

## 반복 하중이 Full veneer crown의 유지력에 미치는 영향에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보철학교실

김기연 · 이선형 · 정현영 · 양재호 · 허성주

### I. 서 론

Full veneer crown의 유지력은 임상적 성패에 있어 매우 중요한 요소로 술자의 치아 삭제<sup>1,2)</sup>와 사용된 시멘트<sup>2)</sup>에 의해 영향을 받는다. 과거 고정성 보철물의 실패에 관한 연구를 보면 실패의 원인은 치아 우식증이 가장 많았고 그 다음으로 많은 것이 시멘트에 관련된 것으로 12~15%를 차지하였다. 또한 시멘트와 관련된 실패는 사용기간도 짧아 평균 5.8~6.8년 정도를 보이고 있다<sup>3,4)</sup>.

일반적으로 금관이나 연장가공의치 또는 가공의치 유지장치의 탈락은 보철물의 변형과 관련되어 있다고 생각된다. 저작시 보철물은 복잡한 힘을 받게 되고 탄성 범위 안에서 상당히 변형된다. 이러한 보철물의 변형은 결과적으로 시멘트 피막에 과도한 응력을 야기하게 되고 이것이 시멘트의 파절을 일으킬 수 있으며 이것은 보철물의 탈락을 야기할 수 있다<sup>5,6)</sup>.

과거 많은 연구들이 실험실 연구를 통해 고정성 보철물과 시멘트에 많은 응력이 발생하는 것을 보고 해 왔다<sup>5,7-14)</sup>. 이러한 응력은 임상적으로 중요한 변연 부위에 집중되기 때문에 실질적인 응력은 저작압을 삭제된 지대치의 표면적으로 단순히 나누어서 추정하는 것보다는 상당히 클 수 있다. 이러한 국소적인 응력 집중 부위가 시멘트 실패의 시발 부위가 될 것이다. 몇몇의 피로 실험들은 시멘트의 미세 파절이 실패의 초기 현상이고 후에 고정성 보철물의 완전한 탈락이 뒤따른다고 하였다<sup>14,15)</sup>.

인산아연시멘트는 1877년 Ames에 의해 치과 영역에 소개된 이래로 현재까지도 널리 사용되고 있는 시멘트 중 하나이다<sup>16)</sup>. 이 시멘트는 치질에 화학적으로 결합하는 성질이 없음에도 불구하고 임상에서 성공적으로 사용되어지고 있다. 인산아연시멘트는 기본적으로 90% ZnO와 10%의 MgO로 구성된 분말과 67%의 인산으로 구성된 액을 혼합하면서 시작되는 산-염기 반응에 의해 경화한다. 시멘트의 강도는 분말과 액의 혼합비에 의해 영향을 받으며 분말이 많이 들어갈수록 강도가 증가한다. 경화된 시멘트는 매우 단단하여 13 GPa이라는 높은 탄성을 보이는데 이는 long span bridge에서와 같이 높은 응력이 생기는 경우에 탄성 변형에 저항하는 것을 가능하게 해준다<sup>17)</sup>.

레진시멘트는 치질과 화학적으로 결합하는 성질 때문에 점점 그 사용이 증가하는 추세이다. 고정성 보철물의 합착에 사용되어왔던 전통적인 레진시멘트들은 두꺼운 피막두께, 짧은 작업 시간, 치수 자극, 잉여 시멘트의 제거 곤란 등 많은 문제점들을 노출시켜 왔다<sup>18)</sup>. 그러나 Panavia 21(이하 Panavia)은 phosphate ester를 단량체에 첨가하여 전통적으로 사용되어오던 다른 레진시멘트와는 다른 물성을 보여주고 있다. 이 phosphate 단량체는 치질 뿐만 아니라 금속과의 결합력을 개선시키는데도 상당한 도움을 주었다<sup>19)</sup>. 또한 무기충전체의 함량을 높여(77 wt%) 기계적 성질과 수분에 대한 저항력을 증가시켰으며<sup>20)</sup> 압축강도와 인장강도 모두 인산아연시멘트보다 우수하게 되었다<sup>6,20-22)</sup>. Panavia의 중합은 산소에 의

해 지연되기 때문에 변연에서는 장시간 중합되지 않아 잉여 시멘트의 제거 또한 쉬운 장점을 가진다<sup>18,23)</sup>.

이상적인 시멘트가 갖추어야 할 조건으로 치질과 보철물과의 결합(adhesion), 교합압을 견딜 수 있는 적당한 강도, 낮은 용해성, 신체 친화성, 항우식성, 조작의 편이성 등을 들고 있다<sup>24)</sup>. 그러나 현재까지는 이러한 조건을 모두 만족시키는 시멘트는 없으므로 물성 개선을 위해 여러 연구들이 이루어져 왔다<sup>1,20,22,23,25)</sup>. 또한 임상가에게 현재 상황에 맞는 시멘트의 선택을 가능하게 하기 위해 많은 실험들을 통해 정보를 제공해 왔다. 그 중 하나가 full veneer crown의 유지력에 관한 실험들이었지만 최근의 실험들조차 하중이라는 요소가 개재되지 않은 것이 대부분이어서 구강내 상황을 정확히 재현하는 것은 아니었다<sup>26-32)</sup>. 그래서 실제로 반복 하중을 가한 후에는 얼마나 유지력이 영향을 받는지를 시멘트의 종류와 삭제된 지지체 축벽의 경사도에 따라 알아보는 것이 본 연구의 목적이다.

