

# 초음파 진동이 주조금관의 변연형태와 시멘트의 결합강도에 미치는 영향

전남대학교 치과대학 보철학교실

이 윤 경·방 몽 숙·박 하 옥

## **The effect of ultrasonic vibration on bond strength of cemented crown according to margin types and cements**

Yun-Kyung Lee, D.D.S., Mong-Sook Bang, D.D.S.,Ph.D., Ha-Ok Park, D.D.S.,Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University

This study was aimed to evaluate the effects of ultrasonic vibration on margin types and cements by comparing bond strength of cemented crown.

In this study, margins of each metal die, which were chamfer, shoulder and shoulder with bevel, were prepared using computer milling machine. Specimens were cemented with zinc phosphate cement or resin cement. The specimens were divided by the finish line and cement used, ultrasonic vibration. I made total 84 specimens. All specimens were divided into two groups. One group was not vibrated, the other group was subjected to ultrasonic vibration for 12 minutes. Tensile bond strength was measured using Universal testing machine. The changes of bond strength in groups were statistically analyzed by t-test or One-way ANOVA.

The results were as follows :

1. Ultrasonic instrumentation diminished the bond strength of crown cemented with zinc phosphate cement and resin cement after 12 minutes application.
2. In case of zinc phosphate cement, the bond strength of a vibrated group was showed significantly decreased( $p < 0.05$ ).  
In vibrated groups with zinc phosphate cement, shoulder with bevel exhibit a significant difference to chamfer and shoulder( $p < 0.05$ )
3. Resin cement was more resistant to ultrasonic vibration than zinc phosphate cement and showed no significant differences according to ultrasonic vibration and margin type.

In conclusion, These results revealed that zinc phosphate cement was most affected and resin cement was the least affected by ultrasonic vibration. Especially shoulder with bevel design was most affected in zinc phosphate cement groups. we should consider these results and be taken in the application of ultrasonic vibration to any teeth restored with crowns.

**Key words** : bond strength, cements, chamfer, shoulder, ultrasonic vibration

# 초음파 진동이 주조금관의 변연형태와 시멘트의 결합강도에 미치는 영향

전남대학교 치과대학 보철학교실

이 윤 경·방 몽 숙·박 하 옥

## I. 서 론

초음파 진동은 인간의 귀로 감지할 수 없는 20,000Hz 이상의 파장으로 1920년대부터 자연과학, 공학, 의학 및 치의학 분야에서 다양하게 응용되고 있다.<sup>1-3)</sup> 의학 분야에서는 초음파 진동의 반향 및 발생되는 열을 이용하여 진단과 병적 조직의 제거 등의 치료에 유용하게 사용되고 있으며, 치의학 분야에서는 1950년대에 도입되어 초당 25,000 ~ 42,000cycle의 주파수내에서 일어나는 진동을 응용하여 치석제거, 치은 변연 절제술, 치주낭 소파술, 치근관 치료, 기구 및 보철물의 세척 등에 사용되고 있다.<sup>4-8)</sup> 그러나 초음파 기구의 진동은 보철물 내부의 시멘트에 국소적인 응력 집중을 야기하여 미세 파절을 가져올 수 있으므로 보철물의 유지에 영향을 줄 수 있다.<sup>9,10)</sup> 초음파 진동의 영향에 대하여 Krell 등<sup>10)</sup>, Buoncristan 등<sup>11)</sup>과 Goon<sup>12)</sup>은 근관 주조물 내 시멘트의 균열을 야기하여 근관의 포스트 및 아말감 코어 제거를 용이하게 한다고 보고하였다. Pfeiffer 등<sup>13)</sup>, Olin<sup>14)</sup>, Parreria 등<sup>15)</sup>은 초음파 진동이 주조 수복물의 결합을 느슨하게(loosening)한다고 하였으나, McQuade 등<sup>16)</sup>은 인산 아연 시멘트를 이용한 주조 수복물의 결합강도에 대한 연구에서 적합이 양호한 수복물의 경우 유의한 차이가 없었다고 보고하였다.

