

Lingualized Occlusion에 의한 하악응력의 광탄성학적 분석

조선대학교 치과대학 보철학교실

김 상 수 · 정 재 현

- 목 차 -

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
 - 1. 실험재료
 - 2. 실험방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록
- 사진부도

I. 서 론

총의치의 제작시 의치의 유지 및 안정을 최대한으로 도모하여 저작계의 여러 조직에 전달되는 파괴적인 응력을 최소화하는 것은 매우 중요하다. 특히 하악은 이러한 응력에 대해 민감하여 퇴행성 변화를 일으키기 쉬우며, Atwood⁴⁾와 Tallgren^{37,38)}은 의치 기능하에서 상악보다 하악에서 4배 정도 치조골 흡수가 심하다고 보고하였다. 이러한 응력을 최소화하기 위하여 치아형태, 치아재료, 치아의 배열과 의치상 재료에 대한 많은 연구가 있어왔다^{28,35,39,40)}. 특히 총의치 교합과 관련하여 의치의 유지 및 안정성에 대한 많

은 연구가 이루어져 왔으며, 최근에는 총의치 교합의 형태에 따라 의치의 하부조직에 미치는 응력의 분포에 관해 많은 관심을 보이고 있다.^{6,16,18,27,29,31)}

총의치의 교합을 통하여 의치의 유지 및 안정을 얻는 방법으로 Mehringer²⁹⁾는 환자 개개인의 과두운동로와 조화를 이루며 양측성으로 균형 교합을 이룰 수 있도록 치아를 배열하는 physiologically generated occlusion을 주장하였고, Payne^{32,33)}과 Pound⁴¹⁾는 협설 교두각을 20° 정도로 낮추고 횡주능선과 변연능선을 제거한 하악치아에 상악 설측교두만을 교합시키고 그 외의 모든 교합접촉을 제거함으로써 상하악 치아간의 교합접촉을 최소화하여 저작효율을 높이고, 양측성 균형교합을 보다 쉽게 얻으며, 교합력의 방향을 보다 중심화함으로써 의치의 안정을 도모한다는 lingualized occlusion을 제시하여 Murrell³⁰⁾, Kelly²²⁾, Gronas¹⁹⁾ 등에 의해 호응을 받았다. 또한 Becker⁵⁾는 lingualized occlusion으로 배열한 의치에서는 일반적인 의치의 교합에서 쉽게 발생할 수 있는 측방 교합간섭이나 근원심 교합간섭의 가능성을 최소화하여, 이들 교합간섭에 의해 발생할 수 있는 의치의 미끄러짐을 방지할 수 있어서 의치의 안정에 크게 도움을 줄 수 있다고 보고하였다. 또한 Harold²⁰⁾는 30명의 무치악 환자에서 monoplane occlusion과 lingualized occlusion으로 배열한 의치를 각각 제작하고 의치 조절회수, 환자의 저작능력과 교합의 선호도

를 조사한 결과 lingualized occlusion으로 배열한 의치가 의치 조절회수도 적었으며 환자중 66.67%가 lingualized occlusion으로 배열한 의치를 선호했다고 보고하였다. 그러나 이러한 lingualized occlusion으로 배열한 의치가 하악골에 미치는 응력의 양상에 대해서는 현재까지 거의 연구가 없는 실정이므로 lingualized occlusion으로 배열한 의치가 여러가지 기능운동시에 하악골에 미치는 응력의 양상에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

일반적으로 치과학에서 응력의 양상을 실험적으로 분석하는 방법에는 Brittle lacquer coating³⁶⁾, Strain gauge measurement^{17,24,26)}, 광탄성 응력분석^{2,3,10,11,25,28)}, 유한요소분석^{1,7)} 등이 있는데, 그중 광탄성 응력분석은 실험조건을 생체와 비슷하게 광탄성 모형으로 재현하여 그 내부응력을 관찰하는데 적절한 실험방법으로서, 치과분야에서는 Craig, El-Ebrashi, Peyton^{12,13,14,15)} 등에 의해서 연구되어져 왔다. 특히 Craig, Koran²⁵⁾, Alvi³⁾ 등은 의치의 기능운동시 악골에 전달되는 응력에 관한 광탄성 분석을 보고한 바 있다.

이에 본 논문에서는 Payne^{32,33)}과 Pound⁴²⁾가 제시한 lingualized occlusion으로 배열한 총의치에서 중심교합, 측방교합 및 전방교합시의 하악 응력 분포상태를 15 kg의 정적인 가력상태에서 3차원적인 광탄성 응력분석법을 이용, 연구하여 지견을 얻었기에 다음과 같이 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

A. 실험 재료

무치악 rubber mold (402 U/L, NISSIN DENTAL PRODUCT Inc., Made in Japan)를 공업용 silicone으로 복제한 mold를 이용하여 Epoxy resin (PLM-4, Measurements, stress optical constant : 60 psi / fringe / in) 모형(Fig.1)을 제작하였다.

3차원적인 광탄성 실험시에 가해지는 열에 의

해 acrylic resin 의치상은 변형될 수 있으므로, 이를 방지키 위해서 금속(SANKIN CB 80, Made in Japan) 의치상으로 제작하였다. 그 위에 Trubyte 30° Anatomic (Trubyte® Biotone®, Dentsply Ind. E. Com. LTDA) 치아를 사용하였다.

각 교합상태에서의 정적인 가력상태를 유지하기 위해 Dentatus Model Type ARO 교합기를 사용하였다.

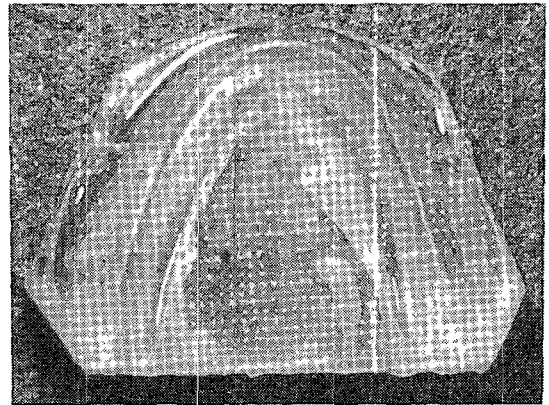


Fig. 1. Epoxy resin cast.

B. 실험방법

1. 총의치 제작

a. 무치악 rubber mold에 경석고를 부어서 상하악 무치악 모형을 제작하고, 하악 무치악 모형의 치조제 위에 나중에 치조점막의 두께를 재현키 위해 1.5 mm의 균일한 두께로 wax spacer를 부가하고 인상을 채득하여 wax spacer가 부가된 하악모형을 재제작한 다음 상악 무치악 모형상에서 0.5 mm 두께의 wax를 깔고 이를 통법에 의해 매몰, 주조(Metal : SANKIN CB 80, Made in Japan)하여 금속 의치상을 제작하였다.

b. 금속 의치상위에 통법에 따라 wax occlusal rim을 형성하고 적절한 교합고경을 결정한 뒤에 교합기의 중앙에 위치되도록 장착하였다. 이때 교합기의 전방 가로경사는 30°로, 측방 가로경사는 15°로, 절치유도는 10°로 고정하였다.

c. 먼저 상하악 전치를 2 mm의 수평피개와 0 mm의 수직피개를 갖도록 배열한 다음 하악 구치부

는 하악 견치의 교두정과 후구치 삼각부의 중양을 잇는 선이 각 치아를 반분하도록 하며 각 협설교두가 수평이 되도록 배열하면서 적절한 조절만큼을 부여하고, 하악 전 교합면의 횡주능선을 stone으로 제거하여 협설 교합면 경사가 20°가 되도록 하였다. 상악 구치부 역시 각기 배열 전에 모든 능선을 제거하고 협측교두의 높이를 약 1mm 정도 삭제한 후 Fig.2-A와 같이 상악 설측교두가 하악에 형성한 골(groove)의 중앙에 접촉되게 배열하였다.

d. 교합기를 좌우로 움직여 Fig.2-B와 같이 상악 설측교두에 의해서만 양측성 균형교합을 이루도록 조절하고, 전방교합시에도 전치와 모든 구치의 설측교두가 균형접촉을 이루도록 조절한 후, 통법에 의하여 의치를 완성하고 remounting하여 교합조정을 시행하였다.

