

잔존치조제 형태 및 총의치 인공치 크기가 무치하악 응력발생에 미치는 영향에 관한 3차원적 광탄성응력분석

한양대학교 의과대학 보철학교실
최창덕 · 유광희

서 론

치의학 중에서 보철학이 차지하는 범위는 매우 넓으며 또한 이를 습득하기 위한 지식과 기술도 매우 다양하다고 본다. 임상보철 중에서 총의치는 다른 보철과 달리 구강내에 자연치가 없는 상태에서 구강점막상태나 형태, 인공치 교합면의 형태 등에 따라 저작시 교합압으로 부터 나타나는 이탈이나 통증 등을 미연에 방지하면서 정상적인 저작을 해야 한다는 것이 다른 보철물과 다른 점이라 하겠다.

구강내의 최종적 보철물인 총의치는 잔존치조제(Residual Alveolar Ridge)의 양과 형태가 의치의 유지 및 안전성에 절대적으로 중요하며, 특히 점막, 골막, 치조골의 상태가 문제되고 있으며 잔존치조제의 흡수는 재생과 흡수가 반복되는 과정에서 흡수의 기능이 왕성하게 이루어지는 만성적이고 점진적인 생리적 현상으로써 조직학적, 해부학적, 기능적, 신진대사 및 보철학적요인 등이 복합적으로 작용하고 있다(Atwood, 1962). 잔존치조제의 흡수는 그동안 많은 학자들에 의해 그 원인이 연구(Neufeld, 1958 : Ortman, 1962 : Kelseay, 1971 : Tallgren, 1972)되어 왔으며 의치를 장착했을 경우 일어나는 잔존치조제 흡수에 대한 연구(Neufeld, 1958 : Wright, 1964 : Plotnick, 1967 : Glickman *et al.*, 1970 : Tallgren, 1972 : Fishher *et al.*, 1975) 등이 다수있으며 특히 응력에 관한 연구로써 치아형태, 재료, 배열에 따른 연구가 Trapozzano(1960), Swoope(1966), Lopuck(1978) 등에 의하여 활발히 시도되어 왔다. 총의치를 장착했을 때 상악보다 하악에서 4배 정도 치조골 흡수가 더 많이 일어난다고 보고(Neufeld, 1958 : Atwood *et al.*, 1971)가 있으며 무치하악 하악

골은 지지구조 면적이 상악골에 비해 매우 좁고 구조적으로도 과도한 하중을 받으므로 상악골에 비해 하악골의 흡수가 더 잘 일어난다고 한다(Ortman, 1962).

따라서 하악골의 흡수를 최소로 하기 위한 인공치의 형태, 재료, 치아배열, 의치상재료에 대한 연구가 끊임없이 시도되어 오고 있다. Worner, 1939 : Craig *et al.*, 1978).

총의치를 제작할 때에는 교합압이 잔존치조제에 균일하게 전달되도록 설계를 하는 것이 무엇보다도 중요한데 이를 위하여 저작시의 과두운동로와 조화를 이루며 양측성으로 균형교합을 이룰 수 있도록 치아를 배열하는 것이 이상적이라 하겠다. 또한 총의치를 구강내에 장착하여 저작할 때 교합압에 의한 응력을 잔존치조골에 분산시키게 되는데 이때 지지골의 변성과 흡수가 초래된다고 여러 학자들이 연구 보고하였다. (El-Ebrashi *et al.*, 1969 & 1970 : Glickman *et al.*, 1970 : Fishher *et al.*, 1975)

그동안 치광영역에서는 보존학(Sheppard *et al.*, 1971 : Wical *et al.*, 1974), 보철학(Epker *et al.*, 1965 : 윤, 1979 : 조, 1980 : 조, 1982), 임프란트(이, 1990), 교정학(Brodsky, 1975 : Baeten, 1975 : 김, 1987) 등에서 응력분석에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 일반적으로 응력을 분석하는 방법에는 유한요소분석법, Electrical Resistance Strain Gages(Bulletin 10-C), Brittle-Coating(Bulletin S-109-A), Moir's Fringe Analysis(Bulletin TDG-2-A) 및 광탄성 응력분석법 등이 있으며 광탄성 현상은 David Brewster(1816)가 유리에 응력을 발생하도록 한 이후 Zak(1935)가 광탄성 응력분석을 2차원적으로 교정학에 응용하였으며 그후 3차원적 분석법, 광탄성

물질도 포 분석법의 개념에 근거하여 치과분야 뿐만 아니라 정형외과학이나 금속공학, 건축공학 등 다양한 분야에서 응용 연구되어 오고 있다.

한국에서 윤(1979), 조(1980), 임(1980), 김(1981), 조(1982), 이(1990), 엄(1990) 등 다수의 연구논문이 발표되었다.

이에 저자는 크기가 다른 인공치 두종류와 형태가 서로 다른 두 종류의 잔존치조제를 이용하여 총의치의 3가지 교합상태 즉 중심교합, 측방교합, 전방교합에서 응력분산이 무치악 하악골 지지조직에 어떤 형태로 나타나는가를 3차원적 광탄성 응력 동결법에 의해 분석 규명하여 다음과 같은 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료

정상적인 치조계 형태의 Rubber Mold(H3-402, Nissin Dental Products Inc. Japan)에 경석고(G. C : New Plastone, Japan, Setting Expansion (%) 0.25, Setting Time(Min) 10)를 주입하여 모형을 만든 다음 통법에 의해 총의치를 제작했다.

또한 경석고 무치악 모형에서 Silicone Rubber Mold(KE-12, Shin-Etsu Co., Chemical, Japan)를 제작하여 여기에 Epoxy Resin(Aral-Dite CT200, CIBA-GEIGY Ltd, Stress Optical Constant ; 1.8 psi/Fringe/Inch)를 주입하여 Epoxy Resin 무치악 모형을 제작한 다음 여기에 총의치를 장착하고 Whip-Mix, Hanau 교합기(Model H-2)에 부착하여 중심교합, 측방교합, 전방교합 상태에서 일정한 하중을 가한 다음 응력을 동결시켜 시편을 만들고 응력분포상태를 분석하였다.

2. 실험방법

(1) 총의치 제작

정상적인 치조계 형태를 하고 있는 무치악 Rubber Mold에 경석고를 주입하여 상·하악 정상치조계 무치악 모형 12개를 제작하고 동일한 모형의 정상치조제를 약 1~2mm 삭제하여 만든 첨예 치조계의 무치악 모형 12개를 제작하여 총 24개의 모형을 만들었다.

인공레진치아는 Large Size(43L Dentsply)와 Me-

dium Size(30M, Dentsply)를 사용했으며 Large Size인공치는 Retromolar Pad를 약 1/5정도 피개하였고 교두각이 30°인 해부학적 인공레진치를 사용하여 통법에 따라 총의치를 각각 제작하였다.

의치의 내면은 약 1mm, 변연부위는 약 2mm, 상악후방 경계부는 약 1.5mm를 삭제하였다. 고무인상제를 깔아 약 2mm 정도의 두께가 되도록 하고 전치부는 각각 1mm의 수평피개와 수직피개가 되도록 인공치를 배열하였다. 전방교합, 측방교합시 교합교정을 위해 교합면을 약간 삭제하였으며 전방교합 실험을 할때 하중으로 인한 전치부 배열 상태의 변화를 방지하기 위해 제1소구치 부터 반대측 제1소구치까지 직경 0.25mm Stainless Steel Wire로 고정시켰다.

(2) 광탄성 무치악 모형제작

제작된 경석고 무치악 모형의 주위를 철판으로 싸 다음 Silicone Rubber Mold를 제작하였다.

다음 Epoxy Resin에 경화제를 넣고 기포가 완전히 제거될 때까지 잘 섞어 분리제(Mar-V-011(COE))를 Mold 내면에 도포한 다음 서서히 주입하고 이것을 응력 동결로 안에 넣고 상온에서 시작해서 100°C까지 시간당 5°C로 천천히 올린 다음 30시간 동안 고온 경화시켜서 상온까지 시간당 5°C로 서냉시킨다음 Rubber Mold와 Epoxy Resin을 분리하였다.

3. 하중조건 및 응력동결

(1) 중심교합

총의치가 부착된 상·하악 모형을 미리 교혼을 채득한 Remounting Jig을 이용하여 교합기에 중심교합 상태로 부착시켰다(Fig. 1).

이때 과두간 거리는 100mm, 측방과로경사도는 16°, 수평과로경사도는 30°로 고정하였다.

응력동결로 내에서는 상악 부착용 Mounting Ring Screw 중앙부에 적정 무늬착수를 얻을 수 있는 8kg의 하중을 가했으며 시간당 5½의 온도로 서서히 상승시켜 130½로 4시간 동안 지속 시킨 후 시간당 6½로 상온까지 서냉시켜 응력을 동결시켰다(Fig. 2).

(2) 측방교합(좌우측 동일하중)

중심교합때와 같은 방법으로 Whip-Mix 교합기에 의치가 부착된 모형을 고정시킨다음 중심교합 상태

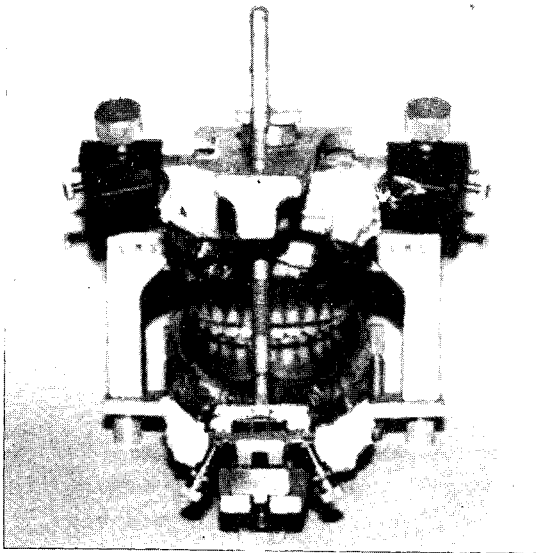


Fig. 1. Epoxy Resin Model and Complete Denture Mounted on the Whip-Mix Articulator.