보편적으로 치과용 시멘트는 수복물의 장기적인 성공을 위하여 높은 강도, 낮은 피막도 및 용해성,

조작성과 크기의 안정성 등을 갖추어야 하나 현재 까지 모든 요구 조건을 만족시키는 이상적인 시멘트는 없으므로 지속적인 연구가 지속되고 있다. 인산 아연 시멘트는 적절한 압축강도와 낮은 피막도를 가졌고 임상적 성공률이 높아 많이 사용되고 있으며, 레진 시멘트는 결합력과 심미성이 우수하며 구강 내에서 용해도가 낮은 장점이 있어 최근에 많이 사용되고 있다.<sup>17-19)</sup>

수복물의 성공적인 유지와 강도를 위하여 사용하는 변연형태로 chamfer, shoulder, shoulder with bevel 등이 많이 사용되고 있다.<sup>20,21)</sup> Rosner<sup>22)</sup>, Belsky와 Miller<sup>23)</sup>와 김 등<sup>24)</sup>은 변연형태의 종류에 따른 적합도, 장단점 등을 관찰하여 보고하였으며, El-Ebrashi 등<sup>25)</sup>과 Kamposira 등<sup>9)</sup>은 응력 분석을 이용하여 변연형태의 차이를 논한바 있다.

현재 초음파 진동을 이용한 수복물의 제거와 시멘트에 미치는 영향에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 초음파 진동이 주조 수복물의 변연 부위에 가해질 때 변연형태에 따라 미치는 영향에 관한 연구는 미미한 실정이다. 이에 본 연구는 임상에서 많이 사용하는 chamfer, shoulder, shoulder with bevel의 변연형태를 갖는 주조금관을 인산 아연 시멘트와 레진 시멘트를 이용하여 금속 지대치에 접착하고 초음파 진동을 가한 후 인장강도를 측정함으로써 초음파 진동이 결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시행되었다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료 및 분류

본 실험에서 금속 지대치는 황동(brass)으로 제작하였으며 chamfer, shoulder, shoulder with bevel의 변연으로 분류하였다. 금속 지대치는 표준화하기 위하여 컴퓨터 수치제어선반 (Hi-Eco 14A®, 화천 기계, Korea)을 이용하여 각각 가공하였다. 주조금관은 니켈 크롬 합금 (New crown®, Ruby dental Co., Japan)을 이용하여 제작하였고, 각 시편은 인산아연 시멘트(Flecks® zinc cement, Mizzy Inc., NJ., USA)와 레진 시멘트(Panavia F®, Kuraray, Japan)를 이용하여 접착하였다. 초음파 진동 여부에 따라 시편은 두 군으로 나누고 초음파 기구(Mini piezone®, EMS corp., Swiss)를 이용하여 12분간 진동을 가하였다. 3가지 변연 형태와 2가지 시멘트를 사용한 12군에 대해 7개씩 84개의 시편을 제작하였다(Table 1).

### 2. 연구방법

#### 1) 시편의 제작

##### (1) 금속 지대치의 제작

금속 지대치는 컴퓨터 수치 제어 선반을 이용하여 제작하였다. 금속 지대치의 폭경은 8mm, 높이 6 mm, 측면의 경사도가 10°이며 변연의 형태는 1mm의 chamfer, shoulder, shoulder with bevel로 하여 컴퓨터 수치제어 선반에 연결된 control part (Fanuc 0-T)의 컴퓨터에 입력하여 금속 지대치를 제작하였다.

Shoulder with bevel은 45°로 bevel을 형성하여 모형을 완성하였다(Fig. 1).

##### (2) 주조금관 제작

금속 지대치는 온도 차이에 의한 왁스의 변형을 감소하기 위하여 일정한 온도로 유지한 후 분리재 (GC Sep®, GC Co., Japan)를 도포하고, dipping wax (elaflex®, Brident. Co., Gemany)를 이용하여 납형을 제작하였다.

제작된 납형은 통법에 따라 인산염 매몰제 (Unovest®, 부평 치과화학공업사, Korea)로 진공 혼합하여 매몰한 후, 니켈-크롬 합금 (New crown®, Ruby dental Co., Japan)으로 주조하였다. 주조금관은 치과용 탐침과 stereoscopy(40×60)를 이용하여 적합성을 검사하였으며 기포가 있거나 변연 적합이 불량한 경우 다시 제작하였다. 주조 후 50μm의 산화 알루미늄으로 분사하고 스팀 세척하였다.