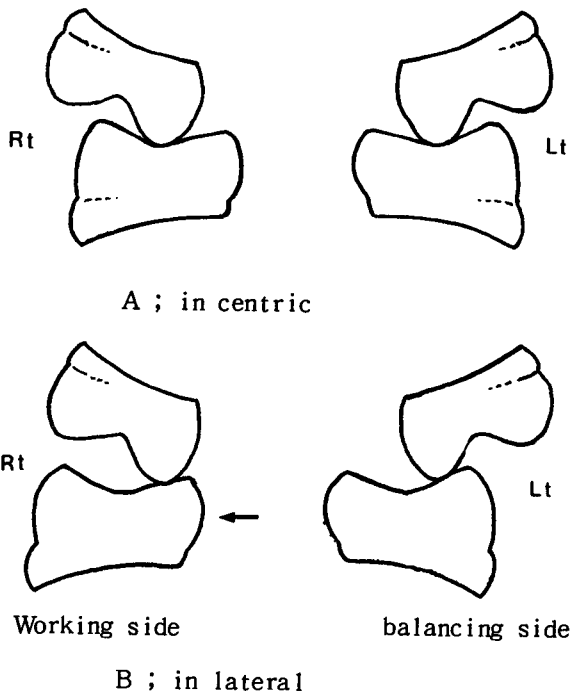


Fig. 2. Diagram of lingualized occlusion.

2. Epoxy resin 모형 제작 및 교합기 장착

하악 무치악 rubber mold (402L, NISSIN DENTAL PRODUCT Inc., Made in Japan)을 공업용 silicone으로 3개 복제하여 mo-

ld의 내면에 silicone wax계의 분리제를 도포하고, 적량의 Epoxy resin과 경화제(중량비 100/40)와 함께 응력동결로 (PA 2, RIKEN KEIKE FINE INSTRUMENT Co. LTD., made in Japan)내에 넣고 105°C에서 12시간동안 유지한 후, Epoxy resin에 경화제를 섞고 6시간 동안 혼합하여 mold내에 기포가 생기지 않도록 붓고 Fig.3과 같이 시간에 따라 온도를 조절하여 Epoxy resin 모형을 제작하였다.

제작된 하악 Epoxy resin 모형에 이전에 제작했던 wax spacer을 끼우고 하악의치에 장착하여 이를 remounting에 의해 원래의 위치에 고정된 상악의치에 중심교합 상태로 위치시킨 후 하악 Epoxy resin 모형을 교합기의 하부구조에 부착하고, wax spacer에 해당하는 부위를 치과용 silicone 인상재(Exaflex, Type I, G-C DEN TAL INDUSTRIAL Corp., Tokyo, Japan)로 대체하여 접착의 두께를 재현하였다.

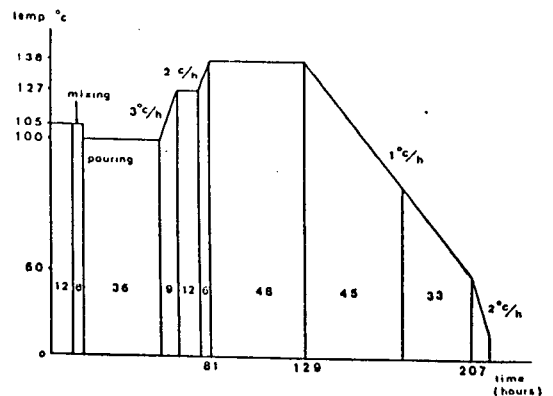


Fig. 3. Curing cycle for fabrication of epoxy resin cast.

3. 하중 및 응력동결

a. 전술한 처리가 끝난 후 이를 응력동결로 내의 하중기구(Fig.4)에 위치시키고, Fig.5와 같이 시간에 따라 온도를 조절하면서 교합기의 상악 부착용 Nut의 중앙부에 15kg의 적정하중을 주어 응력을 동결시켰다.

b. 측방교합과 전방교합시에는 각각의 경우에서 위의 처리를 반복한 후 교합기의 condyle head와 condylar guidance 구조 사이에 특수

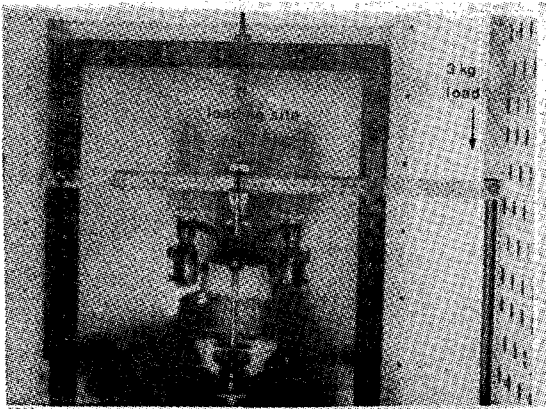


Fig. 4. Loading device in stress freezing furnace.

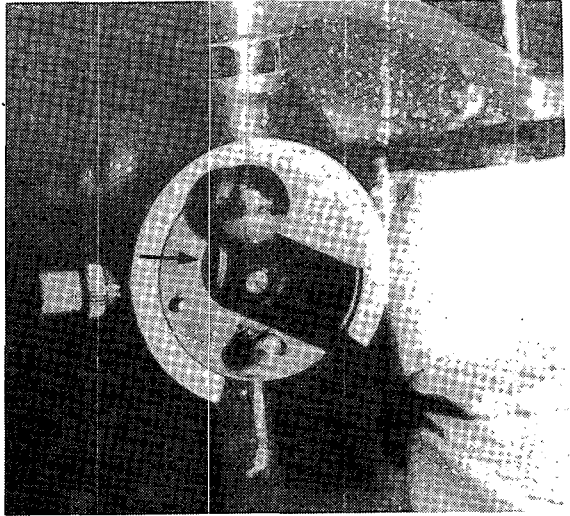


Fig. 6. Special spacer for position maintenance.

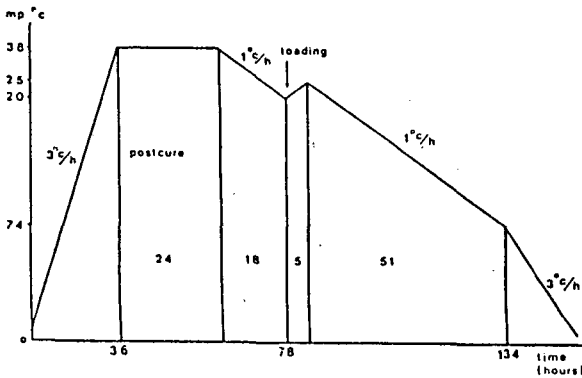


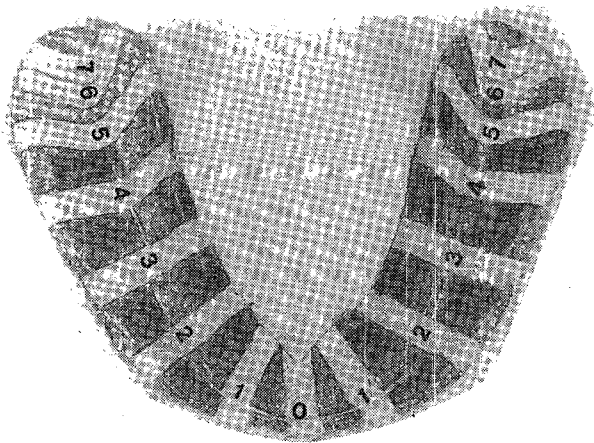
Fig. 5. Curing cycle for stress freezing.