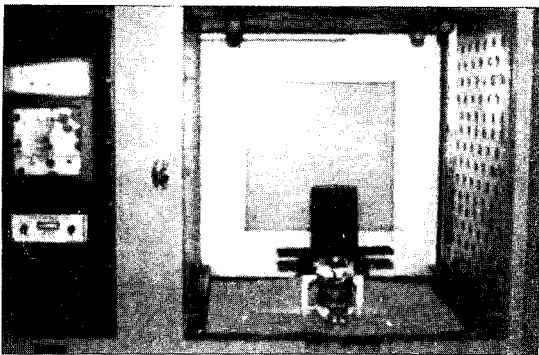


Fig. 2. Loading Device in Stress Freezing Furnace.

에서 측방교합이 되도록 한후 Incisal Guide Pin이 Incisal Guide Table에서 약간 떨어지도록 한 다음 평형측 Fossa Box의 Condyle Head와 Condylar Guidance사이를 Wooden Stick으로 고정시켰다.

8kg 하중을 상악 부착용 Mounting Ring Screw 중앙부에 가했으며 응력 동결은 중심교합때와 같은 방법으로 하였다.

(3) 전방교합

교합기에 중심교합때와 같은 상태로 부착한 다음 교합기를 조절하여 상·하악 전치들이 절단교합이 되도록 하였다.

하중은 상악 부착용 Mounting Ring Screw 중앙부에 6kg을 가한 다음 중심 교합때와 같은 방법으로 응력을 동결시켰다.

4. 응력 해석 방법

(1) 응력 해석 이론 및 장치

광탄성의 원리는 투명한 균질등방 물질에 힘을 가하여 응력을 생기게 하면 투명물질은 일시적으로 결정체의 성질을 띠어 복굴절 현상을 나타내는데 이것이 광탄성 효과이며 광탄성 실험의 기본이 되는 현상이다. 광탄성 모형을 만들려면 내부 잔류 응력이 남지 않게 주의해야 한다. 본 실험에서는 그림(Fig. 3)과 같은 Circular Polariscop(PA300, Ricken Keike Fine Instrument Co. Ltd.)를 사용했다.

즉 광원(LS)에서 나온 광파는 편광판(P1)을 통과하여 단일 방향의 진동을 통과시키게 되고 1/4 파장판(Q1)을 지나면 축주위를 회전하면서 원편광이 된다.

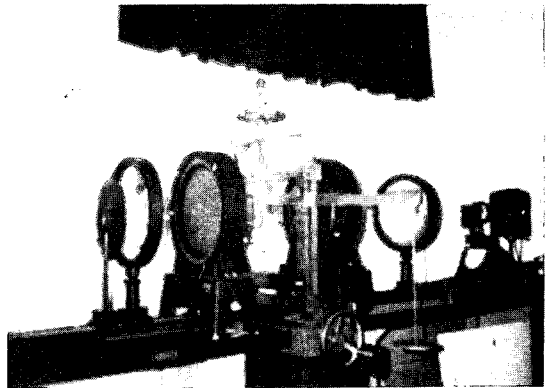


Fig. 3. Circular Polariscop (PA 300).

시편(T)를 통과하면 원편광이 이중굴절 현상에 의해 속도가 서로 달라지면서 위상차를 일으키게 되면서 다시 1/4 파장판(Q2), 분석판(P2)을 지나면서 위상차를 나타내는데 이것에 의해 무늬를 나타내게 된다(Fig. 4).

(2) 시편제작

응력이 동결된 하악 무치악 Epoxy Resin 모형을 얇은 금속절단 톱으로 치조정 곡선에서 수직이 되도록 절단하여 9개의 시편을 만든 다음 Sand Paper로 두께가 6mm 되도록 절단면을 연마한 다음 파라핀 용액을 발라 무늬차수를 분석하면서 촬영하였다.

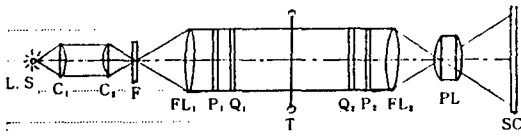


Fig. 4 Arrangement of Photoelastic Experimental Apparatus.

L, S : Light Source C₁, C₂ : Lens F : Filter
 FL₁, FL₂ : Field Lens
 P₁ : Polarizer P₂ : Analyzer Q₁, Q₂ : Quarter Wave Plate
 T : Test Piece PL : Project Lens SC : Screen

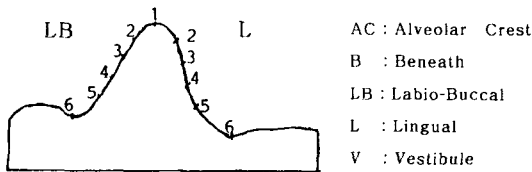


Fig. 5 Measuring Point of Fringe Order Number

1 : AC 2 : 2mm B 3 : 4mm B
 4 : 6mm B 5 : 8mm B 6 : V

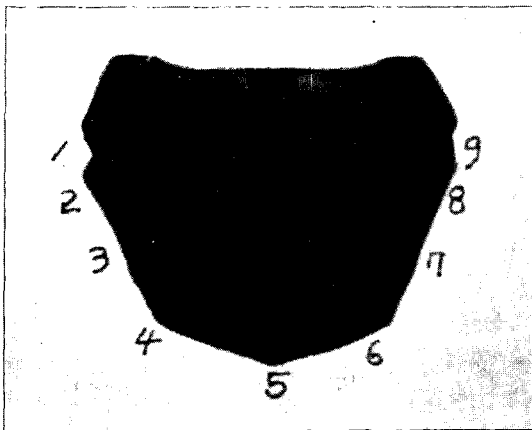


Fig. 6. Regions of Slice Specimen

1 : 우측 제2대구치 근심부 1/5 및 Retromolar Pad 전방부 1/5
 2 : 우측 제1대구치 원심부 및 우측 제1대구치 근심부 1/5
 3 : 우측 제2소구치 원심부 및 우측 제1소구치 원심부
 4 : 우측 견치 원심부 및 우측 견치 근심부
 5 : 우측 중절치 중심부 및 좌측 중절치 중심부
 6 : 좌측 견치 원심부 및 좌측 견치 근심부

7 : 좌측 제2소구치 원심부 및 좌측 제1소구치 원심부
 8 : 좌측 제1대구치 원심부 및 좌측 제1대구치 근심부 1/5
 9 : 좌측 제2대구치 근심부 1/5 및 Retromolar Pad 전방부 1/5

하악의 응력분포는 내부보다 자유표면이 중요시 되는데 본실험에서 자유표면의 무늬차수 측정은 그 응력 분포상태와 선형적으로 일정하게 비례되므로 응력분석이 가능하며 응력무늬차수는 두께에 비례한다. 무늬차수를 구하는 방법은 그림(Fig. 5)과 같다. 즉 치조정, 치조정하방 2, 4, 6, 8mm 및 전정부 부위를 해석하였다. 무늬는 Black인 경우 0차, Red와 Blue 사이가 1차, 2nd Red와 2nd Green 사이가 2차, 3rd Red와 3rd Green 사이가 3차로 분석된다.

하악 무치악 모형에서 채취한 시편의 번호에 해당하는 부위는 다음과 같다(Fig. 6).

실험결과

9개 시편의 측정부위는 치조정(0mm), 치조정하방 2, 4, 6, 8mm 및 전정부를 각각 측정하였으며 순협측과 설측 모두를 측정하였다.

중심교합시(Table 1, 2, 3, 4, Fig. 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14)를 전체적으로 보면 순협측으로 응력이 높게, 광범위하게 나타났고 설측에서는 응력이 어느 정도 낮고 밀집된 분포상을 보였다. 또한 치조정, 치조정하방 2mm, 시편 3.7에서 상당히 높은 응력을 나타냈다.

그림과 도표를 총합(Table 13, Fig. 15)하여 시편 9개의 최대 무늬차수만을 분석했을 때의 응력분포, 최대치, 최소치, 좌우대칭 관계를 보면 최대 무늬차수를 나타낸 시편이 3과 8로써 무늬차수가 각각 4.8과 4.7로써 치조제상에 Medium 및 LLarge Size의 인공치를 사용했을 때 순협측의 치조정 하방 2mm와 치조정에 각각 나타났다.

다음으로 시편 2와 7, 4와 6, 그리고 5, 1, 9의 순서로 낮게 나타났다. 9개의 시편중 첨예 치조제는 5개, 정상 치조제는 4개로 나타났고 레진치 크기는 Medium Size가 7개, Large Size가 2개로 나타났다.

또한 순협측, 설측, 치조정의 응력분포를 보면 6개가 순협측으로 3개가 치조정으로 나타났고 설측은 무늬차수가 그림 15에는 나타나지 않았다.

최소 무늬차수 (0~0.4)는 아주 낮았으며 좌우대칭은 대동소이 하였다.

측방교합시는(Table 5, 6, 7, 8, Fig. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23) 좌우 동일하중을 가했을 때 전체적으로는 순협측, 설측 모두에서, 작업측에서는 응력이 높고, 광범위하게, 평형측은 어느 정도 낮고, 밀집되게 나타났는데 응력이 가장 높은 부위는

작업측의 시편 2의 치조정으로 나타났고 가장 낮은 부위는 평형측의 시편 6의 순협측으로 나타났다.

최대무늬차수만을 총합했을 때의 응력분포, 최대치, 최소치, 좌우대칭(Table 14, Fig. 24)을 분석해보면 최대무늬차수는 작업측 시편 2의 치조정으로 무늬 차수가 7로써 첨예 치조제에 Medium 레진치를 사용하였으며 그 다음이 시편 3, 4, 1, 5의 순서로

Table 1. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Large) in Centric Occlusion.