## II 연구재료 및 방법

### 1. 다이와 금관 제작

8°와 16°의 경사도를 갖는 강철 다이를 표준화를 위하여 CNC milling machine을 이용해서 각각 32개

씩 제작하고 이에 장착될 상부 금관도 밀링을 통하여 강철로 제작하였다(Fig. 1). 이 64개의 시편을 Table 1과 같이 8개 군으로 나누었다.

### 2. 접착

제작된 다이와 금관을 Fit-checker II (GC Co, Japan)로 내면 적합도를 검사한 뒤 다이와 금관 내면 모두에 50 μm의 산화알루미늄을 결정을 10초간 분사한 후 초음파 세척기를 이용하여 세척하였다. 이번 실험에 사용된 시멘트는 2 종류로 인산아연시멘트(Confident Co., U.S.A.)와 Panavia 21(Kuraray Co. Ltd., Japan)을 이용하였다. 1, 2, 3, 4 군은 인산아연시멘트로 5, 6, 7, 8 군은 Panavia 21로 접착하였다. 제조자의 지시대로 시멘트를 혼합하여 금관을 접착한 후 수제작한 하중 전달 장치를 이용하여 5 kg의 정적 하중을 10분간 가하였다.

### 3. 반복 하중 과 유지력 측정

접착 24시간 후 1, 3, 5, 7 군은 열순환만 시행하였고 2, 4, 6, 8 군은 열순환을 시행한 다음 수제작한 반복 하중 장치를 이용하여 중심에서 10mm 떨어진 지점에 65 N의 힘으로 cantilever loading을 가하였다. 열순환은 ISO 권장 기준으로 5~55℃의 온도 범

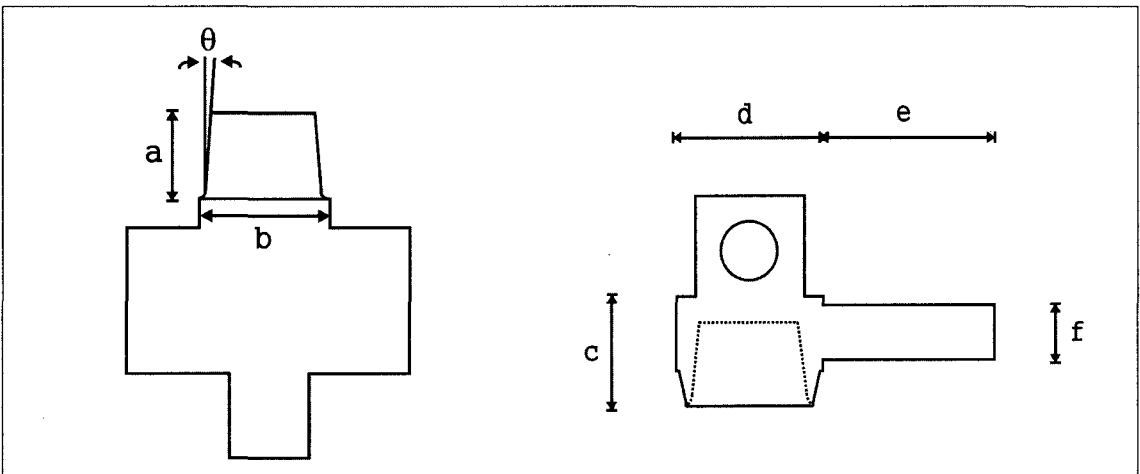


Fig. 1. Schematic drawing of crown and die.

Dimensions (mm): a=4; b=8; c=5; d=10; e=10; f=3;  $2\theta$ (Convergence angle in degrees)=8 or 16

Table 1. Experimental groups

Group	n	Taper	Cements	Thermocycling	Cyclic load
1	8	16°	Zinc phosphate	Yes	No
2	8	16°	Zinc phosphate	Yes	Yes
3	8	8°	Zinc phosphate	Yes	No
4	8	8°	Zinc phosphate	Yes	Yes
5	8	16°	Panavia 21	Yes	No
6	8	16°	Panavia 21	Yes	Yes
7	8	8°	Panavia 21	Yes	No
8	8	8°	Panavia 21	Yes	Yes

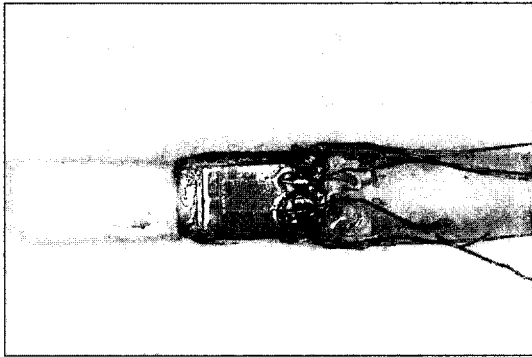


Fig. 2. Strain sensor.

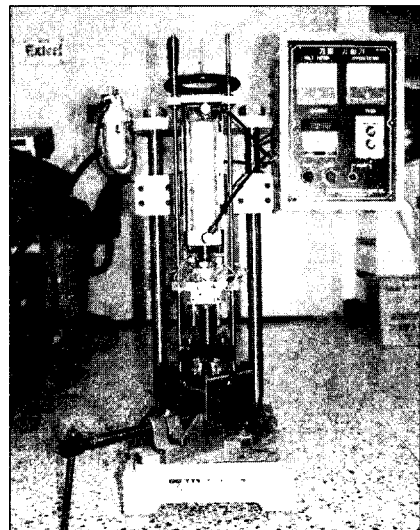


Fig. 3. Cyclic loading machine.