제작한 spacer (Fig. 6)를 끼워 위치를 고정하고 동일한 하중 조건하에서 응력을 동결시켰다.

4. 응력분석방법

a. 시편제작

응력이 동결된 하악 무치악 Epoxy resin 모형을 수냉식 공업용 Diamond Disc Saw를 이용하여 가능한 치조정 폭선에 상하 좌우로 수직되게 Fig.7 과 같이 15부위로 절단하여 각 시편을 얻은 후 이를 sand paper와 활택용 용으로 연마하여 두께는 4 mm가 되도록 하였다.



- 0 : 중절치 근심부
- 1 : 측절치 원심부 및 견치 근심부
- 2 : 제 1 소구치 중심부
- 3 : 제 2 소구치 원심부 및 제 1 대구치 근심부
- 4 : 제 1 대구치 원심부
- 5 : 제 2 대구치 중심부
- 6 : 후구치 삼각부 전방
- 7 : 후구치 삼각부 후방

Fig. 7. Region for slice specimen.

b. 응력분석장치 및 이론

본 실험에서는 Transmission Circular Polariscopes (PA 300. RIKEN KEI KE FINE INSTRUMENT Co. LTD., Made in Japan) 를 사용하였는데 이의 기본구조는 Fig.8과 같았다.

III. 실험성적

전술한 방법으로 채취한 각 시편에서 10개 부위를 선정하고 무늬차수를 구하여 Table 1, 2, 3을 통해 나타내었다(Fig.9).

또 이를 중심교합, 측방교합, 전방교합의 각 경우에서 중앙부, 협측부, 설측부로 나누어 Fig. 10 ~ 12, 15 ~ 17, 20 ~ 22을 통해 Graph로

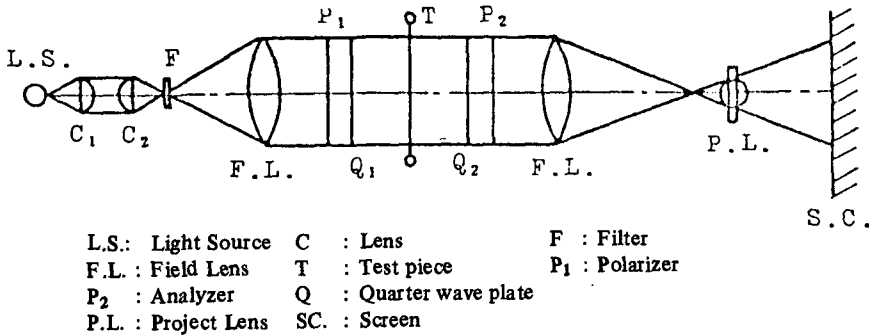
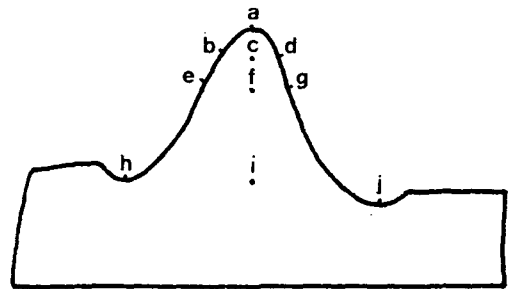


Fig. 8. Arrangement of photoelastic experimental apparatus.

광탄성의 원리는 광원에서 나오는 모든 방향으로 진동하는 광파가 편광판을 지나면서 한쪽 방향으로만 진동하는 직선편광이 되고 이것이 1/4 파장판을 지나 원편광이 되는데, 이 원편광이 시편을 통과하면서 복굴절하여 시편 외부에서 가해진 힘에 의해 생긴 주응력 방향으로 진동하고 또한 주응력면에 직각으로 진동하는 두 편광이 되어 시편내를 통과하면서 두 편광의 광속도가 달라져서 시편통과후 상대적 위상차를 나타내게 되어 이 위상차가 시편내에 외력에 의해 발생한 주응력차와 비례하게 된다는 Brewster의 법칙⁽¹⁾에 의한 것으로 이러한 주응력차가 증가함에 따라 순차적으로 파장이 긴 광선이 소멸되어 여러가지 무늬의 띠로서 나타나게 되는데 이러한 무늬차수가 주응력차의 크기를 나타내게 된다. 이를 식으로 표현한 $\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{n}{\alpha d}$ (α : 광탄성감도계수, d : 시편의 두께, n : 무늬차수, $\sigma_1 - \sigma_2$: 주응력차, 단 자유표면에서 $\sigma_2 = 0$) 으로부터 우리는 무늬차수와 주응력은 비례하는 것을 알 수 있다.



- | | |
|------------------|------------------|
| a : 치조정 | b : 치조정 2mm하방 협측 |
| c : 치조정 2mm하방 중앙 | d : 치조정 2mm하방 설측 |
| e : 치조정 4mm하방 협측 | f : 치조정 4mm하방 중앙 |
| g : 치조정 4mm하방 설측 | h : 협측 vestibule |
| i : 치조정 중앙 | j : 설측 vestibule |

Fig. 9. Measuring point of fringe order number.

나타내고, 각 시편에서의 최대 무늬차수만을 Fig. 13, 18, 23을 통해 역시 Graph로 나타내었다. 또한 각 시편의 치조정에서부터 각 무늬차수까지의

Table 1. Fringe order number in centric position.

measuring point region	crest	beneath 2mm			beneath 4mm			vestibule			
		buc	mid	ling	buc	mid	ling	buc	mid	ling	
Rt	7	1.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0.1	0	0.2
	6	1.5	1.0	1.0	1.4	0.7	0.7	1.0	0.5	0	0.6
	5	2.8	2.3	2.6	2.5	2.1	2.5	2.4	1.7	2.3	1.9
	4	3.5	2.6	3.4	3.3	2.3	2.8	2.8	1.7	2.5	1.9
	3	2.8	2.3	2.5	2.0	2.0	2.0	1.8	1.4	1.5	1.2
	2	1.6	1.5	1.5	1.7	0.9	1.5	1.2	0.4	0.8	0.7
	1	1.0	1.0	1.2	1.4	0.8	1.1	1.3	0.6	0.6	0.8
0	0.9	0.8	1.2	0.9	0.8	1.0	0.9	1.0	0.3	0.5	
Lt	1	0.9	0.7	0.8	0.9	0.5	0.7	0.9	0.5	0.6	0.6
	2	1.7	1.4	1.6	1.3	1.3	1.5	1.4	1.0	1.3	1.3
	3	2.8	2.5	2.7	2.9	2.2	2.3	2.5	1.6	2.2	2.1
	4	3.3	2.3	3.1	2.6	2.1	2.6	2.3	1.6	2.3	1.8
	5	2.5	2.1	2.3	2.3	1.5	1.8	1.8	1.2	1.5	1.6
	6	1.5	1.1	1.0	1.3	0.7	0.8	0.6	0.4	0	0.5
	7	0.8	0.3	0.3	0.3	0.2	0	0	0.2	0	0.3

거리를 결정하고 이를 각 경우의 모든 시편과 연결하여 치조제 중앙부의 응력분포상황을 Fig. 14, 19, 24와 같이 Diagram으로 나타내었다.