M, P R, S, S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	0.3	1.8	1.2	1.6	2.2	2.0	1.4	0.8	0.9	1.2	0.3
2	0.4	1.5	1.6	3.0	3.6	2.9	2.8	2.2	1.6	1.2	0.3
3	1.2	2.0	2.8	4.0	4.1	3.0	2.5	3.5	2.2	1.8	1.4
4	0.8	1.7	2.2	2.5	3.0	2.8	2.0	2.0	2.3	1.5	1.0
5	0.2	1.8	2.0	2.3	2.8	2.2	3.0	2.4	2.4	1.7	0.8
6	0.7	1.5	1.9	3.0	3.2	2.3	1.8	2.3	2.1	1.3	1.0
7	1.0	2.0	2.5	4.0	4.1	3.6	3.0	3.3	2.4	1.8	1.2
8	0.4	1.3	1.8	2.9	3.4	2.8	2.4	2.0	1.4	1.0	0.2
9	0.5	1.3	1.1	1.8	2.4	1.8	1.2	0.9	0.8	0.8	0.5

(Unit : Fringe Order Number)

- * A, R : Alveolar Ridge
- R, T : Resin Teeth
- M, P : Measuring Point
- R, S, S : Region of Slice Specimen
- V : Vestibule

Table 2. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Medium) in Centric Occlusion.

M, P R, S, S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	0.3	0.3	1.2	1.7	2.8	2.2	2.0	2.0	1.6	1.0	1.0
2	0.8	1.5	1.8	2.7	3.8	2.0	2.8	2.6	1.8	2.0	1.0
3	0.8	1.6	3.0	3.9	4.2	4.0	3.6	3.4	2.6	2.6	1.0
4	1.0	2.2	2.2	3.2	3.6	2.5	2.4	2.2	2.0	1.0	1.0
5	0.0	0.7	2.4	1.4	2.3	2.4	2.0	2.5	2.3	2.0	1.0
6	1.2	2.0	2.0	3.0	3.8	2.0	2.8	2.1	1.9	1.1	1.5
7	1.0	1.2	2.8	3.8	4.3	4.0	3.8	3.2	2.8	2.2	1.0
8	1.0	1.4	2.2	2.7	3.5	2.4	3.0	2.4	2.2	2.4	1.0
9	0.5	1.0	1.4	1.8	1.6	3.0	2.5	1.8	2.2	2.4	1.0

(Unit : Fringe Order Number)

Table 3. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Large) in Centric Occlusion.

M, P R, S, S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	0.2	0.8	1.0	1.6	2.2	0.8	1.2	1.0	1.0	0.8	0.4
2	0.4	1.4	1.8	3.2	3.6	4.5	2.3	3.0	2.5	2.0	1.4
3	0.2	1.2	1.4	2.6	2.8	1.8	3.3	2.5	1.6	1.6	0.6
4	0.0	0.6	1.2	2.2	2.6	2.3	2.2	1.6	1.8	1.5	0.2
5	0.0	0.7	1.2	1.5	3.0	2.9	2.0	2.3	2.2	2.0	0.7
6	0.4	0.8	1.0	1.8	2.4	2.2	2.0	1.8	1.4	1.0	0.7
7	0.2	1.0	1.6	2.8	2.9	2.5	2.4	2.0	1.4	1.2	0.8
8	0.9	1.2	2.5	3.0	3.5	4.7	3.2	2.8	2.0	1.8	1.1
9	0.0	1.0	1.2	1.4	2.1	0.6	0.8	0.8	1.0	1.1	0.6

(Unit : Fringe Order Number)

Table 4. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Medium) in Centric Occlusion.

M, P R, S, S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	0.2	0.5	0.8	1.3	2.0	2.5	2	2.2	1.4	1.2	0.9
2	0.9	1.4	1.9	2.4	3.6	3.8	2.1	3.0	2.4	2.0	1.4
3	0.6	1.8	1.8	3.0	4.8	4.5	3.8	4.5	3.0	3.2	2.0
4	0.6	1.1	1.3	1.9	2.5	2.5	2.5	2.8	2.7	2.5	1.8
5	0.0	1.0	1.8	2.5	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.5	2.0
6	0.6	1.0	1.2	1.7	2.3	2.5	2.0	2.2	2.4	2.2	1.0
7	0.5	1.6	2.0	3.1	5.0	4.5	3.5	4.2	3.4	2.8	1.8
8	0.8	1.2	2.0	2.1	3.8	3.0	2.5	3.2	2.5	2.2	1.2
9	0.1	0.7	1.1	1.3	1.9	2.3	2.1	1.8	1.5	1.0	0.8

(Unit : Fringe Order Number)

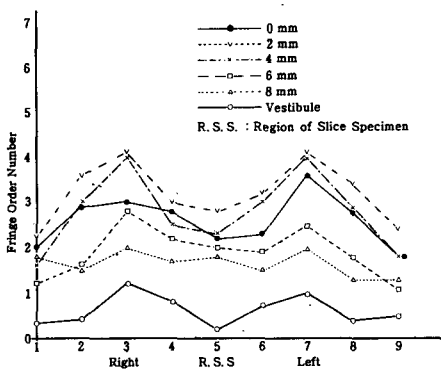


Fig. 7. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Large) of Labio-Buccal Side in Centric Occlusion.

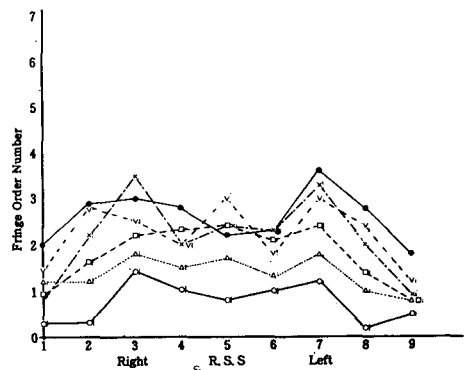


Fig. 8. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Large) of Lingual Side in Centric Occlusion.

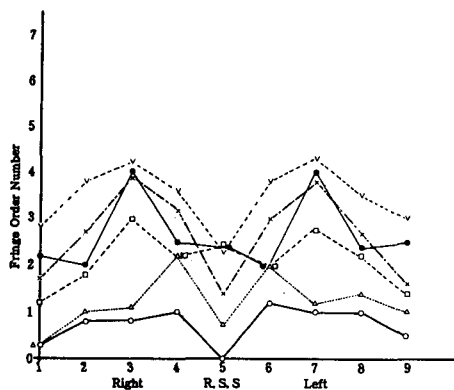


Fig. 9. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Medium) of Labio-Buccal Side in Centric Occlusion.

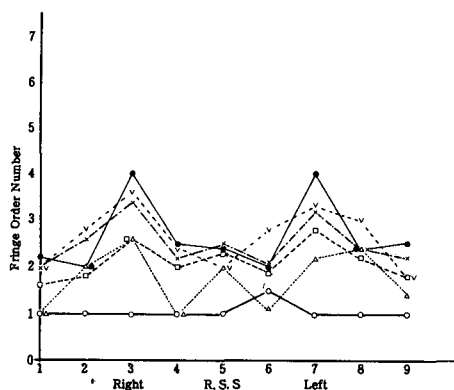


Fig. 10. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Medium) of Lingual Side in Centric Occlusion.

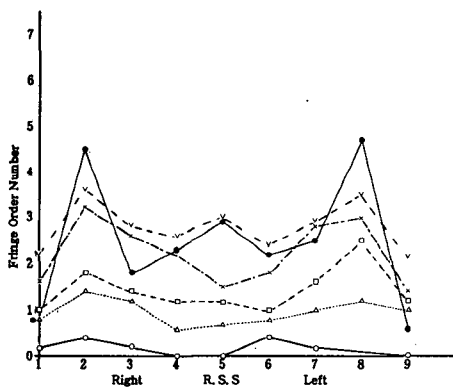


Fig. 11. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Large) of Labio-Buccal Side in Centric Occlusion.

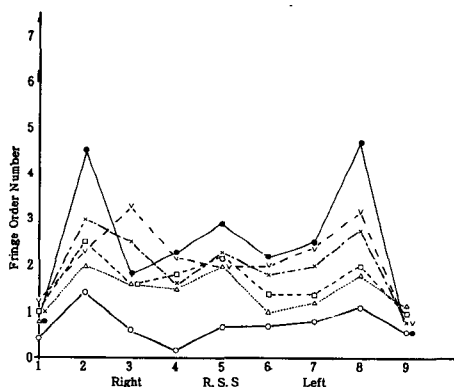


Fig. 12. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Large) of Lingual Side in Centric Occlusion.

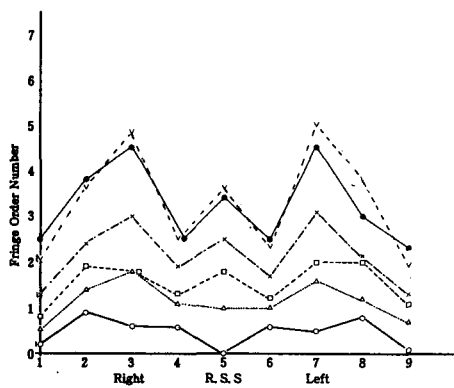


Fig. 13. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Medium) of Labio-Buccal Side in Centric Occlusion.

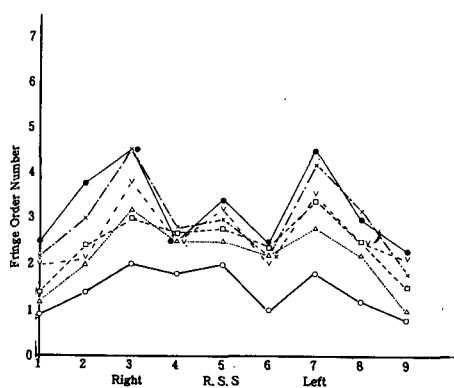


Fig. 14. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Medium) of Lingual Side in Centric Occlusion.

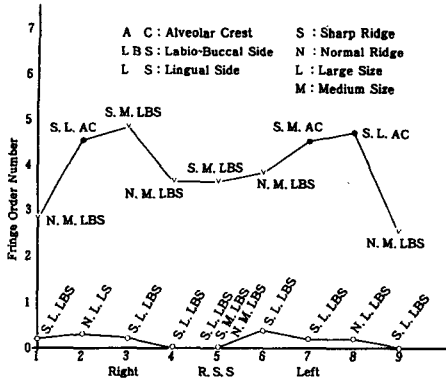


Fig. 15. Maximum and Minimum Fringe Order Number in Centric Occlusion.

