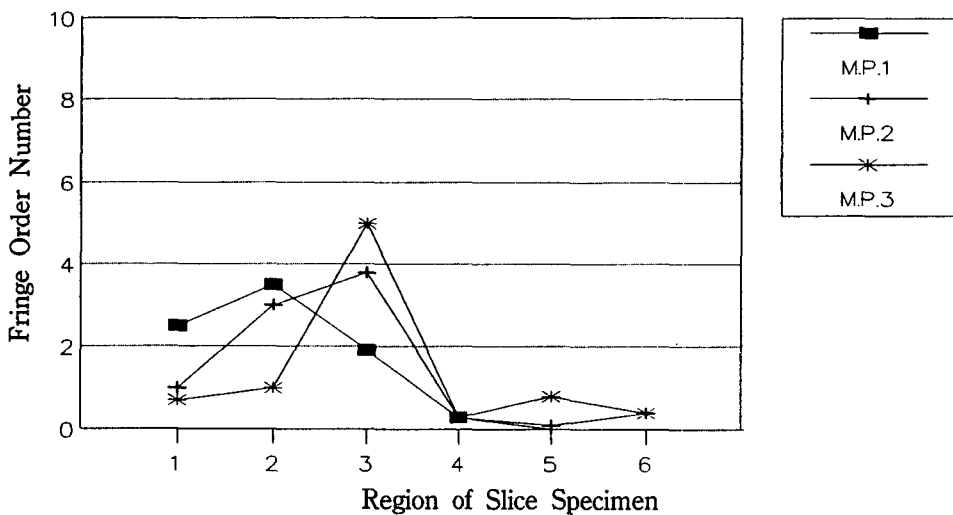


Fig.10. Mesio-Distal Fringe Order Number of Lingual side in Roach Clasp.
*M.P : Measuring Point

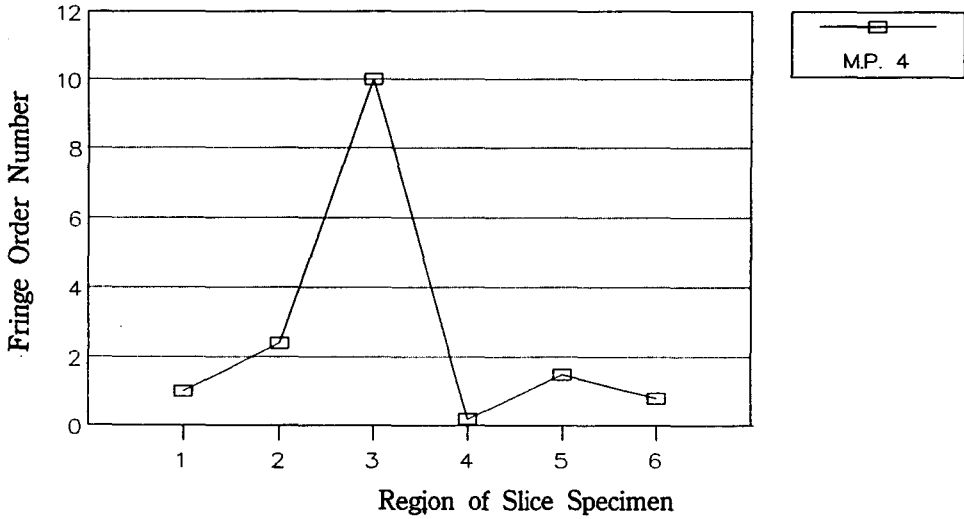


Fig.11. Mesio-Distal Fringe Order Number of M.P.4 in Roach Clasp.
* M.P : Measuring Point

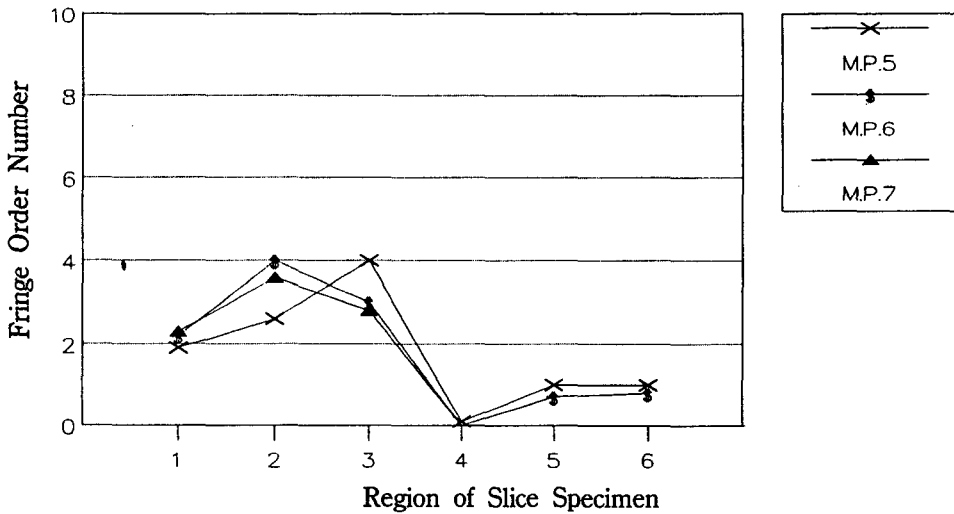


Fig.12. Mesio-Distal Fringe Order Number of Buccal side in Roach Clasp.
* M.P : Measuring Point

구치 중심부, 좌측 제1소구치 중심부 순이었다.

2) M.P.4(Fig. 11, 26)

무늬차수가 설측과 같은 순으로 나타났다.

3) 협측(Fig. 12, 27)

무늬차수가 좌측 유리단 제1대구치 중심부, 좌측 제2소구치 중심부, 좌측 유리단 제2대구치 중심부 순으로 나타났으며 좌측 제1소구치 중심부에서 0.1로 가장 낮게 나타났다.

3. I-bar clasp (Table 3, Fig. 13, 14, 15)

1) 설측(Fig. 13, 25)

무늬차수가 좌측 제2소구치 중심부, 좌측 유리단 제1대구치 중심부 순이고, 그 다음 좌측 유리단 제2대구치 중심부, 좌측 제1소구치 중심부는 대체로 비슷하게 나타났다.

2) M.P.4(Fig. 14, 26)

무늬차수가 좌측 제2소구치 중심부, 좌측 제1

Table 3. Fringe Order Number of 1-bar Clasp.

M.P	S.S	1	2	3	4	5	6
1		2.5	3.3	2.2	1.0	0.3	0.0
2		1.0	2.8	3.5	1.0	0.2	0.0
3		0.2	0.9	4.0	1.5	0.2	0.0
4		1.7	1.7	7.0	3.0	0.3	0.5
5		2.0	2.6	2.5	1.8	0.4	0.7
6		2.9	3.3	1.8	2.0	0.4	0.4
7		1.8	3.0	1.2	2.2	0.0	0.0

* S.S : Slice Specimen

* M.P : Measuring Point

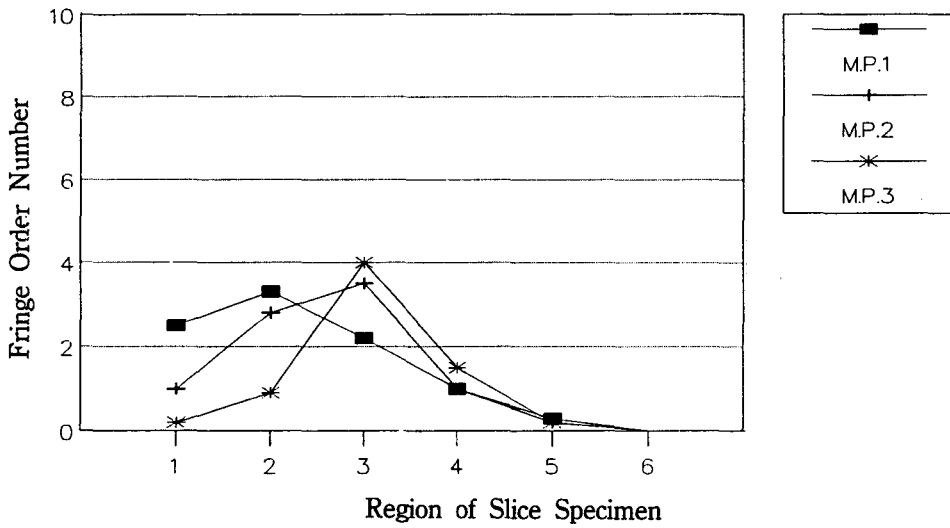


Fig.13. Mesio-Distal Fringe Order Number of Lingual side in I-bar Clasp.