먼저 중심교합시에는 Table 1과 Fig. 10, 13에서 보는 바와 같이 좌우대칭의 형태로 제 2소구치 부위(slice 3)부터 제 2대구치 부위(slice 5)까지 높은 응력분포를 보이면서 제 1대구치 부위(slice 4)가 가장 높은 응력을 보였으며 전치(slice 0.1)와 후구치심각부위(slice 6,7)는 낮은 응력분포를 나타내었다. 또한 Fig. 11, 12에서 보는 바와 같이 협측보다는 설측이 높은

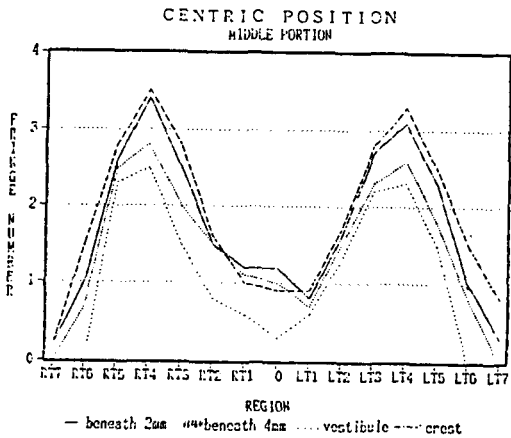


Fig. 10. Line graph of middle portion in centric position.

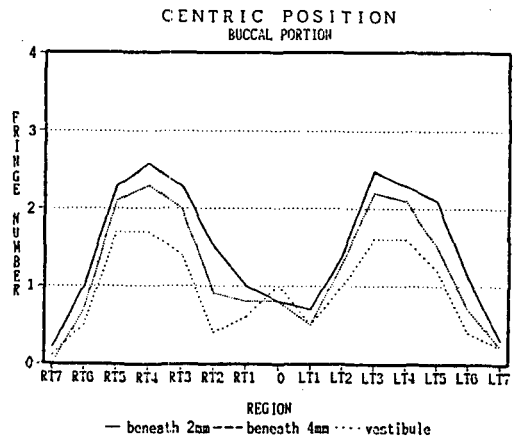


Fig. 11. Line graph of buccal portion in centric position.

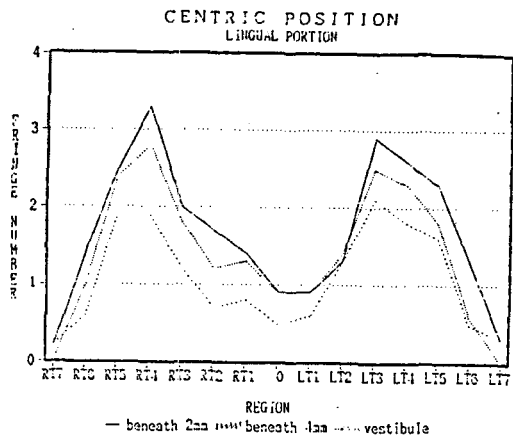


Fig. 12. Line graph of lingual portion in centric position.

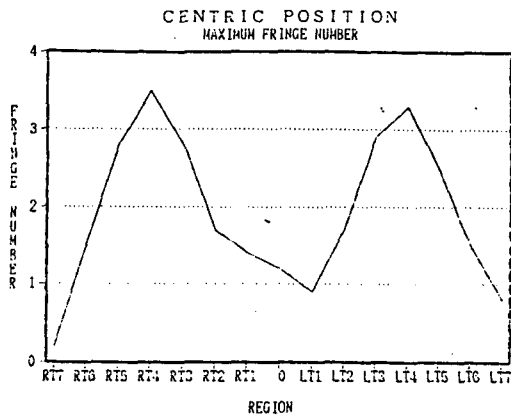


Fig. 13. Line graph of maximum fringe number in centric position.

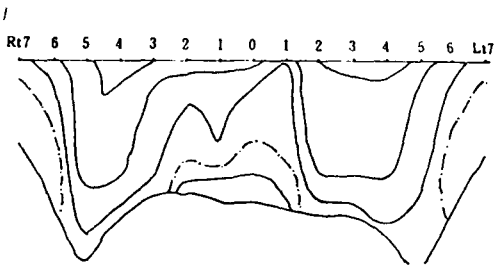


Fig. 14. Diagram of middle portion in centric position.

응력을 보였으며, 치조정에서 전정부로 갈수록 응력이 낮아졌다.

측방교합시에는 Table 2와 Fig.15와 18에서 보는 바와 같이 균형측보다 작업측이 약간 더 높은 응력분포를 보였으며, 작업측의 견치(slice 1) 및 제 1소구치부위(slice 2)가 가장 높은 응력을 나타내었다. 협설로는 Fig.16, 17과 같이 비슷한 응력이나 작업측에서는 설측이 협측보다 약간 높은 응력을 보였고 균형측에서는 협측이 설측보다 약간 높은 응력을 나타내었다.

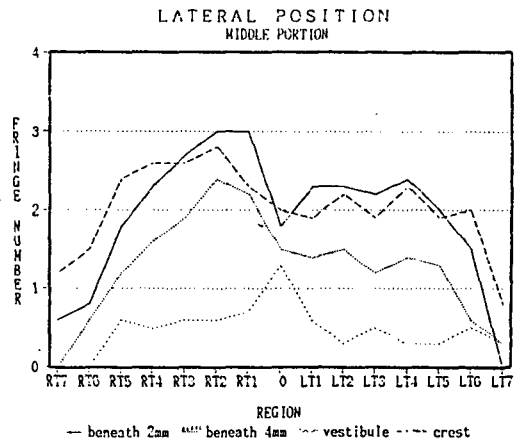


Fig. 15. Line graph of middle portion in lateral position.

Table 2. Fringe order number in lateral position.

measuring point	crest	beneath 2mm			beneath 4mm			vestibule		
		buc	mid	ling	buc	mid	ling	buc	mid	ling
Rt 7	1.2	0.4	0.6	0.4	0	0	0	0.4	0	0.2
6	1.5	0.6	0.8	1.2	0.4	0.6	0.8	0.4	0	0.6
5	2.4	1.4	1.8	1.9	1.2	1.2	1.5	1.1	0.6	0.8
4	2.6	1.8	2.3	2.0	1.6	1.6	1.4	1.4	0.5	0.8
3	2.6	2.2	2.7	2.4	1.8	1.9	1.9	2.0	0.6	0.9
2	2.8	2.3	3.0	2.5	1.7	2.4	1.9	1.6	0.6	0.4
1	2.3	2.2	3.0	2.7	1.5	2.2	2.4	1.5	0.7	0.5
0	2.0	1.5	1.8	1.6	1.2	1.5	1.3	0.8	1.3	0.4
Lt 1	1.9	1.6	2.3	1.5	1.4	1.4	1.1	1.3	0.6	0.3
2	2.2	2.0	2.3	1.8	1.6	1.5	1.3	1.5	0.3	0.5
3	1.9	1.8	2.2	1.6	1.2	1.2	0.8	1.4	0.5	0.6
4	2.3	2.0	2.4	1.8	1.6	1.4	1.0	1.8	0.3	0.4
5	1.9	1.8	2.0	1.3	0.8	1.3	0.7	1.5	0.3	0.4
6	2.0	1.3	1.5	1.2	0.5	0.6	0.4	0.6	0.5	0.3
7	0.8	0.2	0	0	0.4	0.3	0.8	0.4	0.3	0.3

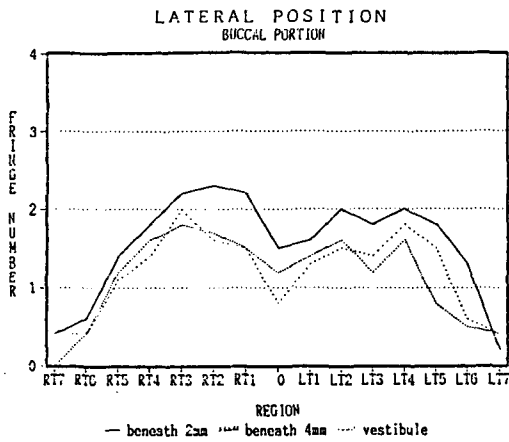


Fig. 16. Line graph of buccal portion in lateral position.