낮게 나타났다. 평형측은 시편 7, 8에서도 어느 정도 높게 나타났으며 9개 시편 모두에서 첨예 치조제가 나타났고 레진치 크기를 보면 시편 9개중 5개가 Medium Size이고 2개가 Large Size이며 1개는 공유로 나타났다.

순협측, 설측, 치조정 관계를 보면 치조정으로 작용한 시편이 9개중 7개, 설측이 1개, 공유가 1개로 나타났다. 최소치는 작업측이 0에서 0.8, 평형측은 0에서 0.2의 무리치수로써 낮게 나타났다. 좌우대칭은 작업측이 높게, 평형측이 낮은 응력분포를 보였다.

Table 5. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Large) in Lateral Occlusion.

M, P R, S, S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	0.7	1.5	2.0	2.4	3.2	3.4	2.5	1.8	1.7	1.2	0.6
2	1.0	2.3	3.0	3.3	3.9	5.5	3.7	2.8	2.3	2.2	1.6
3	1.2	1.7	2.8	2.2	3.4	5.0	2.8	2.7	2.4	2.0	1.4
4	0.8	1.0	2.2	2.4	3.2	3.7	1.5	2.0	2.2	2.1	1.2
5	0.3	0.9	1.8	2.0	2.4	2.6	1.8	2.0	1.8	1.3	0.7
6	0.2	0.8	1.3	1.5	1.0	1.8	1.4	1.6	1.2	0.6	0.4
7	0.6	1.3	1.7	2.0	2.8	2.2	2.2	1.6	1.3	1.2	0.6
8	0.4	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	2.9	1.8	1.6	1.4	0.8
9	0.2	1.5	1.8	2.1	2.3	2.0	1.8	1.5	1.1	1.2	0.4

(Unit : Fringe Order Number)

Table 6. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Medium) in Lateral Occlusion.

M, P R, S, S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	3.0	2.0	2.5	3.2	2.0	4.2	4.0	2.7	2.1	1.9	0.8
2	0.8	3.2	2.8	2.2	4.5	6.0	2.5	2.3	2.5	2.1	1.0
3	1.2	3.0	3.8	2.8	2.2	4.7	2.0	1.2	1.4	1.6	0.8
4	1.0	3.0	3.2	3.8	4.0	4.0	2.8	1.8	2.6	2.4	1.0
5	0.5	0.8	1.2	1.5	2.0	3.0	2.3	1.7	1.4	1.5	0.6
6	0.0	0.1	0.4	0.8	1.0	1.0	1.3	0.9	0.8	0.6	0.4
7	0.4	0.6	0.8	1.2	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	1.2
8	0.8	1.3	1.5	1.7	2.3	2.8	2.6	2.5	2.3	2.3	1.5
9	0.4	0.5	0.7	1.2	1.4	1.9	1.7	1.9	1.5	1.3	0.7

(Unit : Fringe Order Number)

Table 11. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Large) in Protrusive Occlusion.

M, P R, S, S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	0.4	0.8	0.6	1.0	1.2	1.5	1.3	0.8	1.2	1.8	0.4
2	0.2	1.4	1.0	1.6	1.8	2.5	1.6	1.8	2.1	1.3	1.2
3	0.6	1.9	2.3	2.4	2.8	3.2	2.8	2.6	3.0	2.8	1.4
4	0.4	1.5	1.8	2.5	3.2	4.3	2.8	2.4	2.0	1.5	1.2
5	0.2	2.2	3.2	3.7	4.5	6.2	5.4	3.4	3.3	3.2	1.0
6	0.2	1.5	1.4	1.8	2.0	2.5	2.4	1.8	1.2	1.4	1.0
7	0.0	1.4	1.8	2.2	2.4	3.0	2.8	2.2	2.0	2.0	1.2
8	0.3	1.2	0.8	1.4	2.0	2.6	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1
9	0.2	0.6	0.4	0.8	1.0	1.4	0.9	1.0	1.4	1.6	0.0

(Unit : Fringe Order Number)

Table 12. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Medium) in Protrusive Occlusion.

M, P R, S, S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	0.0	0.2	0.4	1.0	1.2	1.5	1.0	0.6	0.8	0.4	0.2
2	0.4	1.0	1.2	1.2	1.8	2.7	2.4	2.0	1.5	1.4	0.8
3	0.2	1.0	1.8	2.4	2.4	3.9	2.7	2.3	2.4	2.2	1.3
4	0.4	0.8	1.4	3.2	3.2	4.2	3.2	3.0	3.4	2.8	1.4
5	1.4	2.8	3.2	3.8	4.5	7.0	5.4	5.0	4.5	3.0	1.8
6	0.4	1.4	2.0	2.8	3.5	4.0	2.8	2.4	2.8	2.6	1.8
7	0.4	0.8	2.0	2.5	2.6	3.5	2.3	2.5	2.6	3.0	1.2
8	0.6	0.8	0.9	1.4	1.6	1.8	1.3	1.2	1.6	1.2	0.4
9	0.6	0.6	0.8	1.0	1.4	1.2	0.8	0.6	0.6	0.6	0.0

(Unit : Fringe Order Number)

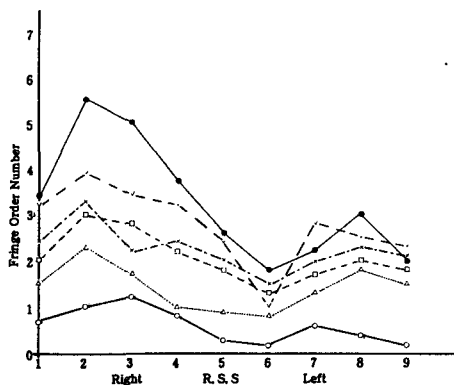


Fig. 16. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Large) of Labio-Buccal Side in Lateral Occlusion.

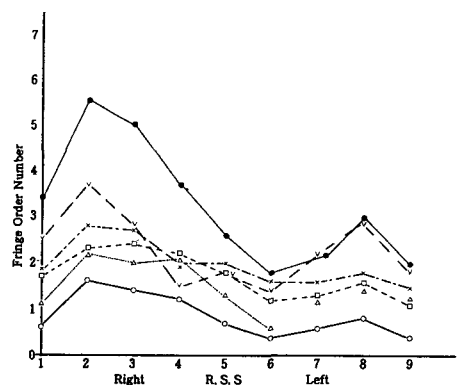


Fig. 17. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Large) of Lingual Side in Lateral Occlusion.

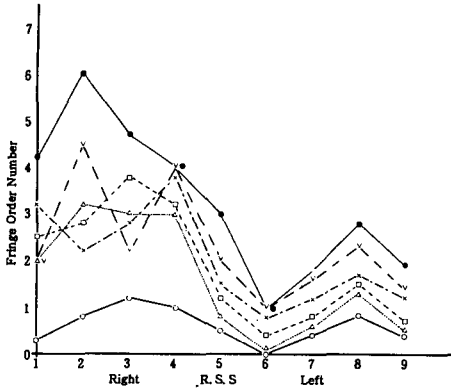


Fig. 18. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Medium) of Labio-Buccal Side in Lateral Occlusion,

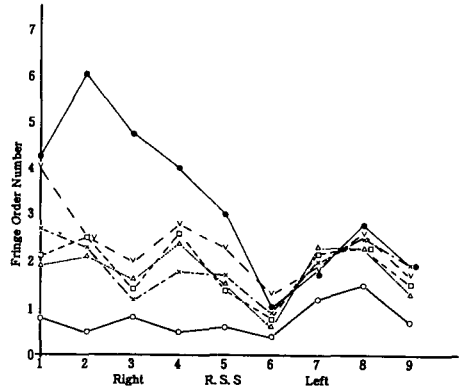


Fig. 19. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Medium) of Lingual Side in Lateral Occlusion,

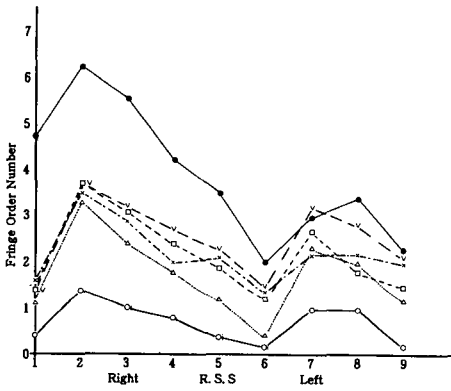


Fig. 20. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Large) of Labio-Buccal Side in Lateral Occlusion,

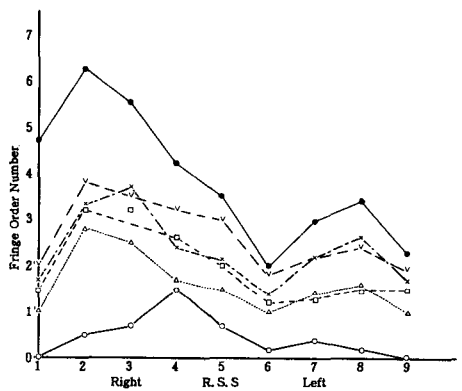


Fig. 21. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Large) of Lingual Side in Lateral Occlusion,

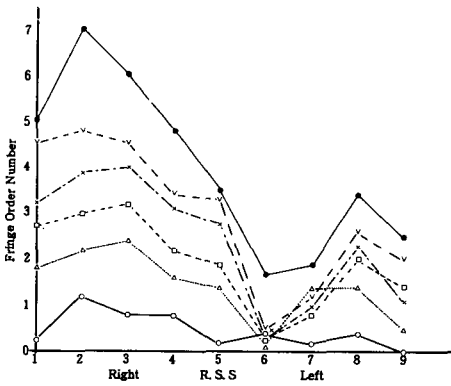


Fig. 22. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Medium) of Labio-Buccal Side in Lateral Occlusion,

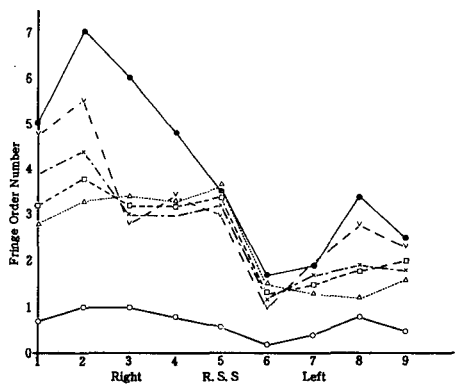


Fig. 23. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Medium) of Lingual Side in Lateral Occlusion,

전방교합시(Table 9, 10, 11, 12, Fig. 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32)는 시편 5부위인 전치부에서 순협측, 설측 모두에서 가장 높은 응력을 나타냈고, 시편 4에서 약간 낮은 응력을 보이다가 시편 3, 7의 소구치부위에서 다시 약간 높아지고 대구치 부위로 가서는 현저히 낮은 응력을 보였다. 최대문너치수만을 총합했을 때의 응력분포, 최대치, 최소치, 좌우대칭(Table 15, Fig. 33)을 보면 시편 9개중 5개가

첨예 치조제, 4개가 정상치조제로 나타났고 레진치는 9개중 7개가 Medium, 1개가 Large Size, 1개는 공유로 나타났다.