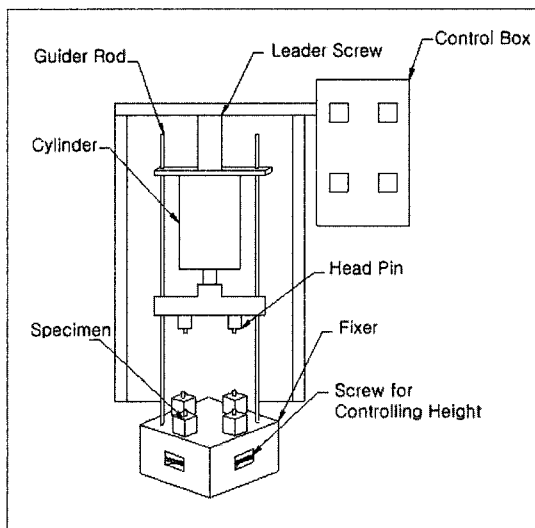


Fig. 4. Schematic drawing of cyclic loading machine.

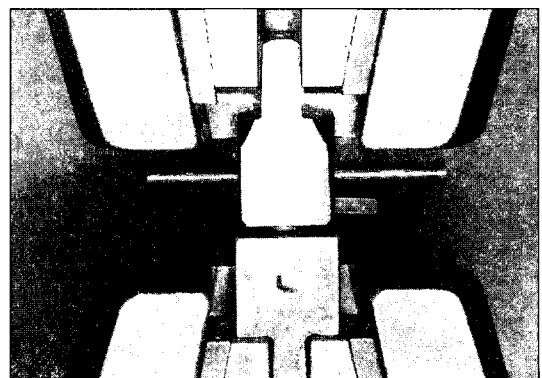


Fig. 5. Retention test using Instron testing machine.

위와 30초의 계류시간으로 500회 시행하였다<sup>33)</sup>. 하중 장치는 한 개의 air cylinder와 4개의 시편을 고정할 수 있는 고정대가 사용되었다(Fig. 3, 4). 따라서 반복 하중이 가해지는 동안 피스톤에 의한 집중 하중이 동일한 4개의 분포 하중으로 분산되도록 하였다. 균등한 하중으로 분산시키기 위해서 각각의 시편이 x,y,z 방향으로 독립적으로 움직일 수 있는 기계적 메카니즘을 갖도록 고정대를 설계하였다. 본격적인 하중 실험이 행해지기 전에 먼저 load cell(SB-500L, CAS Co., Korea)을 이용하여 air cylinder에서는 총 260 N의 하중이 나오도록 조절한 다음 응력 감지기(Strain sensor)로 각각의 시편에 하중이 고르게 분포되는지를 측정하였다. 응력 감지기는 사각의 아크릴 막대의 각 면에 스트레인 게이지(EA-06-240LZ-120, Measurements Group INC., U.S.A.)를 부착시킨 것으로 순수한 수직 하중에 의한 변형률만을 측정할 수 있도록 고안되었다(Fig. 2). 하중이 아크릴 막대에 가해지면 아크릴 막대에 변형이 발생되고 그 결과 아크릴에 부착된 스트레인 게이지에 저항이 발생되며 이를 휘스톤 브리지에 연결시키면 스트레인 게이지 저항의 변화로 인해 전압의 차이가 발생하고 여기서 발생된 신호는 AD board를 통하여 PC에 출력된다. 이로써 피스톤에 의한 집중 하중이 4개로 동일하게 분산되는지를 검사하였다. cycle은 1.2초당 1회로 하였고 총 100,000번의 하중을 가하였다. 유지력 측정은 cross head speed를 0.5mm/min으로 설정한 Instron(Model 4466)을 이용하였다(Fig. 5).

#### 4. 통계분석

각 군의 측정치에 대해 평균과 표준편차를 구하고 각 측정치간의 차이를 시멘트의 종류와 경사도에 따라 각각 이원변량분산분석(two-way ANOVA)으로 분석하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

각 군의 결과치는 Instron을 이용해 측정된 유지력을 다이의 단위면적으로 나누어 유지강도로 나타내었고 이에 대한 평균과 표준 편차는 Table 2와 같다(Fig. 6).

시멘트 종류에 따라 분석한 결과를 보면 인산아연 시멘트의 경우 경사도와 반복 하중 여부가 모두 유

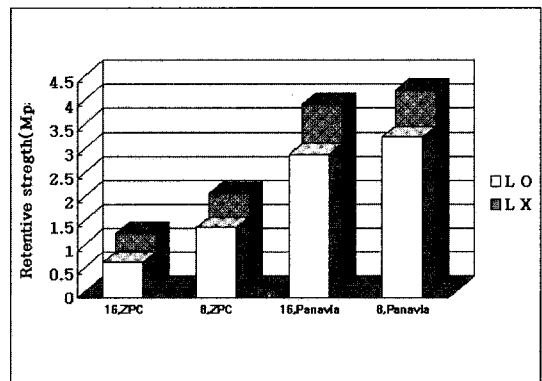


Fig. 6. Histogram showing the mean retentive strength.