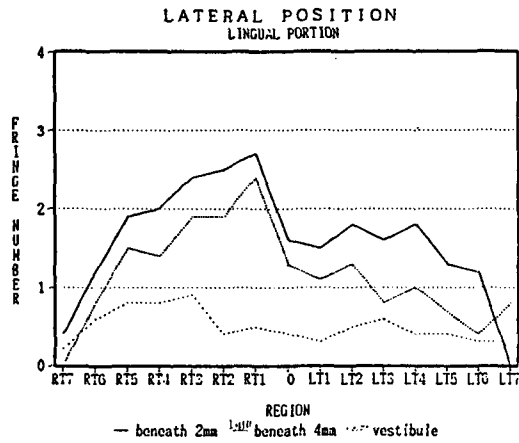


Fig. 17. Line graph of lingual portion in lateral position.

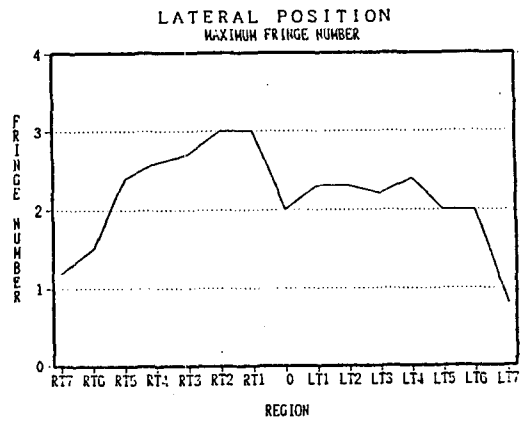


Fig. 18. Line graph of maximum fringe number in lateral position.

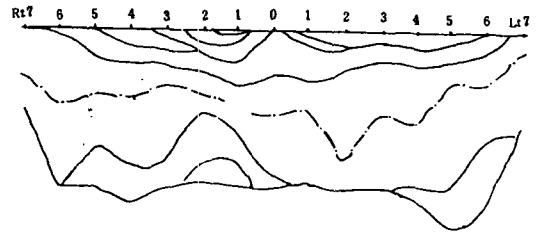


Fig. 19. Diagram of middle portion in lateral position.

전방교합시에는 Table 3 과 Fig. 20, 21, 22, 23에서 보는 바와같이 전형적인 좌우대칭적인 응력분포를 나타내면서 전치부(slice 0)의 협측에서 가장 높은 응력을 나타내었다. 전반적으로 협

Table 3. Fringe order number in protrusive position.

measuring point region	crest	beneath 2mm			beneath 4mm			vestibule		
		buc	mid	ling	buc	mid	ling	buc	mid	ling
Rt 7	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0.2
6	0.9	0.9	1.3	0.8	0.9	1.8	0.5	0.4	0.1	1.1
5	1.8	1.2	1.5	1.3	1.1	1.3	0.8	1.0	0.4	1.0
4	2.2	1.4	1.5	1.2	0.8	1.5	0.6	0.9	0.3	0.3
3	1.9	1.5	1.5	1.3	0.9	1.0	0.4	1.0	0	0.2
2	2.0	1.3	1.5	1.4	1.3	1.6	1.1	2.0	0	0.1
1	2.0	0.8	1.6	0.9	0.8	2.0	1.3	1.8	0	0.1
0	1.8	1.6	2.3	1.8	2.4	3.0	1.7	1.6	0.3	0.3
Lt 1	1.9	0.8	1.7	1.4	0.8	2.3	1.3	1.7	0	0.3
2	2.0	0.8	1.7	0.9	0.8	1.3	0.8	1.8	0.2	0.2
3	1.9	1.4	1.6	1.4	1.0	1.0	0.4	0.9	0.2	0.3
4	2.3	1.3	1.6	0.9	1.2	1.4	0.7	1.4	0.3	0.5
5	1.8	1.5	1.6	0.9	1.3	1.5	0.6	1.3	0.3	0.8
6	1.6	1.2	1.4	0.8	1.1	1.8	0.6	0.3	0.3	1.2
7	0.6	0.4	0.5	0.1	0.2	0.5	0.3	0.3	0	0.3

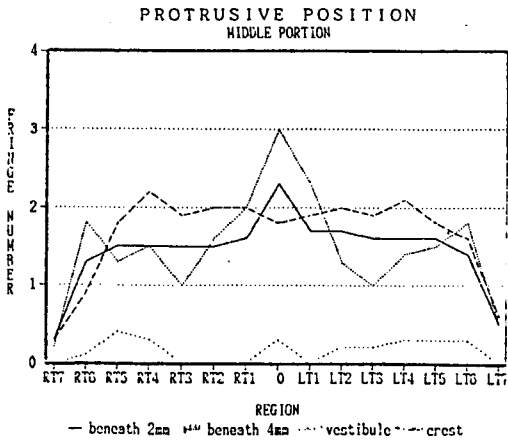


Fig. 20. Line graph of middle portion in protrusive position.

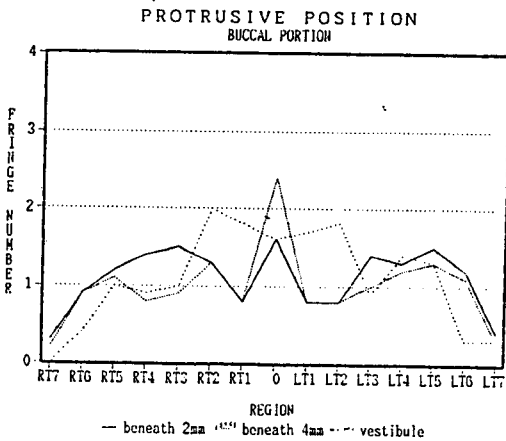


Fig. 21. Line graph of buccal portion in protrusive position.

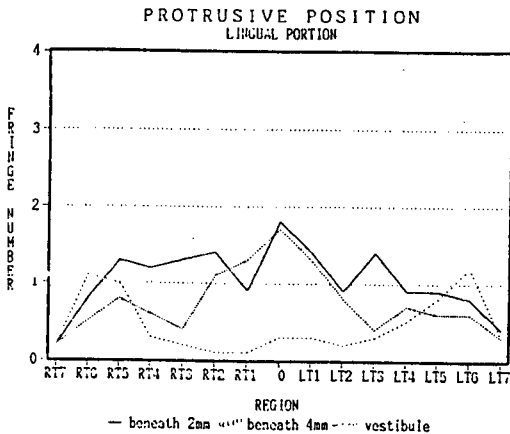


Fig. 22. Line graph of lingual portion in protrusive position.

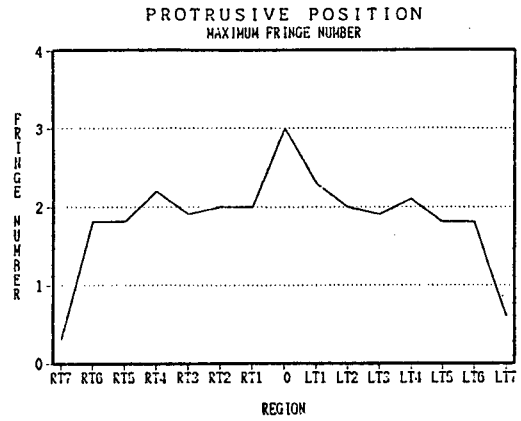


Fig. 23. Line graph of maximum fringe number in protrusive position.