순협측, 설측, 치조정 관계를 보면 순협측으로 응력이 작용한 것이 9개중 5개, 치조정이 3개, 공유가 1개로 나타났다.

최소치는 0~0.4사이에서 응력분포가 아주 낮게 나타났고 좌우대칭은 대동소 이하였다.

Table 9. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Large) in Protrusive Occlusion.

M, P R, S, S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	1.1	1.5	1.7	1.0	0.8	0.6	0.8	0.6	1.2	0.9	0.2
2	1.1	1.8	2.4	2.2	2.8	2.6	2.2	1.0	1.4	1.6	1.0
3	1.4	2.0	2.8	3.2	3.4	3.2	3.4	2.8	2.6	2.8	1.5
4	1.1	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	2.6	2.0	2.6	1.3
5	0.8	2.2	3.0	4.0	5.0	5.5	3.2	3.0	3.6	3.4	1.4
6	1.4	1.2	1.8	2.8	2.4	3.2	2.7	2.4	2.3	1.6	1.2
7	1.6	1.8	2.4	2.7	3.2	3.0	3.6	2.7	2.5	2.4	1.8
8	0.6	1.5	2.6	2.0	2.4	2.2	1.8	1.2	1.6	2.2	1.2
9	0.8	1.0	1.2	0.8	0.4	0.4	0.8	1.2	0.8	0.9	0.4

(Unit : Fringe Order Number)

Table 10. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Medium) in Protrusive Occlusion.

M, P R, S, S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	0.5	1.0	1.6	1.4	1.2	2.2	1.5	1.4	1.6	1.0	0.6
2	0.4	2.8	2.2	2.0	2.2	2.8	2.6	1.8	1.4	1.4	1.0
3	0.8	2.2	1.8	2.9	2.9	3.5	2.8	2.4	1.3	1.3	1.8
4	0.6	1.8	2.2	2.4	2.7	3.0	2.5	2.1	1.2	2.1	0.8
5	0.6	1.7	2.4	3.3	5.0	5.5	3.0	2.4	2.6	1.8	0.6
6	0.4	1.2	2.4	2.2	3.4	4.2	1.8	2.0	2.4	2.0	1.0
7	0.8	2.0	2.3	2.8	3.8	3.3	2.2	2.4	1.8	1.4	1.2
8	0.8	2.6	2.0	2.4	3.3	3.0	1.5	1.4	1.6	1.6	0.8
9	0.6	1.2	1.5	2.8	1.5	2.0	1.3	1.1	1.0	0.7	0.4

(Unit : Fringe Order Number)

Table 11. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Large) in Protrusive Occlusion.

M.P R.S.S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	0.4	0.8	0.6	1.0	1.2	1.5	1.3	0.8	1.2	1.8	0.4
2	0.2	1.4	1.0	1.6	1.8	2.5	1.6	1.8	2.1	1.3	1.2
3	0.6	1.9	2.3	2.4	2.8	3.2	2.8	2.6	3.0	2.8	1.4
4	0.4	1.5	1.8	2.5	3.2	4.3	2.8	2.4	2.0	1.5	1.2
5	0.2	2.2	3.2	3.7	4.5	6.2	5.4	3.4	3.3	3.2	1.0
6	0.2	1.5	1.4	1.8	2.0	2.5	2.4	1.8	1.2	1.4	1.0
7	0.0	1.4	1.8	2.2	2.4	3.0	2.8	2.2	2.0	2.0	1.2
8	0.3	1.2	0.8	1.4	2.0	2.6	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1
9	0.2	0.6	0.4	0.8	1.0	1.4	0.9	1.0	1.4	1.6	0.0

(Unit : Fringe Order Number)

Table 12. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Medium) in Protrusive Occlusion.

M.P R.S.S	Labio-Buccal Side					Lingual Side					
	V	8	6	4	2	0	2	4	6	8	V
1	0.0	0.2	0.4	1.0	1.2	1.5	1.0	0.6	0.8	0.4	0.2
2	0.4	1.0	1.2	1.2	1.8	2.7	2.4	2.0	1.5	1.4	0.8
3	0.2	1.0	1.8	2.4	2.4	3.9	2.7	2.3	2.4	2.2	1.3
4	0.4	0.8	1.4	3.2	3.2	4.2	3.2	3.0	3.4	2.8	1.4
5	1.4	2.8	3.2	3.8	4.5	7.0	5.4	5.0	4.5	3.0	1.8
6	0.4	1.4	2.0	2.8	3.5	4.0	2.8	2.4	2.8	2.6	1.8
7	0.4	0.8	2.0	2.5	2.6	3.5	2.3	2.5	2.6	3.0	1.2
8	0.6	0.8	0.9	1.4	1.6	1.8	1.3	1.2	1.6	1.2	0.4
9	0.6	0.6	0.8	1.0	1.4	1.2	0.8	0.6	0.6	0.6	0.0

(Unit : Fringe Order Number)

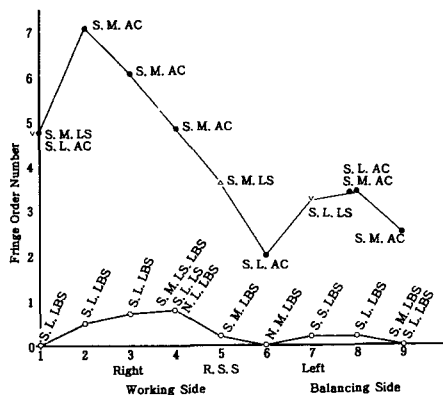


Fig. 24. Maximum and Minimum Fringe Order Number in Lateral Occlusion.

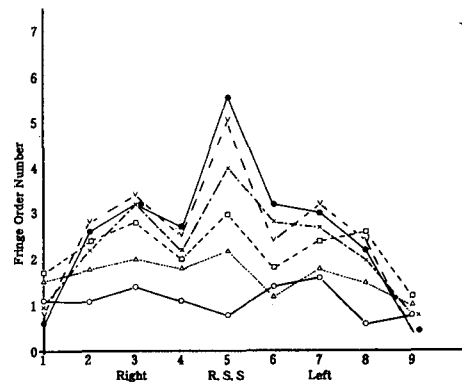


Fig. 25. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Large) of Labio-Buccal Side in Protrusive Occlusion.

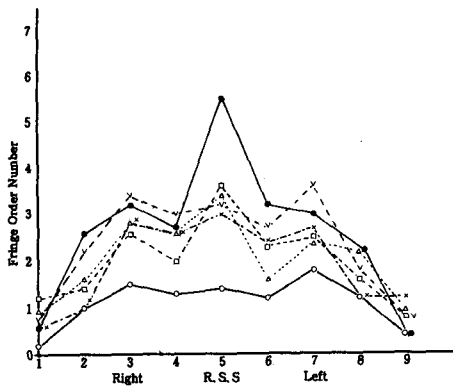


Fig. 26. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Large) of Lingual Side in Protrusive Occlusion.

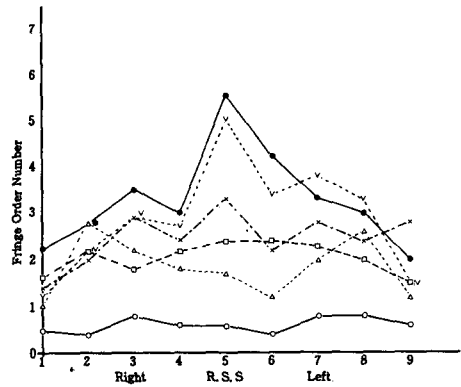


Fig. 27. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Medium) of Labio-Buccal Side in Protrusive Occlusion.

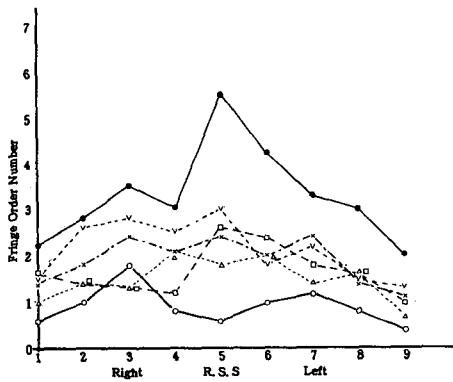


Fig. 28. Fringe Order Number (A, R : Normal, R, T : Medium) of Lingual Side in Protrusive Occlusion.

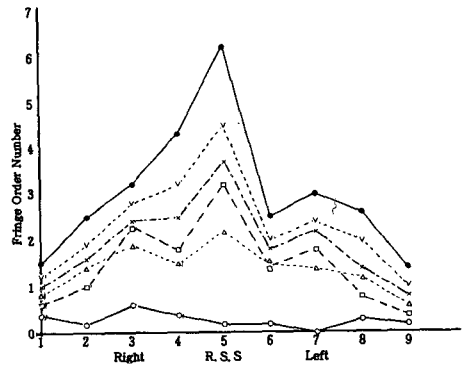


Fig. 29. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Large) of Labio-Buccal Side in Protrusive Occlusion.