* M.P : Measuring Point

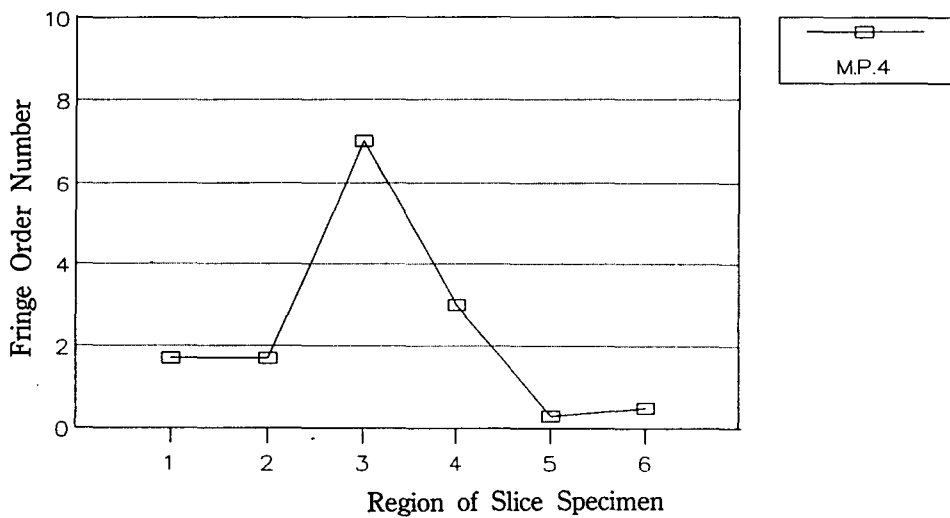


Fig.14. Mesio-Distal Fringe Order Number of M.P.4 in I-bar Clasp.

* M.P : Measuring Point

소구치 중심부 순이었고 좌측 유리단 제1대구치 중심부와 좌측 유리단 제2대구치 중심부는 같았다.

3) 협측(Fig. 15, 27)

무늬차수가 좌측 유리단 제1대구치 중심부가 8.9(Table 13.)로 가장 높게 나타났으며 좌측 유리단 제2대구치 중심부, 좌측 제2소구치 중심부, 좌측 제1소구치 중심부는 5.5-6.7(Table 13.)사이로 큰 차이가 없었다.

4. Akers clasp(Table 4, Fig. 16, 17, 18)

1) 설측(Fig. 16, 25)

무늬차수가 좌측 제2소구치 중심부, 좌측 유리단 제1대구치 중심부, 좌측 유리단 제2대구치 중심부, 좌측 제1소구치 중심부 순이었다.

2) M.P. 4(Fig. 17, 26)

무늬차수가 설측과 같은 순으로 나타났다.

3) 협측(Fig. 18, 27)

무늬차수가 좌측 유리단 제1대구치 중심부, 좌측 유리단 제2대구치 중심부, 좌측 제2소구치 중심부 순이었으며 좌측 제1소구치 중심부에서는 0.6(Table 13.)으로 좌측 제2소구치 중심부보다 급격히 감소했다.

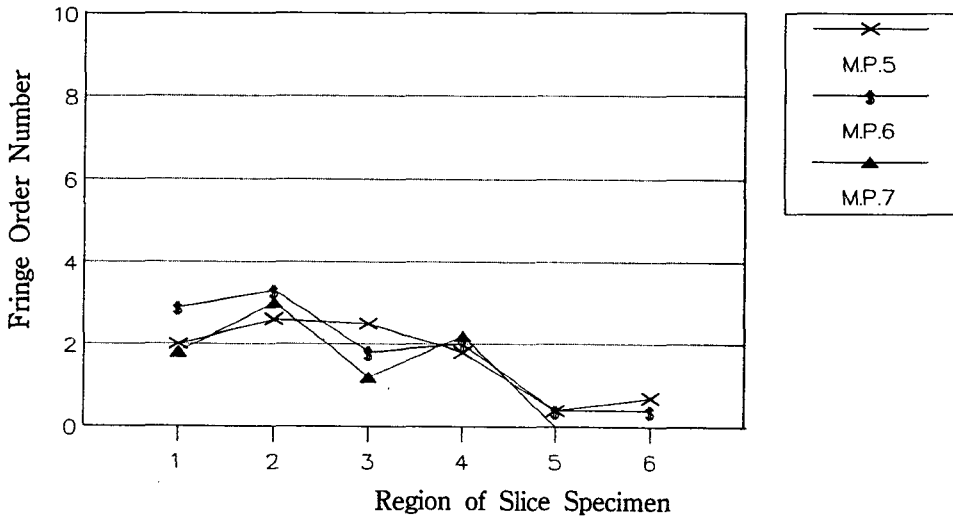


Fig.15. Mesio-Distal Fringe Order Number of Buccal side in I-bar Clasp.

* M.P : Measuring Point

Table 4. Fringe Order Number of Akers Clasp.

M.P	S.S						
	1	2	3	4	5	6	
1	2.7	3.5	2.4	0.4	0.3	0.0	
2	1.0	3.1	4.0	0.4	0.2	0.3	
3	0.2	1.5	6.0	0.4	0.6	0.5	
4	1.8	2.4	10.0	0.4	1.3	0.8	
5	2.0	3.0	3.3	0.3	1.8	1.3	
6	2.4	3.6	2.3	0.2	0.8	0.8	
7	3.0	3.2	1.5	0.1	0.0	0.0	

* S.S : Slice Specimen

* M.P : Measuring Point

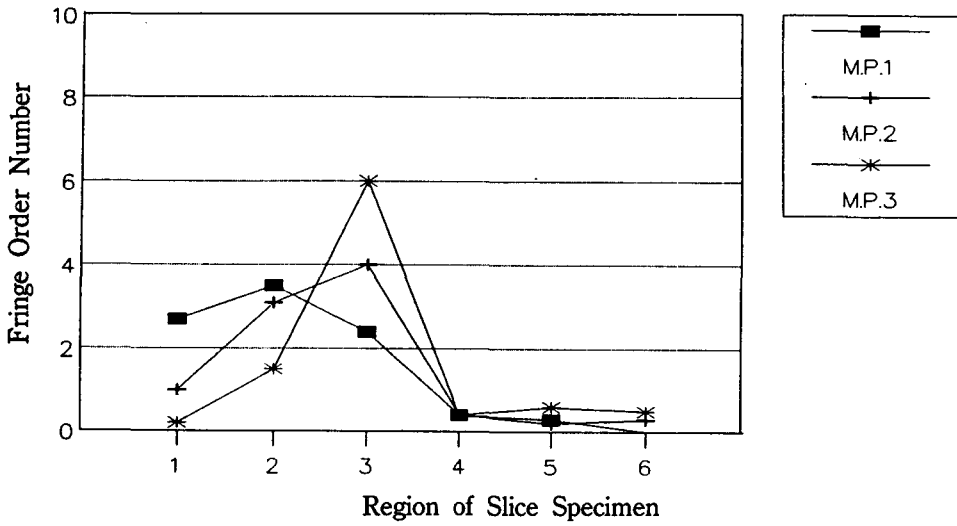


Fig.16. Mesio-Distal Fringe Order Number of Lingual side in Akers Clasp.
 * M.P : Measuring Point

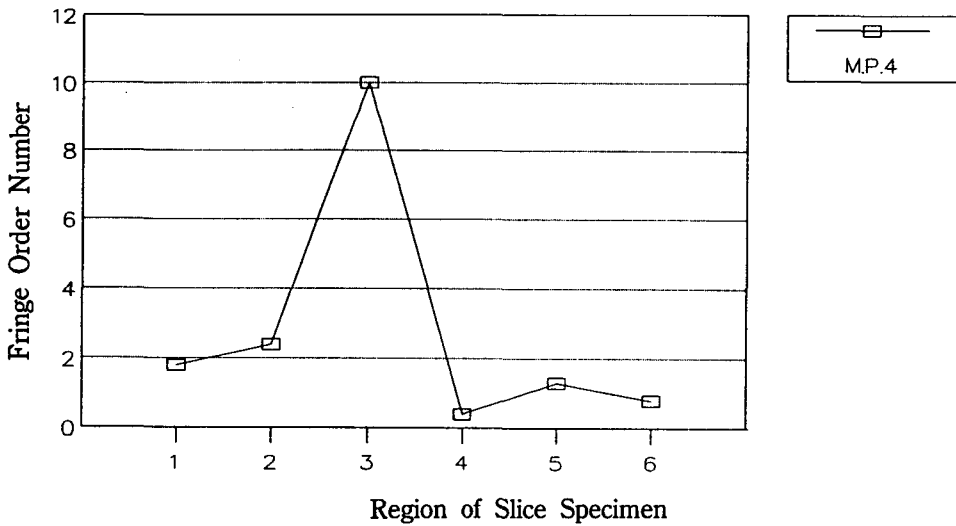


Fig.17. Mesio-Distal Fringe Order Number of M.P.4 in Akers Clasp.
 * M.P : Measuring Point

B. 우측시편

네 가지 클라스프 모두 우측 제2소구치와 제1대구치 중심부의 무늬차수가 좌측 제1소구치 중심부보다 대체로 감소했다.

그러나 Akers clasp 및 Roach-clasp에서는 M.P.4와 협측에서 무늬차수가 0.6-2(Table 12, 13.)만큼 오히려 증가했다(Table 1, 2, 3, 4. Fig. 25, 26, 27).