Table 2. The mean and standard deviation of the retentive strength(MPa)

Group	n	Taper	Cements	Cyclic load	Mean	SD*
1	8	6°	Zinc phosphate	No	1.13	0.09
2	8	16°	Zinc phosphate	Yes	0.74	0.12
3	8	8°	Zinc phosphate	No	1.96	0.23
4	8	8°	Zinc phosphate	Yes	1.48	0.17
5	8	16°	Panavia 21	No	3.81	0.59
6	8	16°	Panavia 21	Yes	3.01	0.69
7	8	8°	Panavia 21	No	4.10	0.50
8	8	8°	Panavia 21	Yes	3.36	0.61

\*Standard Deviation

Table 3. Two-way ANOVA summary in Zinc phosphate cement, comparing taper and load to retentive strength

Source	Sum of squares	DF	F Value	Pr>F
Taper	4.969	1	190.606	0.000*
Load	1.501	1	57.567	0.000*
Taper/Load interaction	0.0195	1	0.748	0.394
Total	7.219	31		

\* Significant at  $P<0.05$

Table 5. Two-way ANOVA summary in 16° taper die, comparing cement and load to retentive strength

Source	Sum of squares	DF	F Value	Pr>F
Cement	48.931	1	230.884	0.000*
Load	2.803	1	13.224	0.001*
Cement/Load interaction	0.347	1	1.635	0.211
Total	58.014	31		

\* Significant at  $P<0.05$

의성 있는 차이를 보였다( $P<0.05$ )(Table 3). 즉 8°경사에서 16°경사보다 유의성있게 높은 유지력을 보였고 반복하중 후 유지력이 유의성있게 감소하였다.

Panavia의 경우 반복 하중 여부는 유의성 있는 차이를 보였지만( $P<0.05$ ) 경사도에 대해서는 유의성 있는 차이가 없었다( $P>0.05$ )(Table 4). 즉 반복 하중 후 유지력은 유의성있게 감소하였지만 8°경사와 16°경사 사이에서는 유지력이 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

경사도 종류에 따라 분석한 결과를 보면 8°, 16°경사 모두에서 Panavia가 인산아연 시멘트에 비해 유의성있게 높은 유지력을 보였고 하중을 가한 후 유지력이 유의성있게 감소하였다( $P<0.05$ )(Table 5, 6).

Table 4. Two-way ANOVA summary in Panavia 21, comparing taper and load to retentive strength

Source	Sum of squares	DF	F Value	Pr>F
Taper	0.835	1	2.307	0.140
Load	4.736	1	13.078	0.001*
Taper/Load interaction	0.007503	1	0.021	0.887
Total	15.717	31		

\* Significant at  $P<0.05$

Table 6. Two-way ANOVA summary in 8° taper die, comparing cement and load to retentive strength

Source	Sum of squares	DF	F Value	Pr>F
Cement	32.261	1	183.053	0.000*
Load	2.983	1	16.926	0.000*
Cement/Load interaction	0.131	1	0.745	0.395
Total	40.309	31		

\* Significant at  $P<0.05$

#### Ⅳ. 총괄 및 고안

금관의 유지력에 미치는 요소에 관해 그 동안 많은 연구가 있었는데 Witwer 등<sup>34)</sup>은 지대치의 경사도, 유지면적의 크기, 축벽의 길이와 주조관의 물성 등이 영향을 준다고 하였고 Gardner<sup>35)</sup>는 삭제된 형태, 주조 정확도, 시멘트의 물리적 성질 등이 유지력에 영향을 준다고 하였다. 본 실험에서는 유지력에 영향을 미칠 수 있는 요소 중 다이와 관련된 요소(지대치 높이, 함착 면적, 표면 거칠기 등)와 치관과 관련된 요소(하중을 가하는 위치, 금관의 두께 등)에 의한 실험 오차는 줄이고 순수히 경사도, 하중 여부, 시멘트의 종류에 의한 결과를 비교하기 위해 다이와 치관은 밀링을 통하여 제작하였다.

과거 여러 연구를 살펴보면 고정성 보철물의 실패 원인 중 시멘트와 관련된 것이 상당한 것으로 보고되고 있다. 일반적으로 이러한 실패는 저작시 보철물의 변형과 관련되어 있다고 생각되어진다. 저작시 보철물은 복잡한 힘을 받게 되고 탄성 범위 안에서 상당히 변형된다. 이러한 보철물의 변형은 결과적으로 시멘트 피막에 과도한 응력을 야기하게 되고 이것이 시멘트의 파절을 일으킬 수도 있다. 이러한 시멘트 파절은 보철물의 탈락을 야기할 수 있다<sup>4,5)</sup>. Kamposiora 등<sup>14)</sup>은 저작을 통해 생길 수 있는 가장 큰 응력(2.35 MPa)도 가장 약한 시멘트인 인산아연 시멘트의 인장응력(8 MPa)의 30%도 안되기 때문에 한 번의 저작으로는 시멘트의 파절이 생길 수 없다고 하였다. 그러나 하중이 반복적으로 가해지면 시멘트의 파절이 일어날 수 있다<sup>36)</sup>. Qlio 등<sup>37)</sup>은 8mm의 폭경에 5mm의 높이와 10°의 경사도를 갖는 지대치에 수직 하중이 가해지고 축벽을 통하여 끌고루 응력이 분포된다고 가정하면 축벽의 시멘트 피막에 발생하는 응력이 2.5~5 MPa 정도가 되지만 실제 상황에서는 응력이 균일하게 분포되기보다는 여러 요인들에 의해 국소화되는 경향이 있으므로 실제로 5~10 MPa 정도의 응력이 발생할 수 있다고 하였다.