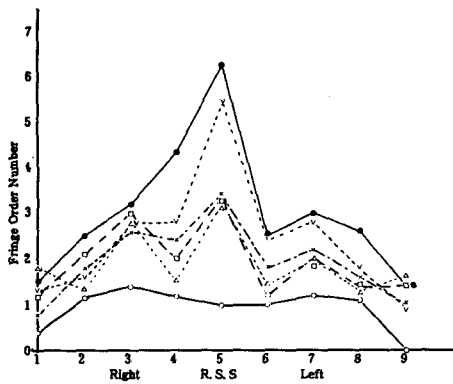


Fig. 30. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Large) of Lingual Side in Protrusive Occlusion.

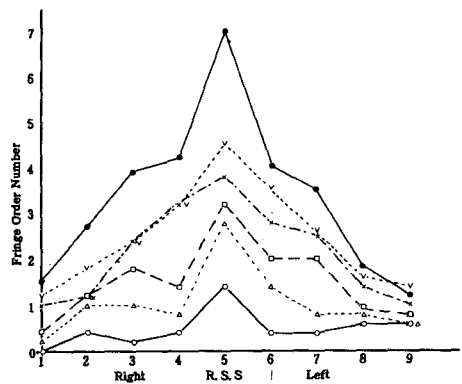


Fig. 31. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Medium) of Labio-Buccal Side in Protrusive Occlusion.

Table 13. Stress Distribution, Maximum Value, Minimum Value and Symmetry of the Right and Left in Centric Occlusion.

Alveolar Ridge Shape Resin Teeth Size	L, B, S L, S	Stress Distribution		Maximum Value		Minimum Value		Symmetry (R-L)
		D	F. O. N	S, S	P (mm)	S, S	P	
A, R : Normal R, T : Large	L, B, S	E H	0-4	3	2	5	V	S
A, R : Normal R, T : Large	L, S	C Lo	1.4-2.8	7	0	8	V	S
A, R : Normal R, T : Large	L, B, S	E H	0-4.3	3,7	2	5	V	S
A, R : Normal R, T : Medium	L, S	C Lo	1.8-2.3	7	8 2	1,2 3,4,9 5,7,8	V	S
A, R : Sharp R, T : Large	L, B, S	E H	0-4.5	8	0	4,5,9	V	S
A, R : Sharp R, T : Large	L, S	C Lo	1.5-2.0	8	0	4	V	S
A, R : Sharp R, T : Medium	L, B, S	E H	0.5	7	2	5	V	S
A, R : Sharp R, T : Medium	L, S	C Lo	1.8-3.7	3,7 0	4	9	V	S

* L, B, S : Labio-Buccal Side
L, S : Lingual Side
D : Distribution
F. O. N : Fringe Order Number
S, S : Slice Specimen

P : Position
S : Similar
R : Right
L : Left

C : Concentration
E : Extensive
H : High
Lo : Low

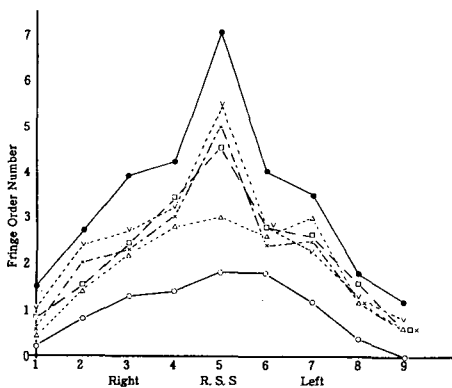


Fig. 32. Fringe Order Number (A, R : Sharp, R, T : Medium) of Lingual Side in Protrusive Occlusion.

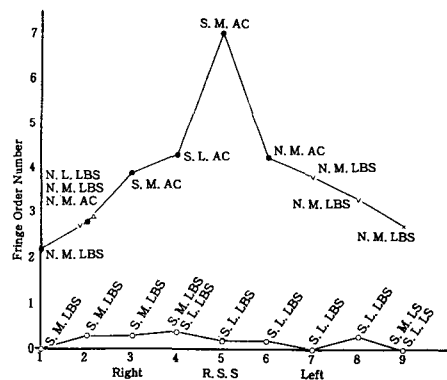


Fig. 33. Maximum and Minimum Fringe Order Number in Protrusive Occlusion.

Table 14. Stress Distribution, Maximum Value, Minimum Value and Symmetry of the Right and Left in Lateral Occlusion.

Alveolar Ridge Shape Resin Teeth Size	L, B, S L, S	Stress Distribution		Maximum Value		Minimum Value		Symmetry (R-L)
		D	F. O. N	S. S	P (mm)	S. S	P	
A, R : Normal R, T : Large	L, B, S	E (R) H C (L) Co	0.7-5.5 1-2.3	2	0	6	V	E (R) H C (L) Lo
A, R : Normal R, T : Large	L, B, S	E (R) H C (L) Lo	0.6-5.5 1.1-2.8	2	0	6	V	E (R) H C (L) Lo
A, R : Normal R, T : Large	L, B, S	E (R) H C (L) Lo	0-3-6 0.4-1.9	2	0	6	V	E (R) H C (L) Lo
A, R : Normal R, T : Medium	L, S	E (R) H C (L) Lo	0-5-6 0.4-1.9	2	0	6	V	E (R) H C (L) Lo
A, R : Sharp R, T : Large	L, B, S	E (R) H C (L) Lo	0-6.2 1-2.6	2	0	6	V	E (R) H C (L) Lo
A, R : Sharp R, T : Large	L, S	E (R) H C (L) Lo	0.4-6.2 1.2-2.7	2	0	6	V	E (R) H C (L) Lo
A, R : Sharp R, T : Medium	L, B, S	E (R) H C (L) Lo	0.2-7 1-2	2	0	6	8	E (R) H C (L) Lo

총괄 및 고안

일반적으로 치과분야에서 생체역학 연구는 구강 내의 복잡한 구조와 생리로 인해 대부분 구강밖에서 구강내 조건과 유사하게 재현시켜 분석하는데 최근에는 광탄성 응력분석과 유한요소 분석 방법을 많이 사용하고 있으며 광탄성응력분석 방법은 인상재료, 인상채득방법, 인공치배열, 기공과정 등 많은 문제점들이 있지만 일정한 조건하에서의 응력분포 비교는 가능할 것으로 사료된다. 의치는 잔존치조골에 응력을 분산시키므로써 지지골의 변성과 흡수가 초래될 수 있으며 따라서 총의치를 제작, 장착시 나타나는 지지골의 형태 및 인공치 크기의 차이는 교합응력의 지지골 전달에 많은 영향을 미치고 있다.

Swoops 등(1966)은 Strain Gauges를 이용하여

하악의치의 변형을 연구한 바 의치 교합면의 면적이 작을 경우 의치변형에 큰 영향이 없었으나 구치교 두각도의 감소는 의치상의 변형을 크게 감소시켰다고 보고하였다.

중심교합에서는 순협측으로 응력이 높고, 광범위하게 나타났으며 설측에서는 응력이 어느 정도 낮고 밀집된 분포상을 보였으며 전치부에서도 다소 높은 응력을 보였다. 시편 3, 7의 소구치 부위에서 매우 높은 응력 분포를 보이다가 시편 2, 8, 4, 6, 5, 1, 9 Retromolar Pad 부위 순서로 낮은 응력분포를 나타냈다. 이것은 Craig 등(1974), Lopuck 등(1978), 조(1982)의 연구보고와 상통하며 조(1982)는 조(1982)는 의치교합 경사면이 조직 경사면과 상호 작용해서 하악에 Torquing을 야기함으로써 나타나는 현상으로 설명했으며 순협측이 설측보다 높은 응력을

Table 15. Stress Distribution, Maximum Value, Minimum Value and Symmetry of the Right and Left in Protrusive Occlusion.

Alveolar Ridge Shape Resin Teeth Size	L, B, S L, S	Stress Distribution		Maximum Value		Minimum Value		Symmetry (R-L)
		D	F. O, N	S: S	P (mm)	S, S	P	
A, R : Normal R, T : Large	L, B, S	C	1.0-3.2	5	0	9	2 0	S
A, R : Normal R, T : Large	L, S	C	0.8-3.5	5	0	1	V	S
A, R : Normal R, T : Medium	L, B, S	C	0.8-3	5	0	1	V	S
A, R : Normal R, T : Medium	L, B, S	C	0.8-3	5	0	1	V	S
A, R : Sharp R, T : Large	S, B, S	C	0.6-2.6	5	0	7	V	S
A, R : Sharp R, T : Large	L, S	C	0.8-3.4	5	0	9	V	S
A, R : Sharp R, T : Medium	S, B, S	E	0-7	5	0	1	V	S
A, R : Sharp R, T : Medium	L, S	C	0.4-5.4	5	0	9	V	S

나타났다. 전치부에서도 약간 높은 응력을 나타내므로써 Koran 등(1974)의 전치부에 낮은 응력이 발생한다는 보고와 비슷하며 이에 대해 Craig 등(1974)은 전치부에 전혀 응력을 받지 않는다고 하였고, Lopuck(1978)은 전치부에 응력이 집중된다고 보고하였다.

최대무늬 치수의 총합(Fig. 15, 24, 33)을 분석해 보면 9개의 시편중 침에 치조제 5개, 정상 치조제가 4개 레진치는 Medium Size 7개, Large Size가 2개로 나타났는데 임상적으로는 위의 통계만으로 총의치를 제작할 수 없으며 구강내 여러 조건을 고려하여 총의치를 설계, 제작하는 것이 이상적이라고 사료된다.

측방교합에서는 작업측이 평형측에 비해 응력이 높고 광범위하며 반대로 평형측은 응력이 다소 낮고 밀집상을 보였다. 이는 양측성 균형교합으로 의치를 광탄성 실험을 한 Koran 등(1974), 김(1981), 조(1988)의 연구보고와 비슷하며 이는 작업측의 상하

협설교두가 양측성으로 접촉하고 평형측보다 더 많은 교합압이 수직으로 발휘되므로 작업측이 평형측보다 응력분포가 광범위하고 높게 나타난 반면 평형측은 레진치가 치조정을 이탈하여 상악 설측교두와 하악 협측교두가 축외로 편위 접촉하므로 평형측의 응력분포가 작업측에 비하여 낮고, 밀집되게 나타난 것으로 사료된다.