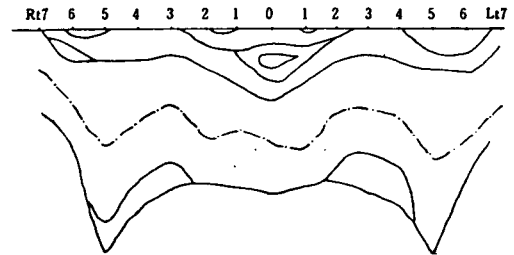


Fig. 24. Diagram of middle portion in protrusive position.

설측은 비슷하지만 협측이 약간 더 높은 응력분포를 나타냈으며, 전치부에는 치조정에 가까운 부위가, 구치부에서는 치조정 중앙과 설측에서 약간 더 높은 응력을 보였다.

IV. 총괄 및 고찰

의치는 잔존 치조골에 응력을 분산시키며 이는 지지골의 변성과 흡수를 초래할 수 있다고 하였다(4, 23, 38). 따라서 총의치에 부여되는 교합면 형태의 차이는 교합응력의 전달에 영향을 미치므로서 하악골의 흡수에 영향을 줄 것이라고 추정되어 왔으며, 이러한 교합형태의 차이에 따른 응력의 분산에 관해 많은 논란이 있어왔다. 그 중 ligalized occlusion의 개념은 Becker⁵⁾에 의하면 제한된 범위내에서 균형측 교합접촉을 이루어주고, 작업측 교합접촉 동안 하악 치조제의

설측으로 교합력을 향하게 하는 것이라 하였으며, Jacobson²⁾은 이러한 비중심성 교합접촉에 의해서 야기되는 응력을 조절하므로써 파괴적인 수평 응력을 최소화하고 의치의 안정을 도모할 수 있다고 주장하였으나 실제 이러한 lingualized occlusion을 이용한 응력의 실험은 거의 없는 실정이므로 본 논문에서는 총의치에 lingualized occlusion을 부여했을 때 하악에 미치는 응력을 분석코저 하였다.

일반적으로 치과분야에서의 생체역학연구는 구강조직의 복잡한 구조와 생리때문에 대부분 구강 밖에서 생체조건과 유사하게 재현시켜 분석하는 광탄성 응력분석이 많이 이용되어왔다. 그런데 이 광탄성 응력분석은 악골을 재현한 광탄성 재료가 악골재질과는 다르고, 재현한 치조점막의 두께와 물리적 성질에 있어서도 생체와 다르며, 저작시 근육에 의한 지지와 생체와 동일한 조건의 가력상태를 재현시키지는 못하지만 일정조건 하에서 응력의 비교는 가능하리라 사료되어 본 실험에서는 광탄성 응력분석을 이용하여 실험하였다.

본 실험에서 재현된 치조점막의 두께는 조²⁾ 등의 연구에 따라 silicone인상재를 이용하여 1.5mm 두께로 부여하였고, 3차원적 광탄성 응력분석 실험 시 가해지는 열에 의해 acrylic resin으로 제작된 의치상의 경우는 많은 변형이 초래되리라 사료되어 본 연구에서는 상하악 금속의치상을 사용하였다.

먼저 중심교합시 Table 1과 Fig.13에서 보는 바와 같이 제 2소구치(slice 3)부위부터 제 2대구치(slice 5)까지 높은 응력분포를 나타내었는데, 이는 통법의 교합을 부여하여 광탄성 응력 분석을 한 Koran과 Craig²⁵⁾의 연구결과와 일치하였고, Craig, Farah and El-Tahawi¹⁰⁾, 조²⁾의 결과와도 일치하는 경향을 나타내어 중심교합시의 최대응력 분포는 통법의 교합과 lingualized occlusion 사이에 큰 차이는 발견할 수 없었다. 그러나 협설측의 경우 Doezema¹¹⁾는 acrylic resin 의치상과 금속의치상의 비교연구에서 acrylic resin 의치상의 경우 구치에서는

설측보다 협측이 높은 응력을 보였으며, 금속의치상의 경우 높은 견고성 때문에 협설이 유사한 응력 분포를 나타내었다고 보고하였는데, 본 실험에서는 Fig.11과 12에서 보는 바와같이 치조정부에서 전정부로 갈수록 응력이 적어지면서 협측보다는 설측이 약간 더 높은 응력을 나타내었다. 이는 lingualized occlusion을 부여할 경우 교합력을 보다 설측으로 중심화하여 의치의 안정에 크게 기여한다는 Becker⁵⁾, Pound⁴²⁾등의 보고와 비슷한 결과를 보였다.

한편 중심교합시의 전치부에서의 응력에 관하여 Craig, Farah and El-Tahawi¹⁰⁾는 전혀 응력을 받지 않았다고 보고하였으나, 본 실험에서는 금속의치상의 사용으로 응력이 보다 균일하게 분산되어 전치부와 후구치 삼각부에도 비교적 낮지만 응력이 발생하였는데, 이는 Koran과 Craig²⁵⁾의 전치부에 낮은 응력이 발생한다는 보고와 비슷한 결과를 보여 주었다. 그러나 Lopuck²⁸⁾는 전치부에 응력이 집중된다고 보고하였고, 조²⁾는 통법의 총의치의 중심교합시 제 1, 2소구치가 가장 높은 응력을 보이면서 전치부에도 비교적 높은 응력이 나타났다고 보고하면서 이는 의치 교합면의 경사가 조직경사면과 상호작용하여 하악에 torquing을 야기하므로써 나타나는 결과라고 보고하였으며, Sharry and associates³⁶⁾ 역시 stress-sensitive lacquer를 이용한 실험에서 같은 응력 집중 현상을 보고하고 역시 교합경사면과 조직경사면의 상호작용의 결과라고 추정하였는데, 본 실험에서는 lingualized occlusion으로 배열하므로써 의치의 근원심 방향으로의 의치 교합경사면의 접촉을 없애 의치 자체의 전후방 미끄러움을 방지할 수 있었기 때문에 전치부에 낮은 응력이 분포했다고 사료되며, 이는 하악전치부가 의치와 관련된 충격(Trauma)과 결과적인 흡수에 가장 예민하다는 Atwood⁴⁾, Tallgren³⁷⁾의 연구결과를 다소나마 개선시킬 수 있으리라 사료된다.

측방교합시에는 Table 2와 Fig. 15, 16, 17과 18에서 보는 바와같이 작업측이 균형측보다 약간 더 높은 응력 분포를 나타내었는데, 이는 통법

의 양측성균형교합으로 부여한 의치에서 광탄성 실험을 한 Koran과 Craig²⁵⁾, Alvi³⁾ 등의 연구결과와 비슷하였다. 이는 lingualized occlusion을 부여한 경우 작업측과 균형측 모두가 상악 설측교두만으로 접촉하나, 작업측의 경우 상악 설측교두와 접촉하는 하악 설측 교두의 협측경사면이 균형측의 상악 설측교두와 교합하는 하악 설측 교두의 설측경사면보다 조절면쪽의 형성으로 인해 그 경사각이 더 적어 교합력의 방향이 보다 수직으로 향하게 되므로 Fig. 16과 17에서 보는 바와같이 작업측의 경우는 설측이 협측보다 높은 응력을 나타내고 균형측의 경우는 협측이 설측보다 높은 응력을 보이면서 전체적으로는 작업측이 균형측보다 높은 응력을 보인 것으로 사료된다.