DeBoever 등<sup>38)</sup>은 고정성 보철물의 가공치에 force transducer를 식립하고 단일 구치의 저작압을 측정하였는데 3명의 피실험자에서 각각 평균 2.44, 2.03, 4.26 lb를 기록했다고 보고하였고 최대 저작압이 15 lb를 넘지 않았다고 하였다. Anderson 등<sup>39)</sup>은 정상 치열의 경우 8~14 kg의 범위를 보였다고 하였고 Graf 등<sup>40)</sup>은 최대 수직 하중 값이 4 kg이라고 보고하였다. 이와 같은 연구들을 바탕으로 본 실험에서는 시편에 가하는 반복 하중의 크기를 65 N으로 하였다. 또한 구강내에서의 저작 속도와 유사하도록 여러 연구들의 결과를 기초로 1분당 50회의 속도로 하중을 가하였다<sup>41)</sup>. Wiskott 등<sup>42)</sup>은 접착된 금관에 반복 하중을 가해 지대치 경사도와 유지력간의 관계를 비교하는 실험에서 실험에 필요한 시간을 줄이기 위해 1분 당 1000회의 속도로 하중을 가했는데 저자 자신도 이러한 속도에서의 시멘트의 파절 진행은 정상적인 저작 속도에서의 파절의 진행과 다를 수 있음을 지적하였다.

Cantilever loading을 가한 것은 대부분의 치과용 시멘트들이 압축강도보다는 인장강도가 훨씬 낮다

는 사실에 근거해<sup>6,20,21)</sup> 금관에 cantilever loading을 가함으로써 금관에 되도록 인장응력이 많이 발생케 해 시멘트에 좀 더 가혹한 조건을 부여하기 위해서였다. 실제 Yamashita 등<sup>13)</sup>이 고정성 가공 의치에 스트레인 게이지를 장착하고 구강내에서 직접 응력을 측정한 결과 변연 부위에 응력이 집중되면서 압축응력과 인장응력이 복잡하게 나타나는 것을 보고하였다. 본 실험에서는 총 하중횟수를 100,000 번으로 하였는데 이는 하루에 저작과 연하시 500번의 치아 접촉이 있다고 가정하면 대략 200일의 효과에 해당하는 것이다<sup>43)</sup>. 하중횟수는 예비실험을 통하여 유의성있게 차이가 나는 횟수를 선정하였다.

그 동안 치과용 시멘트 종류에 따른 금관의 유지력에 관해 많은 연구가 있었다. 대부분의 실험들<sup>32,44-47)</sup>에서 Panavia가 인산아연시멘트보다 월등히 높은 유지력을 보였고 이는 본 연구의 결과와 일치한다. 반복 하중 후 인산아연시멘트에서는 16°경사의 경우 35%, 8°경사의 경우 25% 감소하였고 Panavia에서는 16°경사의 경우 21%, 8°경사의 경우 18% 감소해 유지력의 감소는 Panavia가 인산아연시멘트 보다 적었다. 이는 아마도 Panavia의 기계적 물성이 인산아연시멘트보다 더 우수하기 때문이라 사료된다. Panavia는 다른 레진시멘트들보다 무기 충전제의 함량이 높아(77 wt%) 향상된 기계적 물성을 보인다<sup>20)</sup>. White 등<sup>21)</sup>이 보고한 바에 따르면 인산아연시멘트의 경우 압축강도가 62.1 MPa, 인장강도가 9.3 MPa인 반면 Panavia는 압축강도가 178.5 MPa, 인장강도가 45.1 MPa이라고 하였고 Li 등<sup>6)</sup>도 비슷한 결과를 보고하였는데 인산아연시멘트의 경우 압축강도가 48 MPa, 인장강도가 10 MPa이고 Panavia는 압축강도가 137 MPa, 인장강도가 44 MPa이라고 하여 두 결과 모두에서 Panavia가 더 우수한 기계적 물성을 보였다. 또한 경사도가 작은 경우가 반복하중 후 유지력의 감소가 적었는데 이는 경사도가 작을수록 응력분산에 유리하기 때문이라 사료된다<sup>7,57)</sup>.

인산아연시멘트로 접착한 금관에서 최대유지력을 얻으려면 평행한 치아의 삭제가 필수적이다<sup>48-50)</sup>. Jørgensen<sup>49)</sup>은 지대치의 경사도가 5°일 때 유지력이 가장 높다고 하였고 Tylman 등<sup>51)</sup>은 2~5°경사도가 가장 이상적이라고 하였고 Johnston 등<sup>52)</sup>은 5~7°의 경사도를 추천하였으나 실제 임상에서는 이러한 경사도로 치아삭제를 하는 것은 쉽지 않다. 치과 대학

학생들을 대상으로 한 연구에서는 평균 경사도가 21°라고 하였고<sup>53)</sup> 다른 연구에서는 일반의와 전문의의 평균 경사도가 20°라고 보고하였다<sup>54)</sup>. 그래서 본 실험에서는 이상적 경사도에 가까운 8°경사와 임상적 상황에 좀 더 가까운 16°경사의 다이를 이용하여 시멘트 종류에 따른 차이를 조사하였다. Panavia는 인산아연시멘트와는 달리 경사도에 의한 영향을 거의 받지 않았는데 이는 기계적 유지에 의해서만 유지력을 얻는 인산아연시멘트의 경우와는 달리 Panavia의 경우 금속과 화학적 결합이 가능하다는 것이 원인인 것 같다. Panavia는 단량체에 phosphate ester를 첨가해 치질과 금속과의 결합을 상당히 개선시켰다<sup>19)</sup>. 본 실험에서는 비록 금속 다이를 이용하였지만 Panavia가 치질과 금속 모두에 화학적으로 결합하는 성질이 있으므로 이러한 결과는 실제 구강내에서도 어느 정도 반영될 수 있다고 사료된다. El-Mowafy 등<sup>26)</sup>도 비슷한 결과를 보고하였는데 24°경사도의 지대치에 인산아연시멘트로 접착한 금관보다 70°경사도의 지대치에 레진시멘트로 접착한 금관이 더 유지력이 컸다고 하면서 임상에서 치아 삭제시 많이 경사진 지대치는 레진시멘트로 접착할 것을 권장하였다.