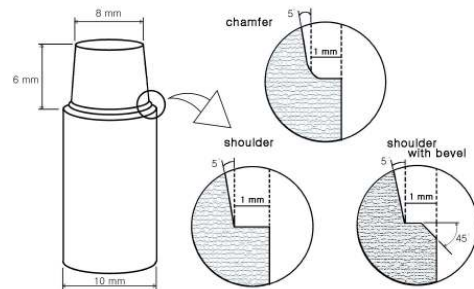


Fig. 1. Schematic drawing of die

Table 1. Classification of groups

Vibration		No vibration	
margin type	cement	margin type	cement
chamfer	zinc phosphate cement	chamfer	zinc phosphate cement
	resin cement		resin cement
shoulder	zinc phosphate cement	shoulder	zinc phosphate cement
	resin cement		resin cement
shoulder with bevel	zinc phosphate cement	shoulder with bevel	zinc phosphate cement
	resin cement		resin cement

2) 시편의 제작

주조금관과 금속 지대치는 인산 아연 시멘트와 레진 시멘트를 이용하여 제작하였다. 인산 아연 시멘트(Flecks zinc cement®, Mizzy Inc., NJ., USA)를 제조자의 지시대로 혼합하여 주조금관과 금속 지대치를 제작하고 수지압으로 2분간 고정하고 정하중 압착기로 15kg 하중을 10분간 가한 후 과잉의 시멘트를 제거하였다. 레진 시멘트 (Panavia F®, Kuraray Co., Japan)는 제조자의 지시대로 혼합하여 주조금관과 금속 지대치를 제작한 후 광중합기로 변연 부위를 20초간 광 조사하고 Oxygard® (Kuraray Co., Japan)를 도포하여 시멘트 경화 시까지 3분간 수지압으로 유지하였다. 시편은 실온의 증류수에 24시간에서 48시간 보관하였다.

3) 초음파 진동

초음파 기구 (Mini piezone®, EMS corp., Swiss)를 이용하여 40Khz로 12분간 시편에 진동을 가하였다. 진동은 주조관 변연부 1mm 상방의 한 점과 반대편의 한 점에 가하였다.

4) 결합강도 측정

각 시편은 강선을 이용하여 지그에 연결하고 만능물성시험기 (Instron 4302, Instron corp., England)를 이용하여 2mm/min의 cross head speed 로 인장력을 측정하여 결합강도를 알아보았다(fig. 2).

5) 통계 처리

인장력 측정치 사이의 상관관계를 알아보기 위하여 SPSS (v 10.0) for window를 사용하였다. 초음파 진동에 따른 각 시멘트의 영향을 알아보기 위하여 t-test를 시행하였고 세 변연 형태간의 비교는 One-way ANOVA (Tukey)를 이용하여 각 인자들간의 유의성을 분석하였다.

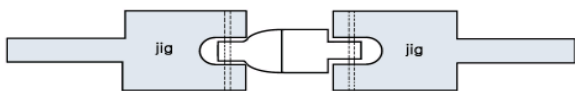


Fig. 2. Diagram shows the figures of die and jig.

III. 연구결과

본 실험에서 측정한 각 군의 결합강도의 평균값과 표준편차에 대한 결과는 Table 2와 같다. 인산 아연 시멘트의 경우 결합강도는 초음파 진동 전 평균 135.35±5.80kgf이었으며 초음파 진동 후 122.06±9.65kgf이었다. 레진 시멘트의 경우 결합 강도는 초음파 진동 전 294.01±16.7kgf이었으며 초음파 진동 후 287.23±17.18kgf이었다.

초음파 진동 전후의 각 변연 형태별 결합강도는 인산 아연 시멘트 군의 경우 chamfer는 137.71±3.61kgf에서 127.35±4.60kgf, shoulder는 134.47±6.66kgf에서 124.27±7.73kgf, shoulder with bevel은 133.87±6.69kgf에서 114.54±11.17kgf로 나타났다. 레진 시멘트 군에서 초음파 진동 전후의 결합강도를 살펴보면 chamfer는 296.01±14.54kgf에서 286.77±20.05kgf, shoulder는 292.20±21.79kgf에서 287.90±14.34kgf, shoulder with bevel은 293.83±15.41kgf에서 287.03±17.18kgf로 나타났다. 인산 아연 시멘트와 레진 시멘트는 초음파 진동 후 결합강도의 감소를 보였다.