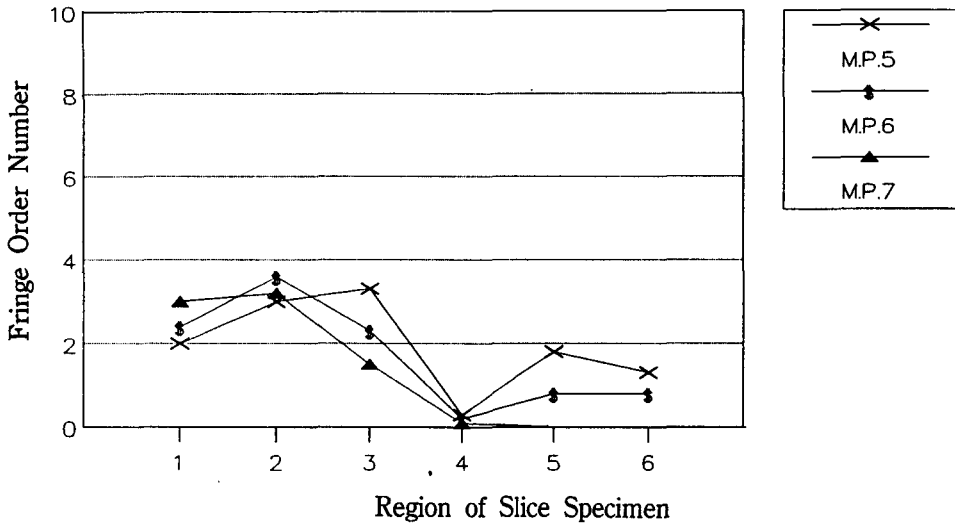


Fig.18. Mesio-Distal Fringe Order Number of buccal side in Akers Clasp.
* M.P : Measuring Point

나. 각 시편을 협설측으로 네 가지 클라스프 형태에 따라 비교한 경우

A. 좌측시편

1. 좌측 유리단 제2대구치 중심부 (Table 5, Fig. 19)

Back-action clasp는 다른 세 가지 클라스프 보다 전체적으로 현저히 높은 무늬차수를 나타냈고 M.P.6에서는 Roach clasp보다 1.5배 높은 응력을 나타냈다.

2. 좌측 유리단 제1대구치 중심부 (Table 6, Fig. 20)

Roach clasp와 Akers clasp는 M.P.4에서 I-bar clasp보다 약 1.4배 높은 무늬차수를 나타냈다.

3. 좌측 제2소구치 중심부 (Table 7, Fig. 21)

Roach clasp와 Akers clasp는 M.P.4와 설측에서는 비교적 높은 무늬차수를 나타냈고, Back-action clasp와 Roach clasp는 협설측 대체로 높게 나타났으며 I-bar clasp는 협설측 모두 가장 낮은 무늬차수를 나타냈다.

4. 좌측 제1소구치 중심부 (Table 8, Fig. 22)

I-bar clasp, Back-action clasp, Akers clasp, Roach clasp 순으로 무늬차수가 높게 나타났으며 각 clasp별로 뚜렷한 차이를 보였다.

B. 우측시편

무늬차수가 Akers clasp에서 대체로 높게 나타나고 특히 우측 제2소구치 중심부의 M.P.5에서 최대무늬차수 1.8이 나타났으며 I-bar

Table 5. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.1.

Clasp	M.P						
	1	2	3	4	5	6	7
Back-action	2.8	1.5	1.0	2.0	3.0	3.3	3.0
Roach	2.5	1.0	0.7	1.0	1.9	2.2	2.3
I-bar	2.5	1.0	0.2	1.7	2.0	2.9	1.8
Akers	2.7	1.0	0.2	1.8	2.0	2.4	3.0

* S.S. : Slice Specimen

* M.P : Measuring Point

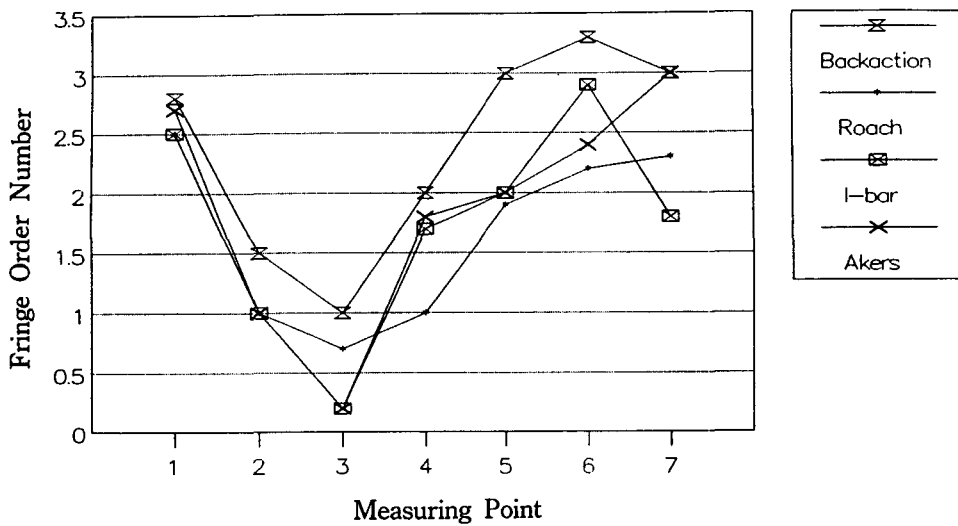


Fig.19. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.1.
* S.S : Slice Specimen

Table 6. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.2

M.P	1	2	3	4	5	6	7
Clasp							
Back-action	2.1	1.5	0.3	1.8	2.5	3.8	2.8
Roach	3.5	3.0	1.0	2.4	2.6	4.0	3.6
I-bar	3.3	2.8	0.9	1.7	2.6	3.3	3.0
Akers	3.5	3.1	1.5	2.4	3.0	3.6	3.2

* S.S. : Slice Specimen * M.P : Measuring Point

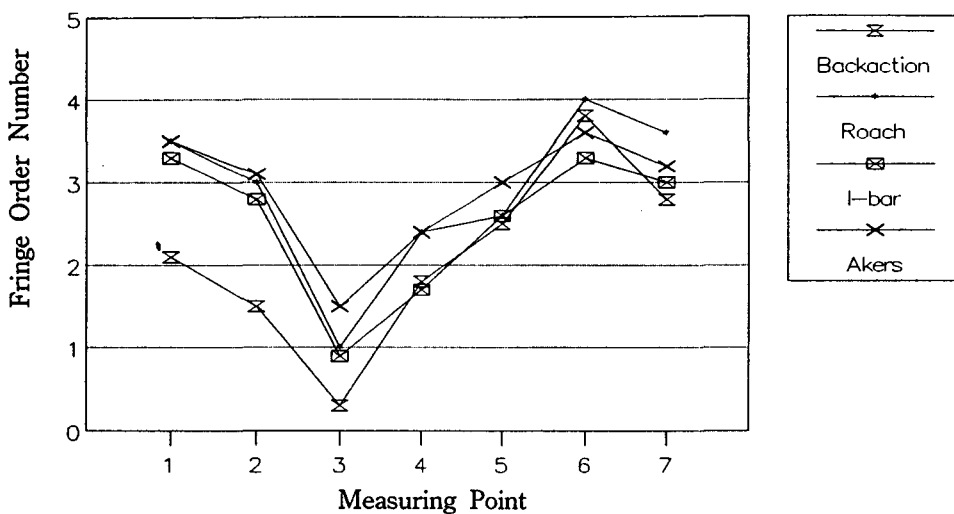


Fig.20. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.2.
* S.S : Slice Specimen

Table 7. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.3.

Clasp	M.P	1	2	3	4	5	6	7
Back-action		2.5	3.7	4.5	8.0	3.2	2.2	2.2
Roach		1.9	3.8	5.0	10.0	4.0	3.0	2.8
I-bar		2.2	3.5	4.0	7.0	2.5	1.8	1.2
Akers		2.4	4.0	6.0	10.0	3.3	2.3	1.5

* S.S. : Slice Specimen

* M.P : Measuring Point

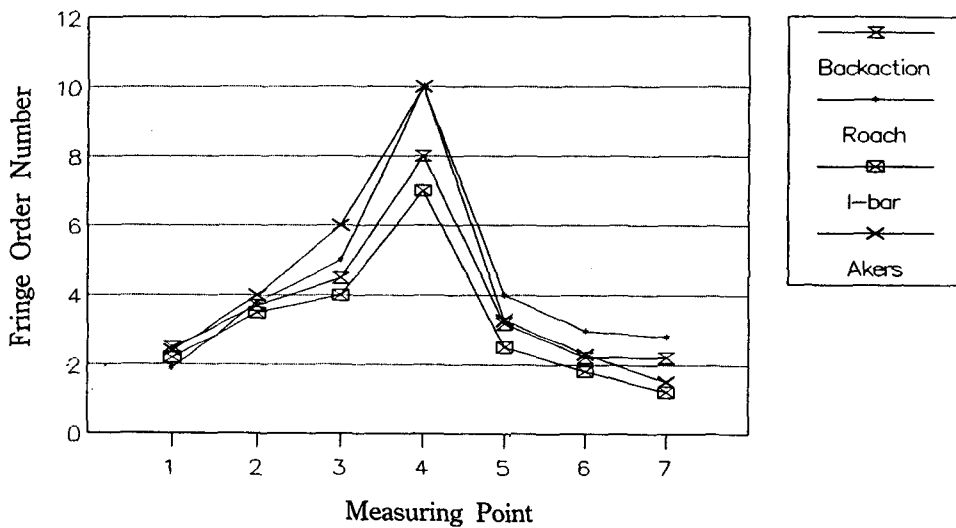


Fig.21. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.3.

* S.S : Slice Specimen

clasp는 현저히 낮은 무늬차수를 나타냈다 (Table 9, 10, Fig.23, 24).

다. 근원심으로 네 가지 클라스프 형태에 따라 비교한 경우

A. 좌측시편

1. 설측 (Table 11, Fig. 25)

Back-action clasp는 좌측 유리단 제2대구치

Table 8. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.4.