Rosenstiel<sup>55)</sup>은 경사도에 대한 Jørgensen hyperbola를 다음과 같이 수학적으로 공식화하였다.

$Retention(g/mm^2) = 380/Taper(degrees) + 5.5$   
이 공식에 8°와 16°를 대입해보면 경사도가 8°에서 16°로 커지면 유지력이 45% 감소한다는 계산이 나온다. 실제 본 실험 결과치를 분석해보면 인산아연시멘트에서 43%가 감소해 거의 유사함을 보였다.

경사도와 하중과의 관계에 대해서 Wiskott 등<sup>42)</sup>은 경사도와 하중에 대한 저항이 반비례한다고 보고하였는데 이 번 실험에서도 인산아연시멘트의 경우 8°경사는 반복 하중 후 35%, 16°경사는 25% 유지력이 감소해 8°경사가 하중 후 유지력 감소율이 적었다. Gundler 등<sup>56)</sup>은 인산아연시멘트로 접착한 금관에 대해 지대치의 경사도를 달리해 1,000,000번의 반복 하중을 가하여 피로 실험을 한 결과 20°경사에서는 실패가 없었지만 40°에서는 70%, 60°에서는 100%의 실패를 보고하였다. 레진시멘트에서는 경사도에 대한 하중의 영향이 적었다. Kamposiora 등<sup>14)</sup>은 유한 요소분석법을 이용하여 시멘트의 미세파절을 관찰한 결과 인산아연시멘트가 레진시멘트보다 더 큰 평

균 응력을 보였다고 보고하였으며 Owen<sup>57)</sup>은 지대치의 경사도가 클수록 그 정도가 더 심화된다고 보고하였다. 이는 본 실험 결과와 무관하지 않은데 실제 본 실험에서도 인산아연시멘트가 Panavia 보다 하중의 영향을 더 크게 받은 것으로 나타났고 경사도 면에서도 Panavia 보다 인산아연시멘트가 더 크게 영향을 받은 것으로 나타났다.

## V. 결 론

반복 하중이 full veneer crown의 유지력에 미치는 영향을 구명하기 위하여 8° 및 16°의 축벽경사를 갖는 표준화된 금속 다이를 제작하고 또한 여기에 맞는 금관을 제작한 다음 이들을 각각 인산아연시멘트와 Panavia 21로 접착하고 하중을 가하지 않은 균과 하중을 가한 균을 시멘트의 종류와 다이의 경사도에 따라 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 군에서 Panavia 21이 인산아연시멘트에 비해 유의성있게 높은 유지력을 보였다( $p < 0.05$ ).
2. 인산아연시멘트의 경우 8°경사의 경우가 16°경사보다 유의성있게 높은 유지력을 보였지만 ( $p < 0.05$ ) Panavia 21의 경우에는 8°와 16°경사 사이에 유지력의 유의성있는 차이는 없었다 ( $P > 0.05$ ).
3. 모든 군에서 반복 하중이 금관의 유지력을 유의성있게 감소시켰다( $p < 0.05$ ).
4. 16°경사의 다이에 인산아연시멘트로 접착한 경우 반복 하중 후 유지력이 35% 감소하였고 8°경사의 다이에 인산아연시멘트로 접착한 경우에는 25% 감소하였다. Panavia 21에서는 16°경사의 다이의 경우 21%, 8°의 경우 18% 감소하였다.

## 참 고 문 헌

1. Ølilo G. Luting cements: a review and comparison. *Int Dent J* 1991;41:81-88.
2. Kanoy BE, Felton DA, White JT, Bayne SC: Effect of the porcelain firing sequence on the bond strengths of cements. *J Oral Rehabil* 1989;16:335-343.
3. Schwartz NL, Whitsett LD, Berry TG, Stewart JL. Unserviceable crowns and