시멘트에 따른 초음파 진동의 영향에 대한 비교를 용이하게 하기 위하여 Fig. 3과 Fig. 4에 평균값을 도표로 나타내었다. 인산 아연 시멘트와 레진 시멘트를 이용한 초음파 진동 전후의 각 평균값의 유의차를 알아보기 위하여 t-test를 시행하여 Table 2에 정리하였다. 분석한 결과 인산 아연 시멘트 군은 초음파 진동 후 결합강도는 감소하였으며 진동 전에 비하여 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 레진 시멘트를 사용한 군의 결합강도는 초음파 기구의 진동 후 약간의 감소를 보였으나 유의한 차이가 없었다 (p>0.05).

One-way ANOVA를 이용하여 각 변연 형태별 통계학적인 유의성 검정을 한 결과 초음파 진동을 가하지 않고 단순히 제작만 한 경우에는 통계적인 차이가 없었다. 초음파 진동 후의 변연 형태별 비교에서는 인산 아연 시멘트 군의 경우 shoulder with bevel의 결합강도가 감소가 가장 컸으며, shoulder, chamfer의 순서로 감소하였다. 분석 결과 shoulder with bevel군은 다른 변연 형태에 비해 유의한 차이를 보였고(p<0.05), 나머지 실험군들 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 레진 시멘트 군은 초

Table 2. Analysis of variance for tensile strength in zinc phosphate cement and resin cement group (with vs without vibration).

Groups	Zinc phosphate cement			Resin cement		
	Vibration	No Vibration	<sup>a</sup> p	Vibration	No Vibration	<sup>b</sup> p
Chamfer	137.70±3.61	127.35±4.6*	<0.01	296.01±14.54	286.77±20.05	>0.05
Shoulder	134.47±6.66	124.27±7.73	<0.05	292.2±21.79	287.9±14.34	>0.05
Shoulder with Bevel	133.87±6.69	114.54±11.17*	<0.01	293.83±15.41	287.03±17.18	>0.05
<sup>c</sup> p	>0.05	<0.05		>0.05	>0.05	

a indicates analysis between no vibration and vibration in zinc phosphate cement group by t-test; b, analysis between no vibration and vibration in resin cement group by t-test.; c, analysis among chamfer, shoulder, shoulder with bevel in zinc phosphate cement and resin cement groups by One-Way ANOVA. Data are mean±SD(kgf) (N=7).

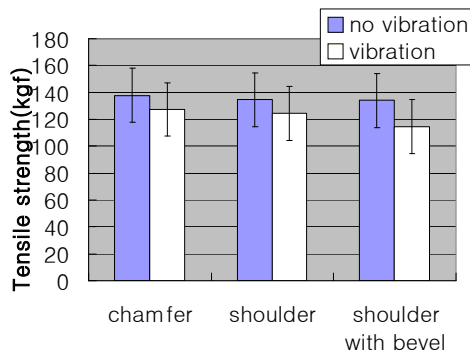


Fig. 3. Tensile strength in zinc phosphate cement group.

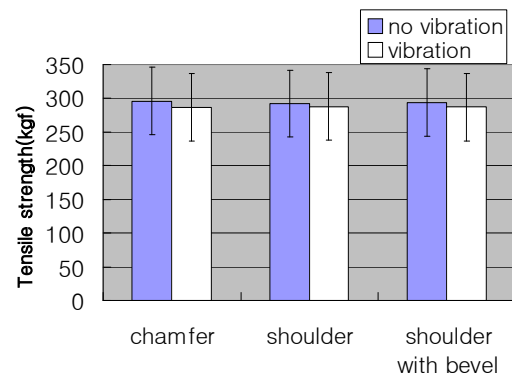


Fig. 4. Tensile strength in resin cement group.

음파 진동에 관계없이 변연 형태별 차이는 유의하지 않았다( $p>0.05$ )(Table 2).