Clasp	M.P	1	2	3	4	5	6	7
Back-action		0.5	0.6	0.7	2.0	0.8	0.8	0.3
Roach		0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0
I-bar		1.0	1.0	1.5	3.0	1.8	2.0	2.2
Akers		0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1

* S.S. : Slice Specimen

* M.P : Measuring Point

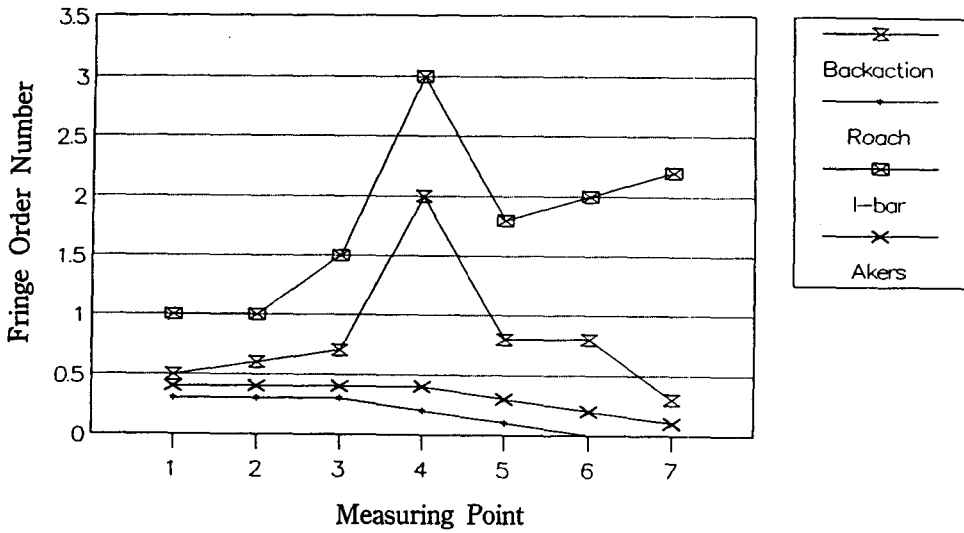


Fig.22. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.4.
*S.S : Slice Specimen

Table 9. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.5

Clasp	M.P	1	2	3	4	5	6	7
Back-action		0.0	0.2	0.5	1.0	1.3	0.3	0.0
Roach		0.0	0.1	0.8	1.5	1.0	0.7	0.0
I-bar		0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.0
Akers		0.3	0.2	0.6	1.3	1.8	0.8	0.0

*S.S. : Slicce Specimen *M.P : measuring Point

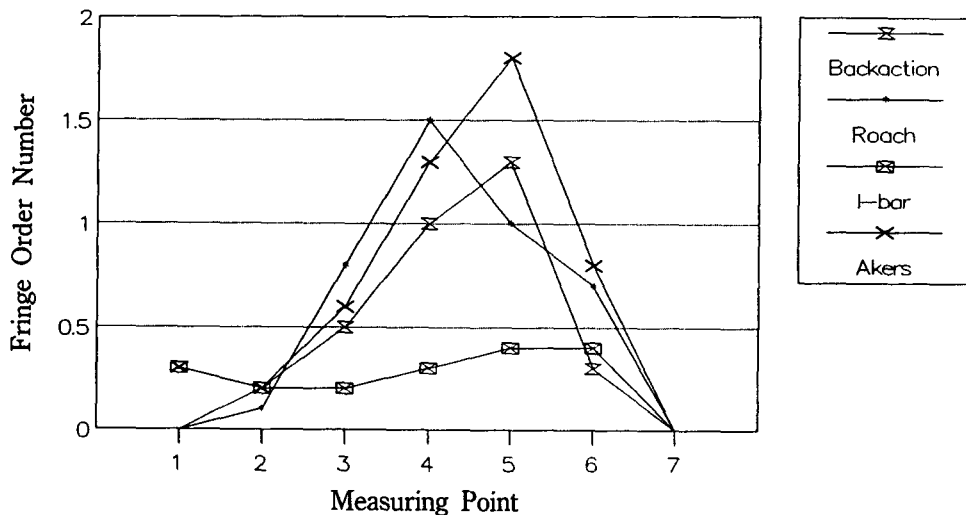


Fig.23. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.5.
*S.S : Slice Specimen

Table 10. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.6.

Clasp	M.P						
	1	2	3	4	5	6	7
Back-action	0.2	0.2	0.3	0.3	0.7	0.4	0.0
Roach	0.0	0.4	0.4	0.8	1.0	0.8	0.0
I-bar	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.4	0.0
Akers	0.0	0.3	0.5	0.8	1.3	0.8	0.0

* S.S. : Slice Specimen

* M.P : Measuring Point

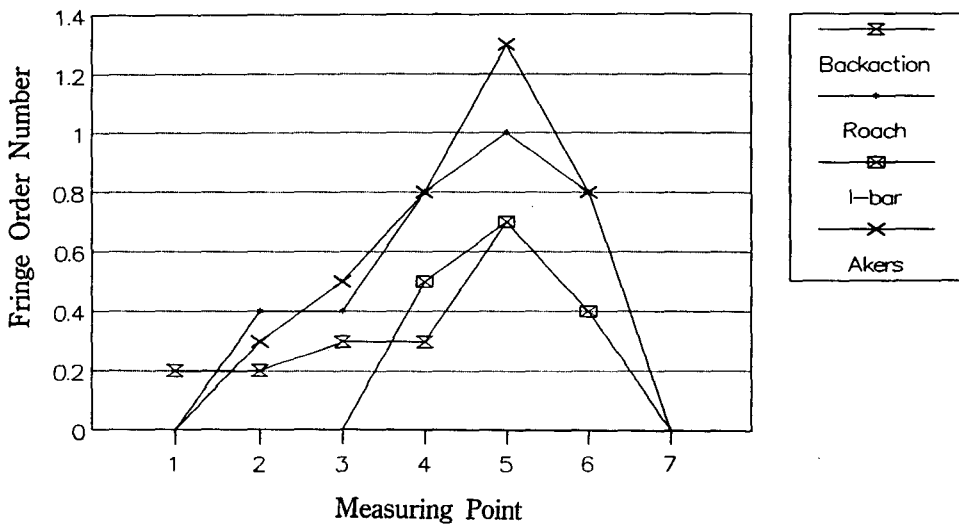


Fig.24. Bucco-Lingual Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in S.S.6.

* S.S : Slice Specimen

Table 11. Mesio-Distal Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in Lingual side.

Clasp	S.S					
	1	2	3	4	5	6
Back-action	5.3	3.9	10.7	1.8	0.7	0.7
Roach	4.2	7.5	10.7	0.9	0.9	0.8
I-bar	3.7	7.0	9.7	3.5	0.7	0.0
Akers	3.9	8.1	12.4	1.2	1.1	0.8

* S.S : Slice Specimen

* * Fringe Order Number=M.P.1+M.P.2+M.P.3

* M.P : Measuring Point

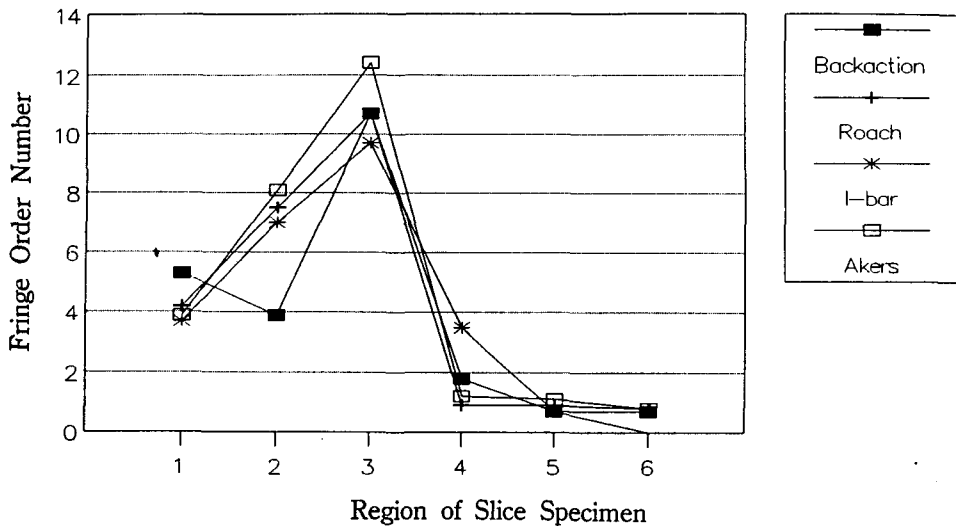


Fig.25. Mesio-Distal Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in Lingual side.

** Fringe Order Number=M.P.1+M.P.2+M.P.3

중심부에서 무늬차수 5.3으로 가장 높게 나타났고 Akers clasp는 좌측 유리단 제1대구치 중심부에서 무늬차수 8.1, 좌측 제2소구치 중심부에서 12.4로 가장 높게 나타났으며 I-bar clasp는 좌측 제1소구치 중심부에서 무늬차수 3.5로 가장 높게 나타냈다.

Roach clasp는 좌측 제1소구치 중심부에서 무늬차수 0.9로 가장 낮게 나타냈다.