- fixed partial dentures: life-span and causes for loss of serviceability. *J Am Dent Assoc* 1970; 81:1395-1401.
4. Walton JN, Gardner M, Agar JR. A survey of crown and fixed partial denture failures: Length of service and reasons for replacement. *J Prosthet Dent* 1986;56:416-421.
  5. Yamashita J, Shiozawa I, Takakuda K, Miyairi H. Deformation of restoration and fracture of luting cement film. *J Dentistry* 1998;26:459-466.
  6. Li ZC, White SN. Mechanical properties of dental luting cements. *J Prosthet Dent* 1999;81:597-609.
  7. Nicholls JI. Crown retention. II. The effect of convergence angle variation on the computed stresses in the luting agent. *J Prosthet Dent* 1974;31:651-657.
  8. Nicholls JI. Crown retention. I. Stress analysis of symmetric restorations. *J Prosthet Dent* 1974;31:179-184.
  9. Yettram AL, Wright KW, Pickard HM. Finite element stress analysis of the crowns of normal and restored teeth. *J Dent Res* 1976;55:1004-1011.
  10. Farah JW, Craig RG. Stress analysis of three marginal configurations of full posterior crowns by three-dimensional photoelasticity. *J Dent Res* 1974;53:1219-1225.
  11. Goldstein GR, Wesson A, Schweitzer K, Cutler B. Flexion characteristics of four-unit fixed partial denture frameworks using holographic interferometry. *J Prosthet Dent* 1992;67:609-613.
  12. Libman WJ, Nicholls JI. Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. *Int J Prosthodont* 1995;8:155-161.
  13. Yamashita J, Shiozawa I, Takakuda K. A comparison of in vivo and in vitro strain with posterior fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1997;77:250-255.
  14. Kamposiora P, Papavasiliou G, Bayne SC, Felton DA. Finite element analysis estimates of cement microfracture under complete veneer crowns. *J Prosthet Dent* 1994;71:435-441.
  15. Fan P, Nicholls JI, Kois JC. Load fatigue of five restoration modalities in structurally compromised premolars. *Int J Prosthodont* 1995;8:213-220.
  16. Ames WB. A new oxyphosphate for crown setting. *Dent Cosmos* 1892;34:392-393.
  17. Anusavice KJ. Phillip's science of dental materials. 10th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996. P.555-581.
  18. Phillip's RW. Skinner's science of dental materials. 8th ed. Philadelphia: WB Saunders, 1982:478.
  19. Tjan AHL, Li T. Seating and retention of complete crowns with a new adhesive resin cement. *J Prosthet Dent* 1992;67:478-483.
  20. White SN, Yu Z. Physical properties of fixed prosthodontic, Resin composite luting agents. *Int J Prosthodont* 1993;6:384-389.
  21. White SN, BDentSc, Yu Z. Compressive and diametral tensile strengths of current adhesive luting agents. *J Prosthetic Dent* 1993;69:568-572.
  22. Rosenstiel S, Land M, Crispin BJ. Dental luting agents: A review of the current literature 1998;80:280-301.
  23. McComb D. Adhesive luting cements - Classes, criteria, and usage. *Compendium* 1996;17:759-773.
  24. Donovan T, Cho GC. Contemporary evaluation of dental cements. *Compendium* 1999;20:197-219.
  25. White SN, Sorensen JA, Kang SK, Caputo AA. Microleakage of new crown and fixed partial denture luting agents. *J Prosthet Dent* 1992;67:156-161.



26. EL-Mowafy OM, Fenton AH, Forrester N, Milenkovic M. Retention of metal crowns cemented with resin cements: Effects of preparation taper and height. *J Prosthet Dent* 1996;76:524-529.
27. Mausner IK, Goldstein GR, Georgescu M. Effect of two dentinal desensitizing agents on retention of complete cast coping using four cements. *J Prosthet Dent* 1996;75:129-134.
28. Swift EJ, Lloyd AH, Felton DA. The effect of resin desensitizing agents on crown retention. *J Am Dent Assoc* 1997;128:195-200.
29. Lyons KM, Rodda JC, Hood JAA. The effect of environmental pressure changes during diving on the retentive strength of different luting agents for full cast crowns. *J Prosthet Dent* 1997;78:522-527.
30. Ernst CP, Wenzl N, Stender E, Willershausen B. Retentive strengths of cast gold crowns using glass ionomer, compomer, or resin cement. *J Prosthet Dent* 1998;79:472-476.
31. Hansen PA, Woolsey G, Killoy WJ, Hanson C. Effect of brushing with sonic and counterrotational toothbrushes on the bond strength of full veneer crowns. *J Prosthet Dent* 1998;80:429-433.
32. Ayad MF, Rosenstiel SF, Salama M. Influence of tooth surface roughness and type of cement on retention of complete cast crowns. *J Prosthet Dent* 1997;77:116-121.
33. ISO/TC106/Subcommittee 1. CD TR 11405-Guidance on testing of adhesion to tooth structure. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
34. Witwer DJ, Storey RJ, von Fraunhofer JA. The effects of surface texture and grooving on the retention of cast crowns. *J Prosthet Dent* 1986;56:421.
35. Gardner FM. Margins of complete crowns- Literature review. *J Prosthet Dent* 1982;48:396.
36. Wiskott HWA, Nicholls JI, Belser UC. Stress fatigue: Basic principles and prosthodontic implications. *Int J Prosthodont* 1995;8:105-116.
37. Ølio G, Espevik S. Stress/strain behavior of some dental luting cements. *Acta Odontol Scand* 1978;36:45-49.
38. DeBoever JA, McCall WD, Holden S. Functional occlusal forces. An investigation by telemetry. *J Prosthet Dent* 1978;40:326-333.
39. Anderson DJ, Picton DCA. Masticatory stresses in normal and modified occlusion. *J Dent Res* 1958;37:312-317.
40. Graf H, Grassl H, Aeberhard HJ. A method of measurement of occlusal forces in three dimensions. *Helv Odont Acta*. 1974;18:7-11.
41. Bates JF, Stafford GD, Harrison A. Masticatory function- A review of the literature. II. Speed of movement of the mandible, rate of chewing and forces developed in chewing. *J Oral Rehabil* 1975;2:349-361.
42. Wiskott HWA, Nicholls JI, Belser UC. The relationship between abutment taper and resistance of cemented crowns to dynamic loading. *Int J Prosthodont* 1996;9:117-130.
43. Ramp MH, Suzuki S, Cox CF, Lacefield WR, Koth DL. Evaluation of wear: Enamel opposing three ceramic materials and a gold alloy. *J Prosthet Dent* 1997;77:523-530.
44. Tjan AHL, Li T. Seating and retention of complete crowns with a new adhesive resin cement. *J Prosthet Dent* 1992;67:478-483.
45. Wiskott HWA, Nicholls JI, Belser U. The relationship between abutment taper and resistance of cemented crowns to dynam-