최대무늬치수만을 총합해 보면 응력이 높게 작용한 부위는 치조정이고 레진치는 Medium Size가 5개로 나타났고, 시편 9개 모두가 침에 치조제에서 나타났다.

전방교합에서는 뚜렷한 좌우대칭적 응력분포 형태를 나타내면서 시편 5부위의 치조정에서 가장 높은 응력이 나타난 다음 급격한 응력의 감소로 시편 4, 6부위, 3, 7부위, 2, 8부위, Retromolar Pad 부위의 순으로 가장 낮은 응력분포를 나타냈다.

특히 시편 2, 8부위와 시편 1, 9부위에서는 순협

측으로 시편 5, 4, 6부위는 치조정으로 응력분포가 나타났다.

즉 총의치를 응력분포로 분석해 볼때 재료, 가공과정, 환자의 구강상태 특히 치조제의 형태 등을 고려함으로써 환자가 총의치를 구강내 장착했을 때 치조제의 어느 한곳에 응력이 집중하지 않고 낮고, 광범위하게, 분산시키므로써 저작시 안정과 통증감소, 편안감을 충족시킬 수 있다고 사료된다.

결 론

저자는 정상 무치악 치조제와 이를 약간 변형시켜 제작한 첨예 무치악치조제를 이용하여 Silicone Rubber Mold를 만든 다음 광탄성재료인 Epoxy Resin을 주입하여 정상치조제와 첨예 치조제 두종류의 무치악 모형을 상·하악 모두 24개 제작했고 또 다른 두종류의 Large Size와 Medium Size의 인공레진치를 사용하여 통법에 따라 제작한 총의치를 그 위에 부착해서 교합기에 고정한 다음 정적인 일정한 상태에서 중심교합, 측방교합, 전방교합의 총의치교합상태에서 응력분포상태를 분석하기 위해 3차원적 광탄성 응력분포상태를 분석하기 위해 3차원적 광탄성 응력 동결법에 따라 부위별로 9개의 시편을 두께가 6mm 되도록 절단하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 중심교합시 순협측에서 응력분포가 높고 광범위하게 나타났고 설측에서는 낮고 밀집된 상을 보였다. 일반적으로 치조정이나 치조정 하방 2mm, 시편 2, 3에서 가장 높은 응력을 나타냈고 좌우대칭은 대동소이 했다. 최대무늬치수의 총합을 보면 최대무늬치수는 우측시편 3의 순협측과 좌측 8의 치조정이며 9개의 시편중 첨예 치조제는 5개, 정상치조제는 4개이고 레진치는 Medium Size가 7개, Large Size가 2개로 나타났다. 또한 응력은 6개가 순협측, 3개가 치조정으로 나타났다.
2. 측방교합시 동일하중을 가했을 때 작업측은 순협측, 설측 모두에서 응력이 높고 광범위하게, 평형측에서는 낮고 밀집상을 보였다.

응력이 가장 높은 부위는 작업측의 시편2 부위의 치조정으로 나타났으며 가장 낮은 응력은 평형측의 시편6 부위로 나타났다.

평형측의 Retromolar Pad 부위에서도 약간 높은 응력을 보였다. 최대무늬치수를 총합 분석해 보면 시편 9개 모두에서 첨예 치조제로 나타났으며 레진치크기는 시편 9개중 Medium Size가 5개, Large가 2개, 공유가 9개중 7개, 설측이 1개, 공유가 1개로 나타났다. 좌우대칭 관계는 작업측이 높고 광범위하게, 평형측이 낮고 밀집되게 나타났다.

3. 전방교합시는 전치부의 순협측, 설측에서 매우 높고, 광범위한 응력을 나타냈으며 대구치부위에서 현저히 낮아지면서 시편 1, 9부위까지 계속 낮게 진행된 응력을 보였다.

최대무늬치수만의 총합을 보면 최대무늬치수는 시편 5와 7부위이고, 첨예 치조제가 5개, 정상치조제가 4개로 나타났고 레진치는 Medium이 7개, Large Size가 1개, 공유는 1로 나타났다.

또한 응력이 순협측으로 작용한 것이 5개, 치조정이 3개, 공유가 1개로 나타났으며 좌우대칭은 대동소이 하였다.

REFERENCES

- Atwood DA. : Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridge. *J Prosthet Dent* 12 : 441, 1962.
- Atwood DA. : Reduction of residual ridges : A major oral disease entity. *J Prosthet Dent* 26 : 266-279, 1971.
- Atwood DA, Coy WA. : Clinical cephalometric and densitometric study of reduction of residual ridges. *J Prosthet Dent* 26 : 280-295, 1971.
- Baeten LR. : Canine retraction : Photoelastic study. *Am J Ortho* 67 : 11-23, 1975.
- Brodsky JF, Caputo AA, Furstman LL. : Root tipping ; Photoelastic - histopathologic correlation. *Am J Ortho* 67 : 1-10, 1975.
- Bulletin 10-C : Strain gauge instrument. Photoelastic Inc Malvern PA U. S. A.
- Bulletin S-109-A : Brittle coating for stress analysis. Photoelastic Inc Malvern PA U. S. A.
- Bulletin TDG-2-A : Moir'e method of stress analysis. Photoelastic Inc Malvern PA U. S. A.

- Crain RG, El - Ebrashi MK, Lepeak PJ, Peyton FA. : Experimental stress analysis of dental restorations. part I. Two-dimensional photoelastic stress analysis of inlays. *J Prosthet Dent* 17 : 277 - 291, 1967.
- Craig RG, El - Ebrashi MK, Peyton FA. : Experimental stress analysis of dental restorations. part II. Two-dimensional photoelastic stress analysis of crowns. *J Prosthet Dent* 17 : 292 - 302, 1967.
- Craig RG, Farah JW, El - Tahawi HM. : Threedimensional photoelastic stress analysis of maxillary complete dentures. *J Prosthet Dent* 31 : 122 - 129, 1974.
- El - Ebrashi MK, Craig RG, Peyton FA. : Experimental stress of dental restorations. part IV. The concept of parallelism of axial walls. *J Prosthet Dent* 22 : 346 - 353, 1969.
- El - Ebrashi MK, Craig RG, Peyton FA. : Experimental stress analysis of dental restorations. part VII. structural design and stress analysis of fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 23 : 177 - 186, 1970.
- Epker BN, Frost HM. : Correlation of bone oral disease entity. *J Prosthet Dent* 44 : 33 - 41, 1965.
- 엄기영, 유광희 : 무치악 잔존치조제 형태와 총의치 인공치 교두각도에 따른 3차원적 광탄성응력분석. *한양의대학술지* 10(2) : 751 - 770, 1990.
- Fisher DW, Caputo AA, Shillingburg JrHH. and Duncanson, JrMG. : Photoelastic analysis of inlay and only preparations. *J Prosthet Dent* 33 : 47 - 53, 1975.
- Glickman I, Roeber FW. : Photoelastic analysis of internal stress in the periodontium created by occlusal force. *J Periodontal* 41 : 30, 1970.
- 임정규 : 치과보철물의 인접 변연부위에 작용하는 Stress에 관한 광탄성학적분석, *대한치과보철학회지* 18 : 37 - 47, 1980.
- 이성민, 유광희 : 형상기억 임프란트에 의해 지지되는 총의치의 교합 형태에 따른 3차원적 광탄성응력 분석, *한양의대학술지* 11(1) : 459 - 503, 1990.
- 조인호 : 총의치 교합 형태에 따른 3차원적 광탄성응력분석. *대한치과과의사협회지* 20(11) : 945 - 966, 1982.
- 조원행 : 가공의치에 작용하는 Stress에 관한 광탄성학적 분석. *대한치과보철학회지* 18 : 15 - 33, 1980.
- Kelsey CC. : Alveolar bone resorption under complete denture. *J Prosthet Dent* 25 : 152 - 161, 1971.
- 김준영 : 구치부 Inlay 수복물에 작용하는 Stress에 관한 광탄성학적 분석. *대한치과과의사협회지* 19 : 593 - 608, 1981.
- 김광호 : 각종 Head gear를 사용한 정형력이 두개 안면골에 미치는 영향에 대한 광탄성학적 연구. *연세치대논문집* 4 : 137 - 147, 1987.
- Koran A, Craig RC. : Three - dimensional photoelastic stress analysis of maxillary and mandibular complete dentures. *J Oral Rehab* 32 : 493 - 500, 1974.
- Lopuck S, smith J, Caputo A. : Photoelastic comparison of posterior denture occlusions. *J Prosthet Dent* 40 : 18 - 22, 1978.
- Lopuck S, Smith JA. : Photoelastic comparison of posterior denture occlusions. *J Prosthet Dent* 40 : 18 - 22, 1978.
- Neufeld JO. : Changes in the trabecular pattern of the mandible following loss of the teeth. *J Prosthet Dent*. 8 : 685, 1958.
- Ortman CC. : Alveolar bone resorption of the residual ridge. *J Prosthet Dent* 12 : 429 - 440, 1962.
- Plotnick IR. : Stress regulator for complete and partial dentures. *J Prosthet Dent* 17 : 166 - 171, 1967.
- Sheppard IM, Sheppard SM. : Denture occlusion. *J Prosthet Dent* 26 : 468 - 475, 1971.
- Swoope CC, Kydd WL. : The effect of cusp form and occlusal surface area on denture base deformation. *J Prosthet Dent* 16 : 34 - 43, 1966.
- Tallgren AT. : The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wears. : A mixed longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent* 27 : 120 - 127, 1972.
- Wright C. : Evaluation of the factors necessary to

- develope stability in mandibualr dentures. *J Prosthet Dent* 16 : 414-430, 1964.
- Wical KE, Swoope CC. : Studies of residual ridge resorption. part I. Use of panoramic radiographs for evaluation and classification or mandibular resorption. *J Prosthet Dent* 32 : 7-12, 1974.
- Wical KE, Swoope CC. : Studies of residual ridge resorption. part II. The relationship of dietary calcium and phosphorus to residual ridge resorption. *J Prosthet Dent* 32 : 13-21, 1974.
- Worner HK. : Gnathodynamics the measurement of biting force with a new design of gnathodynamometer. *Australian J Dent* 43 : 381-393, 1939.
- 윤성일 : 치관보철물에 작용하는 Stress에 관한 광탄성학적 분석. *대한치과 의사협회지* 17 : 47-55, 1979.