2. M.P.4 (Table 12, Fig. 26)

Back-action clasp는 좌측 유리단 제2대구치 중심부에서 무늬차수 2로 가장 높게 나타났으며 Roach clasp와 Akers clasp는 좌측 유리단 제1대구치 중심부에서 무늬차수 2.4로 대체로 높은

분포를 보이고 좌측 제2소구치 중심부에서는 무늬차수 10으로 현저히 높게 나타냈다.

I-bar clasp는 좌측 제1소구치 중심부에서 역시 무늬차수 3으로 가장 높게 나타냈다.

3. 협측 (Table 13, Fig. 27)

Back-action clasp는 좌측 유리단 제2대구치 중심부에서 무늬차수가 9.3으로 가장 높았고 Roach clasp 및 Akers clasp는 좌측 유리단 제1대구치 중심부에서 무늬차수가 10.2, 9.8의 순으로 나타났으며 Roach clasp 및 Back action clasp는 좌측 제2소구치 중심부에서 무늬차수가 9.8, 7.6의 순서로 각각 나타났다.

Table 12. Mesio-Distal Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in M.P.4.

Clasp	1	2	3	4	5	6
Back-action	2.0	1.8	8.0	2.0	1.0	0.3
Roach	1.0	2.4	10.0	0.2	1.5	0.8
I-bar	1.7	1.7	7.0	3.0	0.3	0.5
Akers	1.8	2.4	10.0	0.4	1.3	0.8

* S.S : Slice Specimen ** Fringe Order Number=M.P.4

* M.P : Measuring Point

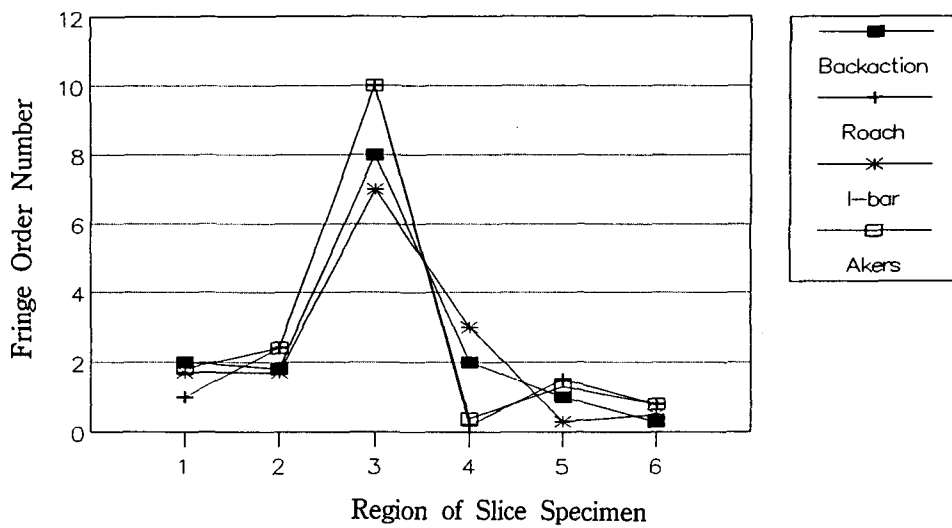


Fig.26. Mesio-Distal Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in M.P.4.

Table 13. Mesio-Distal Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in Buccal side.

S.S	1	2	3	4	5	6
Clasp						
Back-action	9.3	9.1	7.6	1.9	1.6	1.1
Roach	6.4	10.2	9.8	0.1	1.7	1.8
I-bar	6.7	8.9	5.5	6.0	0.8	1.1
Akers	7.4	9.8	7.1	0.6	2.6	2.1

* S.S : Slice Specimen * * Fringe Order Number = M.P.5 + M.P.6 + M.P.7

* M.P : Measuring Point

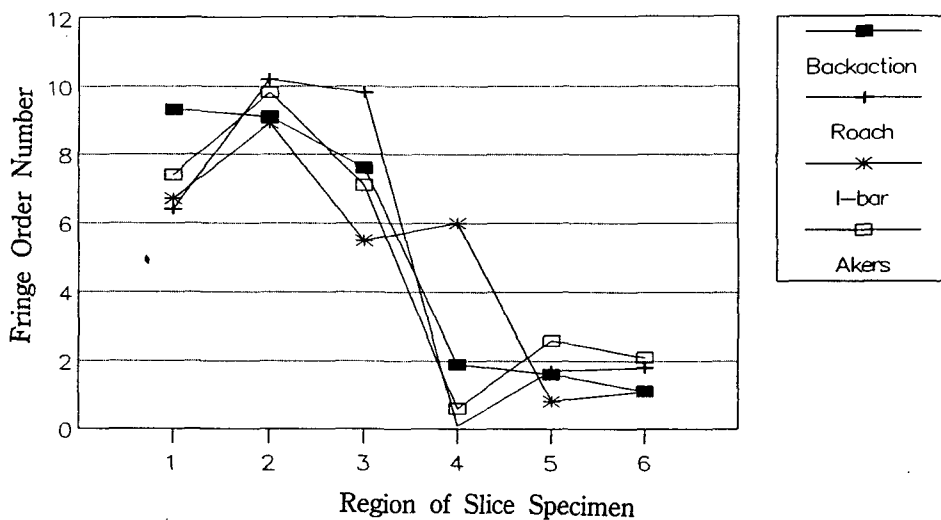


Fig.27. Mesio-Distal Fringe Order Number Compare of 4-Clasp Design in Buccal side.

* * Fringe Order Number = M.P.5 + M.P.6 + M.P.7

I-bar clasp는 좌측 제1소구치 중심부에서 무늬차수가 6으로 가장 높았다.

B. 우측시편

네 가지 클라스프 모두가 우측 제2소구치와 우측 제1대구치 중심부에서 무늬차수를 비교적 적게 보였으나 Akers clasp가 우측 제2소구치 중심부의 협측에서 최대무늬차수 2.6을 나타냈고 I-bar clasp가 대체로 무늬차수를 가장 적게 나타냈다(Table 11, 12, 13. Fig. 25, 26, 27).

IV. 총괄 및 고찰

Donahue¹⁰⁾, Kratochvil²⁴⁾과 Caputto는 구조된 국소의치 framework을 환자의 구강내에서 생리적으로 조절해서, 기능운동시에 저작력이 교합면 레스트내에 집중되어 치아장축에 따라 전달되게 함으로써 지대치와 치조골에 tipping, torquing action을 억제하는 것은 임상에서 유리단 국소의치의 응력분포에 있어 주요한 요인의 하나라고 하였다.

일반적인 유리단 국소의치의 설계는 직접유지장치, 보조연결장치, 주연결장치, 간접유지장치, 유리단으로 구성되나 본 연구에서는 오직 직접유지장치 설계에 따른 응력분포 차이를 명확히 관찰하는 데 있으므로 간접유지장치를 제거하였다.

또 같은 gauge의 주연결장치, 보조연결장치, embasure clasp을 사용하고 유리단 넓이도 일정하게 유지하여 가능한 동일한 조건을 유지하려고 노력하였다.

Shohet³⁵⁾는 직접유지장치와 정밀부착형 유지장치의 변화에 따른 단일 및 연결지대치에 가해지는 응력에 관한 연구에서 연결지대치의 응력은 10-35% 감소하였고 연결지대치를 통해 분산된 응력은 단일지대치보다 적다고 하였다.

또 Aydinlik³⁾, Donahue¹⁰⁾는 일반적인 결론으로, 지대치를 연결시에는 단일지대치에 비해 지대치 운동의 크기가 6-78% 감소해서 지대치의 안정과 수명을 연장시킨다고 하였고, 그밖에 Kratochvil²⁵⁾, Pezolli³¹⁾, White³⁹⁾도 연결지대치가 단일지대치보다 응력분산면에서

유리하다고 하였다.

본 실험은 전후방으로의 응력분포를 좀 더 명확히 알고자 하는 데 있다고 판단되어 단일지대치를 사용하였다.

Firtell¹⁶⁾은 Kennedy Class 2-mod.1의 경우 치아지지쪽 전방지대치의 survey line상에 retentive arm을 가진 Akers clasp와 0.010inch buccal retentive undercut을 가진 Akers clasp, wrought-wire clasp, I-bar clasp, a half T-bar clasp를 비교한 결과 전방지대치 운동이 survey line 상에 retentive arm을 가진 Akers clasp가 가장 안정되었고 0.010inch buccal undercut을 가진 Akers clasp가 가장 많은 운동을 나타내었다고 보고하였다.

본 실험에서도 네 클라스프 모두 임상적으로 널리 쓰이는 0.010inch buccal undercut을 부여했다.

White³⁹⁾는 주어진 운동에 대한 응력의 분포는 힘의 크기보다 힘 적용방향과 치근구조의 형태에 따라 지대치 장축아래에 바로 전달되고 근점의 곡선을 따라 근심이나 원심으로 전달되지 않는다고 하였고, Rodriguez와 Vazques³⁴⁾는 축력이란 치아의 해부학적 축을 따라 힘이 전달되는 것이 아니라, physiological fulcrum을 통과하는 생리적 축력이 치근주위에 응력을 균등히 분산시키므로 이를 진정한 의미의 축력이라고 주장하였다.

Shohet³⁵⁾는 응력에는 수직력, 수평력, 경사력의 3종류가 있는데 수직력은 근심 치아지지 결핍에서 생기고, 수평력은 의치의 측방운동에서 초래되며 경사력은 수직, 수평력의 결합에서 나타난다고 하였다.