전방교합시에는 Table 3과 Fig. 20, 21, 22와 23에서 보는 바와같이 뚜렷한 좌우 대칭적인 응력분포를 보이면서 전치부 협측이 가장 높은 응력을 나타내어 통법의 교합으로 광탄성 응력분석을 한 Koran과 Craig²¹⁾, Craig, Farch, and El-Tahawi¹⁰⁾, 조²⁾ 등 대부분의 선자들의 연구결과와 일치하였는데, 대부분의 선자들의 연구에서는 견치에서부터 소구치, 구치부로 갈수록 점차 응력이 감소하고 후구치 삼각부는 거의 응력을 나타내지 않았다고 보고하였으나, 본 실험에서는 견치(slice 2) 부위부터 제 2대구치(slice 5) 후방 그리고 후구치 삼각부의 전방(slice 6) 까지가 거의 비슷한 응력분포를 나타내었다. 이는 통법의 교합으로 배열한 경우는 전방교합시의 균형접촉이 상하치아의 교두능선에 의한 접촉인데 반해서 lingualized occlusion으로 배열한 경우는 상악설측교두와 근원심으로 자유로운 운동을 허용한 하악교합면과의 접촉이므로 보다 안정적인 응력분산을 나타낸 것으로 사료된다.

결국 lingualized occlusion은 교합력을 보다 중심화하여 의치의 움직임에 적게하므로써 의치의 안정에 크게 기여하리라 생각되며 측방교합과 전방교합시에도 보다 안정된 응력을 하악골에 전달하므로써 의치의 안정과 하악골의 흡수 지연에도 큰 효과가 있으리라 생각되나 앞으로 본

실험과 동일한 조건하에서 여러 교합형태를 총의 치에 부여한 실험을 통하여 응력분산양상을 비교 분석할 필요가 있다고 사료된다.

V. 결 론

저자는 총의치 제작시에 사용되는 여러가지 교합개념 중 lingualized occlusion을 이용한 의치를 금속의치 상위에 제작하고 Epoxy resin 모형을 이용한 정적인 가력 상태에서의 응력동결을 통해 하악골의 응력분포상태를 중심교합, 측방교합 및 전방교합상태에서 각각 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 중심교합시에는 제 2 소구치부터 제 2 대구치까지 높은 응력을 나타내면서 제 1 대구치부에 가장 높은 응력을 나타내었으며, 전치부와 후구치 삼각부는 낮은 응력을 나타내었다.

설측이 협측보다 높은 응력을 나타내었다.

2. 측방교합시에는 작업측이 균형측보다 높은 응력을 보이면서, 작업측은 설측이 협측보다, 균형측은 협측이 설측보다 높은 응력을 나타내었다.

3. 전방교합시에는 뚜렷한 좌우 대칭적인 응력분포를 보이면서 전치부 중앙과 순측부에 응력이 집중되었고, 견치에서 제 2대구치 후방까지는 균일한 응력분포를 나타내었다.

REFERENCES

1. 정재현: "의치상 재료에 따른 하악 응력 및 의치의 변위에 관한 유한 요소법적 분석", 「대한치과 보철학회지」, 25:281-302, 1987.
2. 조인호: "총의치교합 형태에 따른 3차원적 광탄성 응력 분석", 「대한치과 의사 협회지」 제20권 945-966, 1982.
3. Alvi, A.R.: "Photoelastic Analysis of Mandibular Stresses Induced by Complete Dentures with Varying Occlusions and Base Materials in a Lateral Position, Thesis, Univ. of Michigan, 1979.

4. Atwood, D.A.: "Clinical, Cephalometric, and Densitometric Study of the Reduction of Residual Ridges", *J. Prosth. Dent.*, 26: 293, 1971.
5. Becker, C.M.: "Lingualized Occlusion for Removable Prosthodontics", *J. Prosth. Dent.*, 38: 601-610, 1977.
6. Blahova, Z., and Neuman, M.: "Physical Factors in Retention of Complete Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 25: 230-235, 1971.
7. Cook, S.D., Weinstein, A.M. and Klawritter, J.J.: "A Three-Dimensional Finite Element Analysis of a Porous Rooted Co-Cr-Mo Alloy Dental Implant", *J. Dent. Res.*, 6: 25-29, 1982.
8. Craig, R.G., El-Ebrashi, M.K., Lepeak, P.J., and Peyton, F.A., "Experimental Stress Analysis of Dental Restorations. Part I. Two-Dimensional Photoelastic Stress Analysis of Inlays", *J. Prosth. Dent.*, 17: 277-291, 1967.
9. Craig, R.G., El-Ebrashi, M.K., and Peyton, F.A.: "Experimental Stress Analysis of Dental Restorations. Part II. Two-Dimensional Photoelastic Stress Analysis of Crowns", *J. Prosth. Dent.*, 17: 292-302, 1967.
10. Craig, R.G., Farah, J.W., and El-Tahawi, H.M.: "Three-Dimensional Photoelastic Stress Analysis of Maxillary Complete Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 31: 122-129, 1974.
11. Doezema, S.T.: Photoelastic Analysis of Mandibular Stresses Induced by Metal and Acrylic Resin Denture Bases, Thesis, Univ. of Michigan, 1974.
12. El-Ebrashi, M.K. Craig, R.G., and Peyton, F.A.: "Experimental Stress Analysis of Dental Restorations. Part IV. The Concept of Parallelism of Axial Walls", *J. Prosth. Dent.*, 22: 346-353, 1969.
13. El-Ebrashi, M.K., Craig, R.G., and Peyton, F.A.: "Experimental Stress Analysis of Dental Restorations. Part V. The Concepts of Occlusal Reduction and Pins", *J. Prosth. Dent.*, 22: 565-577, 1969.
14. El-Ebrashi, M.K., Craig, R.G., and Peyton, F.A.: "Experimental Stress Analysis of Dental Restorations. Part VI. The Concepts of Proximal Reduction in Compound Restorations", *J. Prosth. Dent.*, 22: 663-670, 1969.
15. El-Ebrashi, M.K., Craig, R.G., and Peyton, F.A.: "Experimental Stress Analysis of Dental Restorations. Part VII. Structural Design and Stress Analysis of Fixed Partial Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 23: 177-186, 1970.
16. Faber, B.L.: "Retention and Stability of Mandibular Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 17: 210-218, 1967.
17. Frechette, A.R.: "Masticatory Forces Associated with the Use of Various Types of Artificial Teeth", *J. Prosth. Dent.*, 5: 252-267, 1955.
18. Giglio, J.J., Lace, W.P., and Anchen, H.: "Factors Affecting Retention and Stability of Complete Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 12: 848-856, 1962.
19. Gronas, D.G." and Stout, C.J.: "Lineal Occlusal Concepts for Complete Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 32: 122-129, 1974.
20. Harold, E., Jack, M.K., Stephen, H.L., Myron, L.P. and David, T.T.: "A Comparison of Lingualized Occlusion and Monoplane Occlusion in Complete Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 50: 176-179, 1983.
21. Jacobson, T.E. and Krol, A.J.: "A Contemporary Review of the Factors Involved in Complete Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 49: 165-172, 1983.
22. Kelly, E.K.: "Factors Affecting the Masticatory Performance of Complete Denture Wearers", *J. Prosth. Dent.*, 33: 122-135, 1975.
23. Kelsey, C.C.: "Alveolar Bone Resorption