THREE DIMENSIONAL PHOTOELASTIC ANALYSIS OF STRESS OF EDENTULOUS MANDIBULE ACCORDING TO VARIOUS RIDGE SHAPES AND ARTIFICIAL TEETH SIZES

Chang Deog Choi, Kwong Hee Yoo

Department of Dentistry, College of Medicine, Hanyang University

Electrical resistance strain gauges, brittle-coatings, Moir'e fringe analysis, photoelasticity methods, etc, have been employed in the study of stress analysis and three-dimensional photoelasticity method used in this experiment.

The author fabricated a total of 24 samples of maxillary and mandibular edentulous ridges with normal and sharp shapes using epoxy resin, one of the photoelastic materials.

In addition, complete denture made from artificial resin teeth in other two sizes, large and medium size, were affixed to the specimens and attached to an articulator.

The following results were attained by cutting 9 slice specimens into 6mm thick portions, in accordance with the three dimensional photoelastic stress freezing method, to analyze stress distribution status under specific static loading in the central, lateral and protrusive occlusions of the shape of edentulous ridge.

1. In the case of central occlusion, when complete resin artificial teeth in large and medium sizes were used on normal and sharp alveolar ridges, high stress distribution was broadly shown in the labio-buccal sides, and low and concentrated in the lingual sides, in all cases.

Generally, the highest stresses were shown at the top of the alveolus, or at 2mm below the top of the alveolus, particularly in the specimen 2, 3, and stresses were more or less the same in the symmetrical right and left sides.

2. In the case of lateral occlusion, when the same load was applied, high stresses were shown broadly at the working sides in both the labio-buccal and lingual sides, and low and concentrated at the balanced sides.

The highest stresses were shown in the top of the alveolus on the working sides in specimen 2 portion, and the lowest stresses at the balanced sides in specimen 6, slightly higher stresses were shown at retromolar parts in the balanced sides.

3. In the case of protrusive occlusion, high stresses were broadly shown at the labio-buccal sides, and slightly higher stresses at the top 2, 4, and 6mm parts of the alveolus with concentration.

The highest stresses were shown in specimen No. 5 and the lowest stresses in specimen 1, 9 and stresses were more or less the same at the symmetrical right and left sides.

□ 최창덕외 : 논문 사진부도 및 설명(1) □

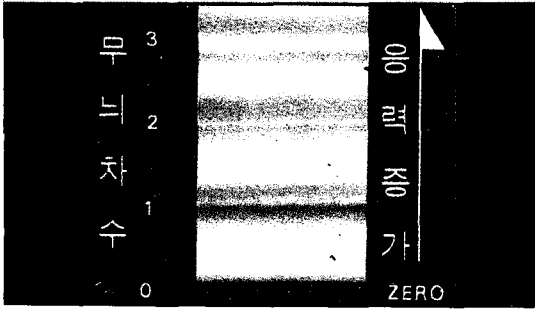


Fig. I. Fringe Order Number

- N : Normal Ridge
- S : Sharp Ridge
- S T : Large Teeth
- M T : Medium Teeth
- S S : Slice Specimen
- O : Occlusion

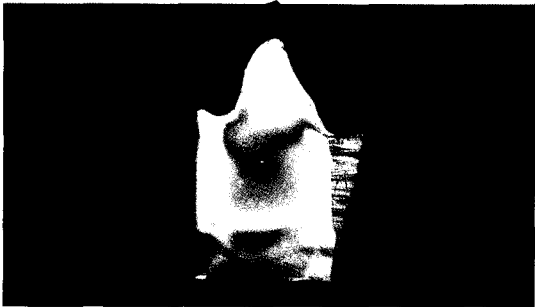


Fig. I-a. Centric occlusion (N-MT). SS-6

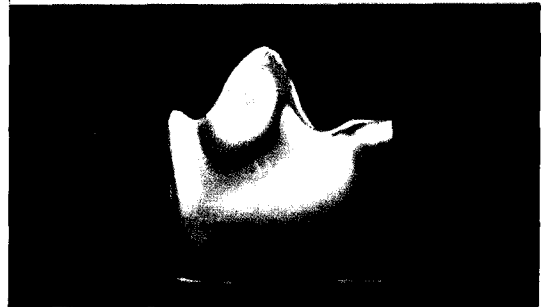


Fig. I-b. Centric occlusion (N-LT). SS-7

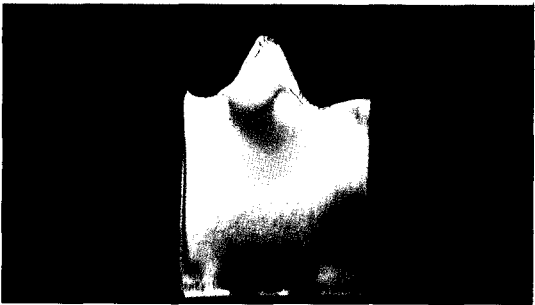


Fig. I-c. Centric occlusion (S-MT). SS-7



Fig. I-d. Centric occlusion (S-LT). SS-9

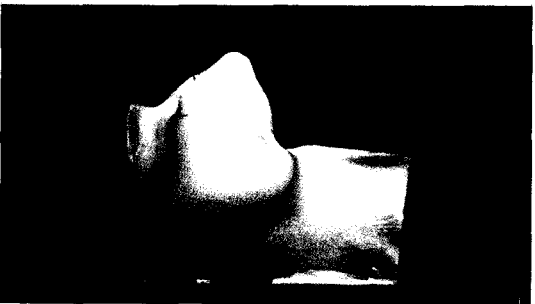


Fig. I-e. Centric Occlusion (N-MT). ss-9

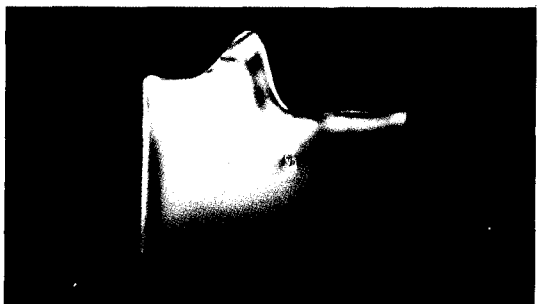


Fig. II-a. Protrusive occlusion (S-MT). SS-9

□ 최창덕외 : 논문 사진부도 및 설명 (2) □

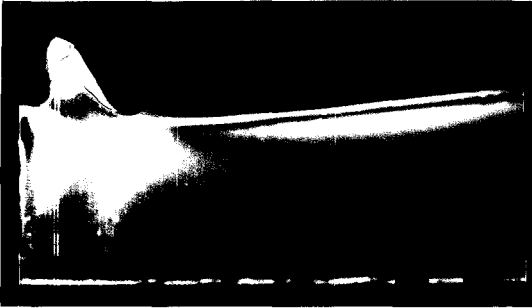


Fig. II-b. Protrusive occlusion (N-MT). SS-5

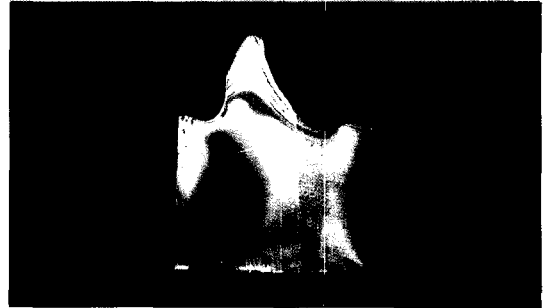


Fig. II-c. Protrusive occlusion (N-LT). SS-4

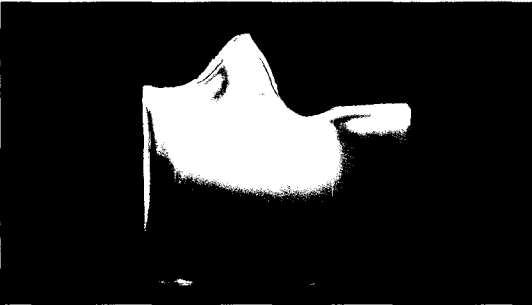


Fig. II-d. Protrusive occlusion (S-LT). SS-8



Fig. II-e. Protrusive occlusion (S-MT). SS-6

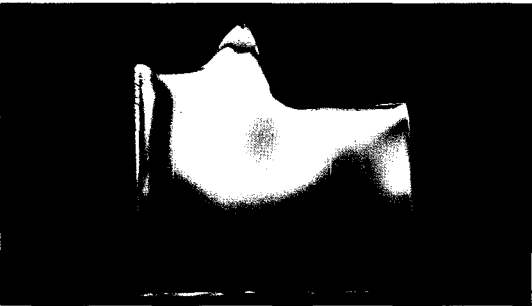


Fig. III-a. Lateral occlusion (S-LT). SS-1

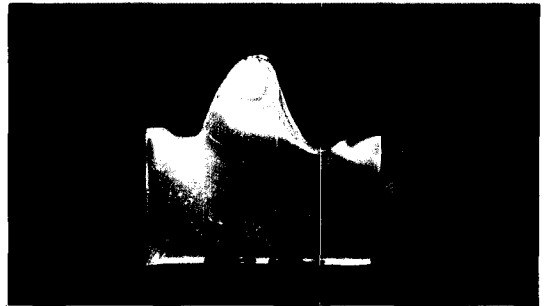


Fig. III-b. Lateral occlusion (N-LT). SS-3



Fig. III-c. Lateral occlusion (S-LT). SS-9

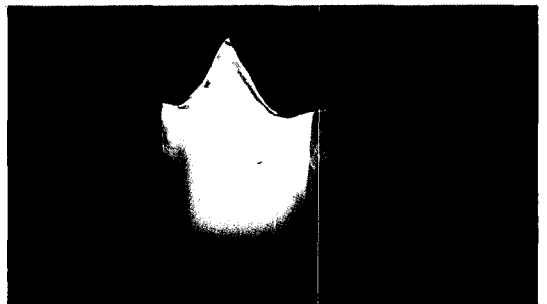


Fig. III-d. Lateral occlusion (S-MT). SS-6