Kydd²⁷⁾은 모든 국소의치 특히 유리단 국소의치는 기능시에 측방운동의 경향이 있는데, 이 압력은 저작시보다 연합운동시에 2배 가까이 나타나고 가벼운 측방압력의 경우에도 수직압력보다 지지조직의 파괴를 많이 유발하므로 간과해서는 안된다고 주장하였다.

그 외에 수평력을 고루 분산하기 위해서는 유리단의 덮히는 면적이 최대한 넓을 것, bar의 강도, 직접유지장치의 적합도 및 강도, 치아 지지 지대치의 ring clasp사용시 강화된 buccal

clasp등의 고려가 필요하다는 보고도 있다^{18, 20, 21, 38)}.

Browning등⁶⁾은 Kennedy Class 2-mod.1에서 유리단 지대치가 Akers clasp, I-bar clasp clasp, wrought wire clasp의 경우 유리단 중심축, 협설축, 근원심축에 하중을 가해 stereophotogrammatic system으로 분석한 결과 협축 하중시에는 작은 힘에도 지대치의 운동이 가장 심하다고 하였고, 직접유지장치의 변화는 지대치운동의 양에는 영향을 주나 운동방향에는 영향을 주지 않는다고 보고하였다.

이때, I-bar clasp나 wrought wire clasp가 지대치운동에 가장 적은 영향을 미친다고 하였다.

Donahue¹⁰⁾는 인공치의 이상적인 위치는 치조제의 중간 즉 혀와 뺨 사이의 neutral zone이 가장 바람직하다고 하였다.

본 연구에서도 인공치는 치조제의 중간에 배열하여 제1대구치의 중심와에 수직하중을 가하였는데, Kydd등²⁷⁾이 주장한 측방력이 주어질 때 응력분포와 Browning등⁶⁾의 주장에 기인한 협설축 및 근원심축에 하중을 가했을 때 응력분포 양상은 앞으로 좀 더 깊이 연구해 봐야 할 것으로 사료된다.

Kratochvil²³⁾과 Zach⁴⁰⁾는 유리단 지대치의 레스트를 원심에서 근심으로 이동시킴에 따라 유리단의 회전반경 변화로 인해 유리단이 연조직에 좀더 수직적인 힘을 가하게 되어 안정적인 지지를 얻게되고 지대치 원심하방 점막 조직이 사이에 끼어 눌릴 가능성이 줄어든다고 하였다.

그 밖에 Browning등⁶⁾, Krol²⁶⁾, Thompson등³⁷⁾, Tebrock등³⁶⁾, 윤⁴²⁾은 I-bar clasp 설계가 심미적이고 지대치에 응력을 줄이며 응력분산을 끌고루 시키고 유지력이 좋다는 면에서 우수하다고 주장하였다.

지대치 전방으로의 응력분산을 볼 때 본 연구에서도 I-bar clasp가 다른 세 클래스프보다 응력이 많이 나타났다는 점에서 위의 보고와 유사하고, 이것은 I-bar clasp에 저작압이 가해지면 클래스프가 전하방으로 움직여서 치면과 접촉이 상실되어 지대치에 torquing action이

사라지기 때문이며 근심 레스트의 영향으로 자연스럽게 힘이 전방으로 전달되기 때문이라고 사료된다.

또한 I-bar clasp 설계는 치아와의 접촉이 가장 적고 협축의 자연치면을 가능한 유지시키며 자연치은자극을 유지시켜 주므로 치은의 건강 유지에 좋을 것으로 생각된다.

지대치 및 유리단에서의 응력분포를 볼 때 본 연구에서는 근심 레스트를 가진 I-bar clasp가 원심 레스트를 가진 Akers clasp나 Roach clasp보다 응력이 비교적 고루 분포되었는데 이는 Pezzoli등³¹⁾, Thompson등³⁷⁾의 보고와 일치하였다.

그러나 Kennedy.2급의 경우 유리단쪽에는 근심 레스트가 원심 레스트를 가진 유리단 국소의치보다 응력이 훨씬 많이 전달되었고 지대치에는 근원심으로 큰 차이가 없었다는 Ko등²²⁾의 주장과는 다소 다르게 나타났다.

또 근심 레스트를 가진 Back-action clasp는 지대치 바로 원심보다 유리단 끝에 협설축에 특징적으로 더 많은 힘을 전달하는 데 이것은 앞으로 좀더 연구해 봐야 할 과제일 것이다.

또 Roach clasp와 Akers clasp는 다른 클래스프에 비해 전방보다 지대치 바로 원심과 지대치에 많은 응력을 분포시켰는데 이는 원심 레스트 및 협설축 reciprocal, retentive arm의 영향으로 판단되며, 근원심을 협축에서 관찰해보면 Back-action clasp는 지대치에서 유리단 끝쪽으로 응력을 점점 증가시켰고 Roach clasp와 Akers clasp는 지대치 바로 원심에 응력을 집중시켰으며 I-bar clasp는 지대치보다 그 전방으로 더 많은 무늬차수를 나타냈다.

이것은 Akers clasp 사용시 지대치운동이 심하고 원심으로 tipping된다는 보고와 일치한다^{1, 6, 23, 37, 41, 45, 46)}.

또한 Back-action clasp가 Akers clasp보다 응력분산에 유리하다는 Shohet³⁵⁾의 보고와도 상응한다.

상기 열거한 내용을 종합해보면 임상적으로 Roach clasp, Akers clasp 사용시 지대치 바로 원심쪽으로, Back-action clasp 사용시는 유리단 끝쪽으로 끌 흡수 가능성이 있다고 하겠다.

한편 반대편 제2소구치 및 제1대구치에는 네 가지 클라스트 모두 많은 응력이 전달되지 않았고 그 차이가 적었으나 Akers clasp가 가장 많았고 I-bar clasp가 가장 적게 전달되었다.

이것은 I-bar clasp의 경우 레스트 위치가 근심에 있기때문 응력이 지대치 전방으로 잘 분산되고 Akers clasp의 경우 레스트 위치가 원심에 있기때문 응력이 전방으로 분산되기보다 반대편 지대치에도 영향을 미치기 때문이라고 사료된다.

이것은 반대편 지대치에 미치는 응력은 클라스트 설계에 큰 영향을 받지 않는다는 보고^{24, 39)}와 다소 상이하다.

본 실험결과 응력분포 상태에 있어서 I-bar clasp가 우수하다는 것은 많은 선학들의 보고와 일치하고^{6, 23, 26, 36, 37, 41, 42, 45, 46, 48)}, Back-action clasp도 응력분산에 대체로 유리하였다^{35, 42)}.

V. 결 론

가철성 국소의치에 의해 야기되는 응력의 정도와 분산은 보철물의 성패를 좌우하고 잔존구강조직의 건강을 유지하는 데 매우 중요하며, 이에 영향을 미치는 빼놓을 수 없는 요인으로 직접유지장치의 설계를 들수 있다.

이에 저자는 좌측 제1, 2대구치가 없는 유리단을 가진 정상적인 고무치조제 및 레진치아의 인상을 채득하여 만든 Epoxy resin 모형에서 좌측제1, 2 소구치 및 우측 제2소구치, 제1대구치를 네 가지 직접유지장치 형태에 따라 주조하여 끼우고 Back-action clasp, Roach clasp, I-bar clasp, Akers clasp 를 가진 각기 네 가지 형태의 유리단 국소의치를 통법에 따라 제작하여 장착한 다음 정적인 힘을 좌측 제1대구치 중심와에 가한 상태에서 응력을 동결하고 6개의 시편을 각각 6mm가 되도록 절단하여 3차원적 광탄성 응력분석법을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 면에서 I-bar clasp가 응력분산에 가장 유리하였다.

2. 유리단 끝 부위는 Back-action clasp가 협설측 및 치조정에서 모두 가장높은 응력분포를 보였다.
3. 지대치 바로 원심에는 Akers clasp와 Roach clasp가 협설측 및 치근단쪽으로 대체로 높은 응력을 나타냈다.
4. 지대치에는 I-bar clasp의 응력분포가 협설측으로 가장 적었으며 나머지 세 형태는 협설측으로 일정치 않은 분포를 보였다.
5. 지대치 바로 근심에는 I-bar clasp, Back-action clasp, Akers clasp, Roach clasp의 순서로 응력이 높게 나타났고 각기 뚜렷한 차이를 나타냈다.
6. 반대편 지대치에는 응력이 네 가지 형태에서 모두 큰 차이가 없었으나 Akers clasp가 다소 높게 I-bar clasp가 적게 나타났다.