- under Complete Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 25: 152-157, 1971.
24. Kelsey, C.C., Reid, F.D. and Coplowitz, J.A.: "A Method of Measuring Pressures against Tissues Supporting Functioning Complete Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 35: 376-383, 1976.
 25. Koran, A. and Craig, R.C.: "Three-Dimensional Photoelastic Stress Analysis of Maxillary and Mandibular Complete Dentures", *J. Oral. Rehab.*, 32: 493-500, 1974.
 26. Kydd, W.L.: "Complete Denture Base Deformation with Varied Occlusal Tooth Form", *J. Prosth. Dent.*, 6: 714-718, 1956.
 27. Landa, J.L.: "Biologic Significance of Balanced Articulation in Complete Denture Service", *J. Am. Dent. Assoc.*, 65: 489-494, 1962.
 28. Lopuck, S., Smith, J. and Caputo, A.: "Photoelastic Comparison of Posterior Denture Occlusion", *J. Prosth. Dent.*, 40: 18-22, 1978.
 29. Mehringer, E.J.: "Physiologically Generated Occlusion", *J. Prosth. Dent.*, 30: 373-379, 1973.
 30. Murrell, G.A.: "The Management of Difficult Lower Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 32: 243-250, 1974.
 31. Ortman, H.R.: "The Role of Occlusion in Preservation and Prevention in Complete Denture Prosthodontics", *J. Prosth. Dent.*, 25: 121-138, 1971.
 32. Payne, S.H.: "A Posterior Set-up to Meet Individual Requirements", *Dent. Dig.*, 47: 20-22, 1941.
 33. Payne, S.H.: "Fallacy of Balanced Articulation", *N.Y.J. Dent.*, 14: 151-154, 1944.
 34. Ralph, J.P. and Caputo, A.A.: "Analysis of Stress Pattern in Human Mandible", *J. Dent. Res.*, 54: 814-821, 1975.
 35. Sears, V.: "Thirty Years of Non-anatomic Teeth", *J. Prosth. Dent.*, 3: 596, 1953.
 36. Sharry, J.J., Askew, H.C., and Hoyer, H.: "Influence of Artificial Tooth Forms on Bone Deformation beneath Complete Dentures", *J. Dent. Res.*, 39: 253-266, 1960.
 37. Tallgren, A.: "The Effect of Denture Wearing on Facial Morphology: A 7 Year Longitudinal Study", *Acta Odont. Scand.*, 25: 563-592, 1967.
 38. Tallgren, A.: "The Continuing Reduction of the Residual Alveolar Ridges in Complete Denture Wearers: A Mixed Longitudinal Study Covering 25 Years", *J. Prosth. Dent.*, 27: 120-127, 1972.
 39. Trapozzano, V.R.: "Tests of Balanced and Non-balanced Occlusion", *J. Prosth. Dent.*, 10: 476-487, 1960.
 40. Wright, C.: "Evaluation of the Factors necessary to develop Stability in Mandibular Dentures", *J. Prosth. Dent.*, 16: 414-430, 1964.
 41. Jessop, H.T. and Harris, F.C.: "Photoelasticity by Principle and Methods", 1960, Dover, p. 63-65.
 42. Pound, E.: "Personalized Denture Procedures", *Dentist's Manual*, Anaheim 1973, Denar Corp., p. 80.

— Abstract —

PHOTOELASTIC ANALYSIS OF MANDIBULAR STRESSES INDUCED BY LINGUALIZED OCCLUSION

Kim, Sang-Soo, D.D.S., Chung, Chae-Heon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chosun University.

There is a little scientific documentation reporting the stress distribution to the edentulous mandible by different concepts of occlusal scheme. So, this study was to investigate the hypothesis that the magnitude and distribution of the occlusal stresses, transmitted through a mandibular complete denture base to the edentulous mandible, would be influenced by the lingualized occlusion.

This investigation was performed to analyze the stresses induced in a three-dimensional photoelastic edentulous mandible, when a load is applied to the denture arranged into lingualized occlusion in centric relation, lateral and protrusive functional position. The mounted denture on a Dentatus Type ARO articulator was loaded in a pure vertical direction with 15kgs on the center of articulator in each case and the stresses were frozen into epoxy edentulous model at 127°C in the stress freezing furnace. The stress-frozen epoxy models were sliced with diamond disc saw into 4mm thick. The slices were examined with a circular polariscope.

The results were as follows:

1. In centric relation, the stresses were low at anteriors, and gradually increase to the premolar, molar area and highest at the first molar and gradually decrease from the second molar and lowest at the retromolar pad region. The lingual side showed higher stresses than labiobuccal side.
2. In lateral functional position, the working side showed higher stresses than the balancing side. In working side, the lingual side showed higher stresses than the buccal side and in balancing side, the buccal side showed higher stresses than the lingual side.
3. In protrusive position, stress distribution was symmetrical on the posteriors and the stresses were concentrated at the labial side of the anteriors.

EXPLANATION OF FIGURES

Fig. 25. Calibration specimen.

Fig. 26. Stress distribution in centric position,
0 – right 7.

Fig. 27. Stress distribution in centric position,
o – left 7.

Fig. 28. Stress distribution in lateral position,
0 – right 7.

Fig. 29. Stress distribution in lateral position,
0 – left 7.

Fig. 30. Stress distribution in protrusive position
0 – right 7.

Fig. 31. Stress distribution in protrusive position
0 – left 7.

사 진 부 도

Fig. 25.

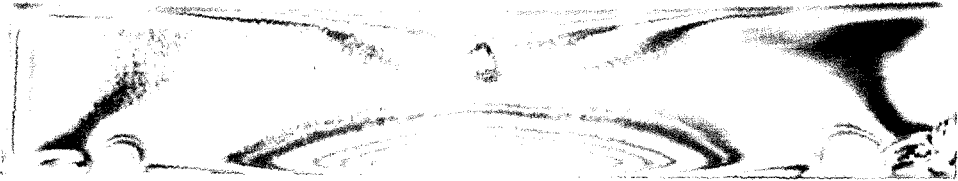


Fig. 26.

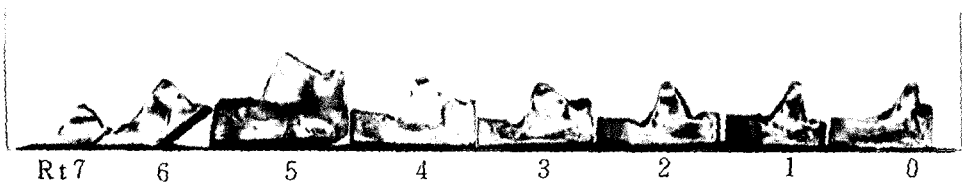


Fig. 27.

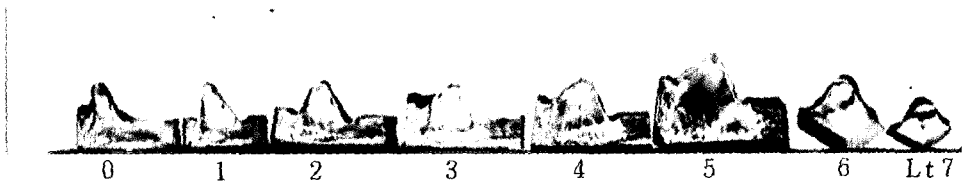


Fig. 28.

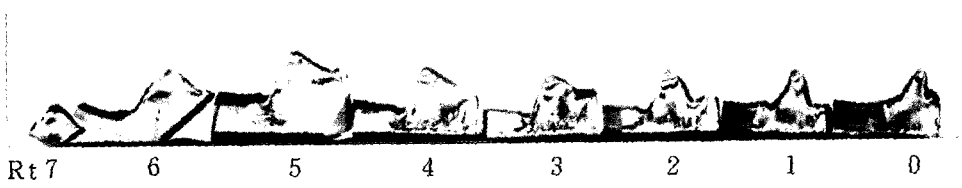


Fig. 29.



Fig. 30.



Fig. 31.