- ic loading. *Int J Prosthodont* 1996;9(2):117-130.
46. Jung YW, Cho HW, Jin TH. The film thickness and retention of cast crown uning adhesive resin cements. *J Korean Acad Prosthodont* 1992;30:437-442.
47. Lee CH, Jo KH. Comparison for the retention of casting crown and cement thickness following various cements. *J Korean Acad Prosthodont* 1994;32:37-45.
48. Gundler A, Lockowandt P, Erhardson S. Crown retention and cyclic loading(in vitro). *Scand J Dent Res* 1993;101:252-256.
49. Jörgensen KD. The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns. *Acta Odontol Scand* 1955;13:35-40.
50. Kaufman EG, Coelho DH, Colin L. Factors influencing the retention of cemented gold castings. *J Prosthet Dent* 1961;11:487-502
51. Tylman SD, Malone WFP. Tylman's theory and practice of fixed prosthodontics, ed 7. St Louis: Mosby, 1978:108.
52. Johnston JF, Phillips RW, Dykema RW. *Modern practice in crown and bridge prosthodontics*, ed 3. Philadelphia: Saunders, 1971:68.
53. Ohm E, Silness J. The convergence angle in teeth prepared for artificial crowns. *J Oral Rehabil* 1978;5:371-375.
54. Nordlander J, Weir D, Stoffer W, Ochi S. The taper of clinical preparations for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1988;60:148-152.
55. Rosenstiel E. The retention of inlays and crowns as a function of geometric form. *Br Dent J* 1957;103:388-394.
56. Gunder A, Lockowandt P, Erhardson S. Crown retention and cyclic loading(in vitro). *Scand J Dent Res* 1993;101:252-256.
57. Owen CP. Retention and resistance in preparations for extracoronal restorations. Part I :theoretical studies. *J Prosthet Dent* 1986;56:13-16.

---

**Reprint request to:**

Sun-Hyung Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University  
28-1, Yeongun-Dong, Chongno-Gu, Seoul, 110-749, Korea  
cerasun@plaza.snu.ac.kr

## ABSTRACT

# THE EFFECT OF CYCLIC LOADING ON THE RETENTIVE STRENGTH OF FULL VENEER CROWNS

Ki-Youn Kim, D.D.S., Sun-Hyung Lee, D.D.S.,M.S.D.,Ph.D.  
Hun-Young Chung, D.D.S.,M.S.D.,Ph.D., Jae-Ho Yang, D.D.S.,M.S.D.,Ph.D.,  
Seong-Joo Heo, D.D.S.,M.S.D.,Ph.D.

*Department of Prosthodontics, Graduate School, Seoul National University*

Dislodgement of a crown or extension bridge and the loosening of a retainer of a bridge is a serious clinical problem in fixed restoration. Generally these problems are considered to be associated with deformation of the restoration. During biting, the restoration is subjected to complex forces and deforms considerably within the limit of its elasticity. Deformation of the restoration under the occlusal force induces excessive stress in the cement film, which then leads to the cement fracture. Such a fracture may eventually cause loss of the restoration. Because most of the past retention tests for full veneer crown were done without fatigue loading, they were not exactly simulating intraoral environment. And the purpose of this study was to evaluate the effect of cyclic cantilever loading on the retentive strength of full veneer crowns depending on different type of cements and taper of prepared abutment.

Steel dies with 8° or 16° convergence angle were fabricated through milling and crowns with the same method. These dies and crowns were divided into 8 groups.

Group 1: 16° taper die, cementation with zinc phosphate cement, without loading

Group 2: 16° taper die, cementation with zinc phosphate cement, with loading

Group 3: 8° taper die, cementation with zinc phosphate cement, without loading

Group 4: 8° taper die, cementation with zinc phosphate cement, with loading

Group 5: 16° taper die, cementation with Panavia 21, without loading

Group 6: 16° taper die, cementation with Panavia 21, with loading

Group 7: 8° taper die, cementation with Panavia 21, without loading

Group 8: 8° taper die, cementation with Panavia 21, with loading

After checking the fit of die and crown, the luting surface of dies and inner surface of crowns were air-abraded for 10 seconds. The crowns were cemented to the dies, with cements mixed according to the manufacturer's recommendations. A static load of 5 kg was then applied for 10 minutes with static loading device.

Twenty-four hours later, group 1,3,5,7 were only thermocycled, group 2,4,6,8 were subjected to cyclic loading after thermocycling. Retentive tests were performed on the Instron machine. From the finding of this study, the following conclusions were obtained.

1. Panavia 21 showed significantly higher retentive strength than zinc phosphate cement for all groups( $p<0.05$ ).
2. There was a significant difference in the retentive strength between  $8^\circ$  and  $16^\circ$  taper for zinc phosphate cement( $p<0.05$ ), but no significant difference for Panavia 21( $p>0.05$ ).
3. Cyclic loading significantly decreased the retentive strength for all groups( $p<0.05$ ).
4. For zinc phosphate cement, there was 35% reduction of the retentive strength after loading in the  $16^\circ$  taper die, 25% in the  $8^\circ$  taper die, and for Panavia 21, 21% in the  $16^\circ$  taper die, 18% in the  $8^\circ$  taper die.

---

**Key Words** : Cyclic loading, Taper, Luting cement, Retentive strength