References

1. Atwood, D.A., : Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridge, J. Prosthet. Dent., 12 : 441, 1962
2. Atwood, D.A. and Coy W.A. : Clinical cephalometric and densitometric study of residual ridge, J. Prosthet. Dent., 26 : 280, 1971.
3. Aydilik, E., Dyangac, B. and Celic, E., : Effect of splinting on abutment tooth movement, J. Prosthet. Dent., 49 : 477, 1983
4. Baeten, L.R. : Canine retraction : Photoelastic study, Am. J. Ortho., 67 : 11, 1975.
5. Brodsky, J.F., Caputo, A.A. and Furstman, L.L. : Root tipping : photoelastic-histopathologic correlation, Am. J. Ortho., 67 : 1, 1975.
6. Browing, J.D., Meadors, L.W. and Eick, J.D. : Movement of three removable partial denture clasp assemblies under occlusal loading, J. Prosthet. Dent., 55 : 69, 1986
7. Browing, J.D., Stewart, C.D. and Eick, J.D. : Effect of positional loading of three removable partial denture clasp assemblies

- on movement of abutment teeth, *J. Prosthet. Dent.*, 55 : 347, 1986.
8. Ceconi, B.T., Asgar, K. and Dootz, E. : Removable partial denture abutment tooth movement as affected by inclination of residual ridge and type of loading, *J. Prosthet. Dent.*, 25 : 375, 1971.
 9. Craig, R.G., Farah, J.W. and El-Tahawi, H. M. : Three dimensional photoelastic stress analysis of maxillary complete dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 31 : 122, 1974.
 10. Donahue, T.J. : Factors that augment the role of direct retainer in mandibular distal extension removable partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 60 : 696, 1988.
 11. El-Ebrashi, M. K., Craig, R. G., and Peyton, F. A. : Experimental stress analysis of dental restorations. Part 3. The concept of geometry of proximal margins, *J. Prosthet. Dent.*, 22 : 333, 1969.
 12. El-Ebrashi, M.K., Craig, R.G., and Peyton, F.A. : Experimental stress analysis of dental restorations. Part 4. The concept of parallelism of axial walls, *J. Prosthet. Dent.*, 22 : 346, 1969.
 13. El-Ebrashi, M.K., Craig, R.G., and Peyton, F.A. : Experimental stress analysis of dental restorations. Part 6. The concept of proximal reduction in compound restorations, *J. Prosthet. Dent.*, 22 : 663, 1969.
 14. El-Ebrashi, M.K., Craig, R.G., and Peyton, F.A. : Experimental stress analysis of dental restorations. Part 7. Structural design and stress analysis of fixed partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 23 : 177, 1970.
 15. Farah, J.W. and MacGregor, A.R. : Stress analysis of disjunct removable partial denture, *J. Prosthet. Dent.*, 42 : 271, 1979.
 16. Firtell, D.N., Grisius, R.J. and Muncheryan, A.M. : Reaction of anterior abutment of a Kennedy class 2 removable partial denture to various clasp designs : and in vivo study, *J. Prosthet. Dent.*, 53 : 77, 1985.
 17. Fisher, D.W., Caputto, A.A., Shillingburg, J.H.T. and Duncansen, J.M.G. : Photoelastic analysis of inlay and onlay preparation, *J. Prosthet. Dent.*, 33 : 47, 1975.
 18. Frechett, A.R. : The influence of partial denture design on distribution of force on abutment teeth, *J. Prosthet. Dent.*, 6 : 195, 1956.
 19. Hindels, G.W. : Load distribution in extension saddle partial denture, *J. Prosthet. Dent.*, 2 : 92, 1952.
 20. Kaires, A.K. : Effect of partial denture design on bilateral force distribution, *J. Prosthet. Dent.*, 6 : 373, 1956.
 21. Kaire, A.K. : Effect of partial denture design on unilateral force distribution, *J. Prosthet. Dent.*, 6 : 526, 1956.
 22. Ko, S.H., McDowell, G.C. and Kotowicz, W.E. : Photoelastic stress analysis of mandibular removable partial denture with mesial and distal occlusal rest, *J. Prosthet. Dent.*, 56 : 454, 1986.
 23. Kratochvil, F.J. : Influence of occlusal rest position and clasp design on movement of abutment teeth, *J. Prosthet. Dent.*, 13 : 114, 1963.
 24. Kratochvil, F.J. and Caputto, A.A. : Photoelastic analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 32 : 52, 1974.
 25. Kratochvil, F.J., Thompson, W.D. and Caputto, A.A. : photoelastic analysis of stress patterns of teeth and bone with attachments retainers for removable partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 46 : 21, 1981.
 26. Krol, A.J. : Clasp design for extension base removable partial denture, *J. Prosthet. Dent.*, 29 : 408, 1973.
 27. Kydd, W.L., Dutton, D.A. and Smith, D.W. : Lateral forces exerted on abutment

- teeth by partial dentures, J. Am. Dent. Assoc. 68 : 859, 1964.
28. Mahler, D.E., : An analysis of stresses in dental amalgam restorations, J. Dent.Res., 37 : 516, 1958.
 29. Maxfield, J.B., Nicholls, J.I. and Smith, D. E. : The measurement of forces transmitted to abutment teeth of removable partial denture, J. Prosthet. Dent., 41 : 134, 1979.
 30. Ortman, H.R. : Factors of bone resorption of the residual ridge, J. Prosthet. Dent., 12 : 429, 1962.
 31. Pezzoli, M., Rossetto, M. and Calderale, P.M. : Evaluation of load transmission by distal extension removable partial dentures by using reflection photoelasticity, J. Prosthet. Dent., 56 : 330, 1986.
 32. Reitz, P.V. and Caputto, A.A. : A photoelastic study of stress distribution by a mandibular split major connector, J. Prosthet. Dent., 54 : 220, 1985.
 33. Reitz, P.V., Sanders, J.L. and Caputto, A.A. : A photoelastic study of palatal split major connector, J. Prosthet. Dent., 51 : 19, 1984.
 34. Rodriguez, C.A. and Vazques, M. : Experimental approximation to the determination of true axial forces, J.Periodontol, 45 : 110, 1974.
 35. Shohet, H. : Relative magnitude of stress on abutment teeth with different retainer, J. Prosthet. Dent., 21 : 267, 1969.
 36. 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. Prosthet. Dent., 41 : 11, 1979.
 37. Thompson, W.D., Kratochvil, F.J. and Caputo, A.A. : Evaluation of photoelastic stress pattern produced by various design of bilateral distal-extension removable partial dentures, J. Prosthet. Dent., 38 : 261, 1977.
 38. Weinberg, L.A. : Lateral forces in relation to the denture base and clasp design, J. Prosthet. Dent., 6 : 785, 1956.
 39. White, J.T. : Visualization of stress related to removable partial denture abutments, J. Prosthet. Dent., 40 : 143, 1978.
 40. Zach, G.A. : Advantage of mesial rests for removable partial dentures, J. Prosthet. Dent., 33 : 32, 1975.
 41. 손홍석 : 편측성으로 설계된 하악 유리단 국소의치에서 직접유지장치의 설계변화에 따른 광탄성 응력분석에 관한 연구. 대한치과보철학회지, 30 : 25, 1992.
 42. 윤성일 : 양측성 유리단 국소의치의 설계변화에 따른 광탄성 응력분석에 관한 연구. 대한치과 의사협회지, 23 : 45, 1985.
 43. 이병태 : Clasp의 변형에 따른 유지가 지대치운동에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한치과 의사협회지, 14 : 147, 1976.
 44. 이영수, 유광희 : 하악 총의치 교합형태에 따른 하부조직에 미치는 교합력 양태의 3차원적 유한요소법 해석. 대한치과보철학회지, 30 : 286, 1992.
 45. 이호용 : Clasp형태의 변형에 따라 지대치에 가해지는 수평압력에 관한 연구. 대한치과 의사협회지, 11 : 811, 1973.
 46. 임순호, 장익태 : 유리단 국소의치 clasp설계가 지대치운동에 미치는 영향. 대한치과보철학회지, 25 : 17, 1987.
 47. 조인호 : 총의치 교합형태에 따른 3차원적 광탄성 응력분석. 대한치과 의사협회지, 20 : 945, 1982.
 48. 조혜원 : 정밀부착형 유지장치에 따른 양측성 유리단 국소의치의 광탄성 응력분석. 대한치과보철학회지, 23 : 97, 1985.
 49. 한동후, 이호용 : 지대치 유지장치 설계에 따른 가철성의치 하부조직에 가해지는 응력에 관한 광탄성학적 연구. 대한치과 의사협회지, 25 : 155, 1987.

논문 사진 부도 및 설명



S.S.2 : Slice Specimen of Left 1st Molar Center Area(free end)
 S.S.3 : Slice Specimen of Left 2nd Premolar Center Area.
 S.S.4 : Slice Specimen of Left 1st Premolar Center Area.
 S.S.5 : Slice Specimen of Right 2nd Premolar Center Area.
 S.S.6 : Slice Specimen of Right 1st Molar Center Area.

Fig.1. Fringe Order Number

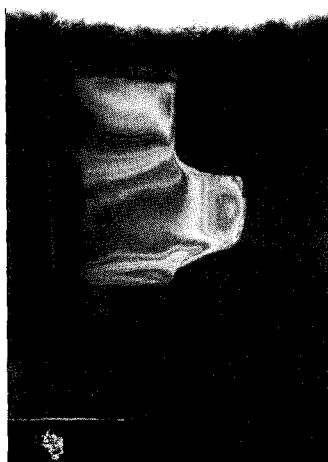


Fig.1-a. Back-action Clasp, S.S.2

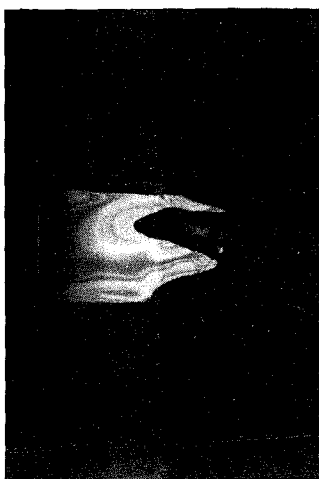


Fig.1-b. Back-action Clasp, S.S.3

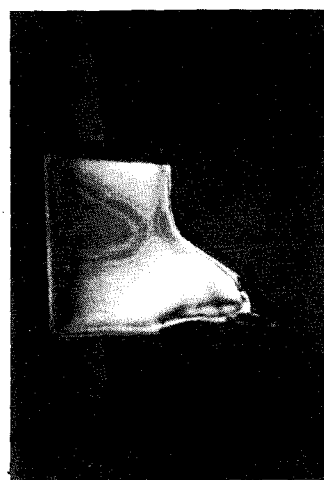


Fig.1-c. Back-action Clasp, S.S.4

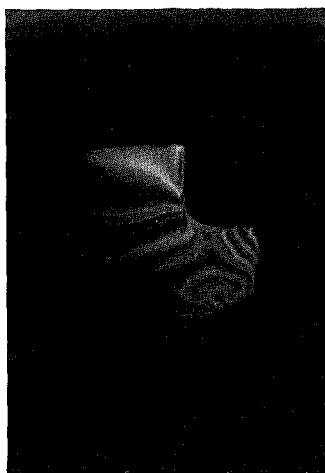


Fig.2-a. Roach Clasp, S.S.2

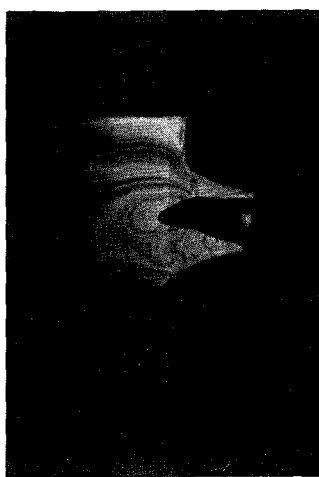


Fig.2-b. Roach Clasp, S.S.3

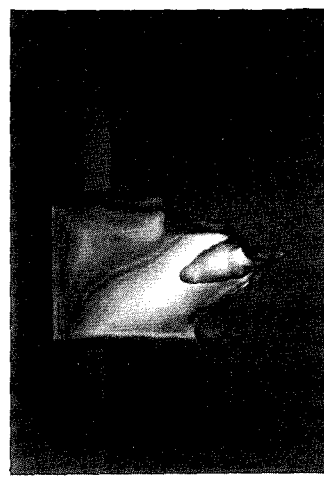


Fig.2-c. Roach Clasp, S.S.4

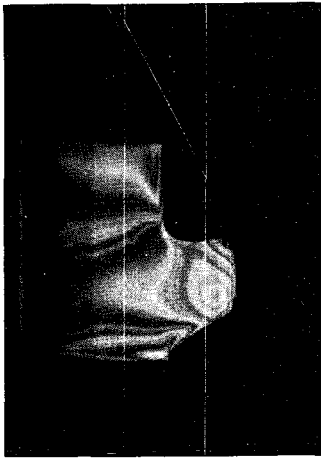


Fig.3-a. I-bar Clasp, S.S.2

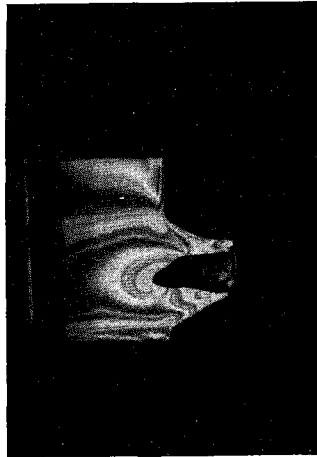


Fig.3-b. I-bar Clasp, S.S.3

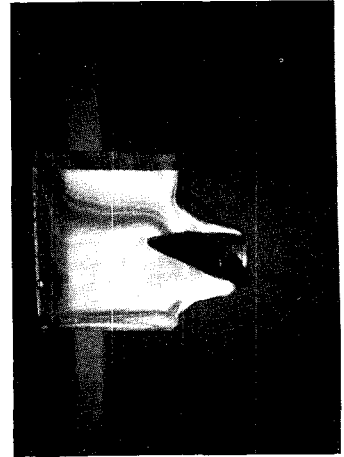


Fig.3-c. I-bar Clasp, S.S.4

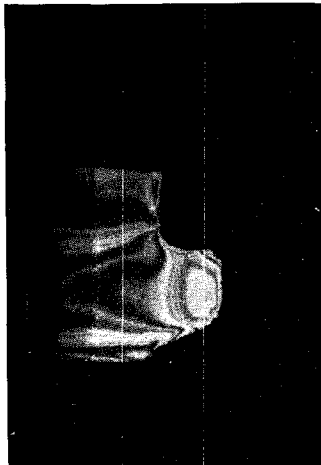


Fig.4-a. Akers Clasp, S.S.2

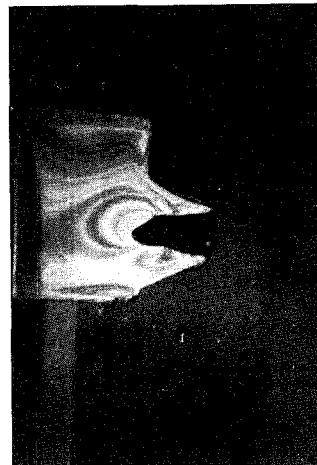


Fig.4-b. Akers Clasp, S.S.3

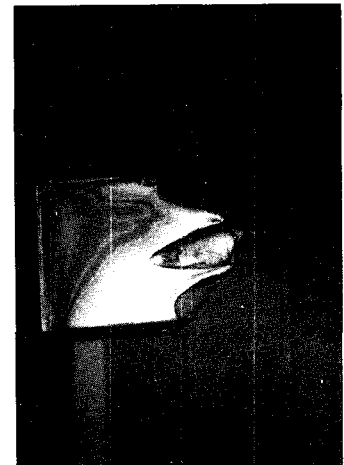


Fig.4-c. Akers Clasp, S.S.4

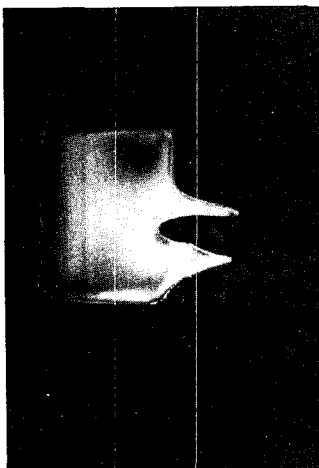


Fig.4-d. Akers Clasp, S.S.5

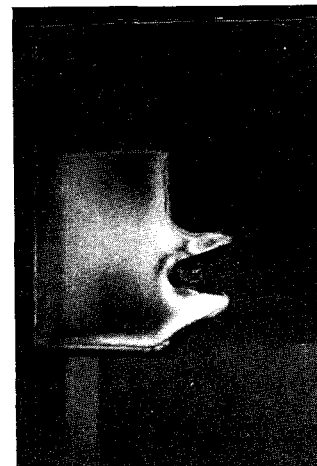


Fig.4-e. Akers Clasp, S.S.6

THREE-DIMENSIONAL PHOTOELASTIC STRESS ANALYSIS OF CLASP
RETAINERS INFLUENCED BY VARIOUS DESIGNS ON UNILATERAL
FREE-END REMOVABLE PARTIAL DENTURES

Byeong Moo Kim, D. D. S., M. S., Kwang Hee Yoo, D. D. S., Ph. D.
Dept. of Dentistry, College of Medicine, Hanyang University

The extent and direction of movement of removable partial dentures during function are influenced by the nature of the supporting structures and the design of the prosthesis.

Since forces are transmitted to the abutment teeth through occlusal rests, guide planes and direct retainers during functional movements, proper design based on the available research data will maintain the health of abutment teeth and their supporting structures.

The purpose of this in vitro study is evaluating stress distribution clinically around the abutment teeth prepared following 4-type clasping systems for unilateral free-end removable partial dentures.

Three-Dimensional Photoelastic Stress Analysis method was used because it shows a visual display of stresses of the simulated abutment teeth and residual ridges and reveals stress concentration that can be read at any given points in terms of direction and magnitude.

For this study, the author fabricated 4 mandibular photoelastic epoxy models missing left 1st and 2nd molar.

Epoxy models were duplicated and 4 unilateral removable partial dentures were constructed in accordance with 4-type direct retainers.

Unilateral free-end removable partial dentures were positioned on their own models. 6kg force was loaded on the every removable partial dentures of the epoxy model on the central fossa of mandibular left 1st molar vertically by the loading device.

After the stress was frozen in a stress freezing furnace, 6 specimens of 6-mm thickness were made from every epoxy model and examined with the circular polariscope.

The results were as follows :

1. Generally I-bar clasp revealed the most favorable stress distribution around the abutment teeth.
2. At the end portion of the free-end ridge, Back action clasp showed the highest stress concentration at the bucco-lingual and top portions of the residual alveolar ridge.
3. At the distal area of the abutment teeth, Akers clasp and Roach clasp showed higher stress concentration bucco-lingually and apically than the others.
4. To the abutment tooth, I-bar clasp showed the least stress distribution bucco-lingually

but the others showed irregular stress distribution.

5. At the mesial area of the abutment teeth, the order of effective stress distribution was I-bar clasp, Back-action clasp, Akers clasp and Roach clasp.

There was big difference of stress distribution between them.

6. At the right 2nd premolar and 1st molar, the stress concentration of Akers clasp was a little high but that of I-bar clasp was low.