#### IV. 고 찰

초음파는 우리가 들을 수 있는 범위의 음파와 성질이 유사하나 보통의 소리에서는 볼 수 없는 성질을 나타낸다. 즉, 초음파는 진로의 방향성을 갖으며 파장이 짧아 강한 진동이 생기므로 물질을 진동시키는 특성을 가진다. 이러한 성질을 이용하여 초음파는 일반적으로 탐색의 기능과 더불어 의학·생물학 분야에서 살아 있는 세포의 구조와 조직의 미세구조 관찰 등에 사용되며, 임상에서 다양한 진단과 치료에 도움을 주고 있다.<sup>1-4)</sup>

초음파는 크게 저주파 초음파, 고주파 초음파, 극초음파로 분류된다. 강력한 저주파 초음파는 기계 부품의 세척 등에 사용되고, 고주파 초음파는 고정 재료 속의 탐상(探傷), 유량계, 의학적 진단 등이나 각종 계측에 사용된다. 주파수가 특히 높은 극초음파(極超音波)는 물체 속에서 초음파의 전파속도나 흡수되는 방향을 조사함으로써 분자의 회전이나 진동의 주파수 등 물질구조를 해명하는데 사용되고 있다.<sup>1-4)</sup>

치의학 분야에서는 1950년경 도입되어 초음파 파장에 의한 기구의 진동과 액체의 분사를 이용한 경조직과 연조직의 치료 및 기구와 보철물의 세척 등에 사용되고 있다.<sup>4)</sup> 임상에서 사용하는 초음파 기구와 관련하여 치석 제거나 치주낭 소파술 등의 치

주 치료 및 근관 치료 등의 사용에 관한 연구가 진행되어 왔으며 최근에는 초음파 기구의 진동이 시멘트와 주조 수복물의 결합 강도에 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다<sup>5-8,10-16</sup>. Hideo 등<sup>26</sup>과 김 등<sup>27</sup>은 다양한 시멘트에 5분 이내의 초음파 진동을 가한 결과 인산 아연 시멘트는 1분의 적용에도 현저한 결합강도의 감소를 보이며 레진 시멘트는 폴리 카르복실레이트 시멘트와 글래스 아이오노머 시멘트에 비해 비교적 결합강도의 감소의 영향에 미치는 영향이 적다고 하였다. Olin<sup>14</sup>도 인산 아연 시멘트와 글래스 아이오노머 시멘트의 경우 초음파 진동의 영향을 받는다고 보고한 바 있다. 그러나 Pfeiffer 등<sup>13</sup>은 5분의 초음파 진동이 소구치 주조금관의 느슨해짐(loosening)을 발생시킨다고 하였으나 대구치 주조금관을 이용한 연구에서는 유의한 차이가 없다고 보고하였다.

Krell 등<sup>10</sup>과 Parreria 등<sup>15</sup>은 초음파 기구의 진동이 시멘트에 미치는 영향을 이용한 보철물의 탈락에 관한 보고를 하였는데, 이는 기구로부터 생성된 초음파 진동이 주조 수복물 내부의 시멘트에 균열을 형성시켜 주조 수복물과 치아 사이에 공간을 형성함으로써 결국은 보철물의 유지에 영향을 주기 때문이라고 하였다. Krell 등<sup>10</sup>과 Buoncristiani 등<sup>11</sup>은 초음파 기구에 의한 진동이 근관 내부의 시멘트에 영향을 주어 근관내 포스트를 제거하기 용이하게 한다고 하였고, Goon<sup>12</sup>은 진동을 이용한 근관 내 아말감 코어의 제거에 대하여 보고한 바 있다. McQuade 등<sup>16</sup>은 인산 아연 시멘트를 이용하여 접착한 주조금관에 2.5분간 초음파 진동을 가하여 결합강도에 미치는 영향을 연구한 결과 잘 맞는 수복물의 경우 진동에 대한 유의한 차이가 없고 시멘트의 막에 영향을 주지 않아 치주치료시 보철물 탈락에 대한 위험이 없다고 보고한 바 있다. 이와 같이 초음파 진동에 대한 연구는 시멘트와 수복물의 종류, 적용시간 등의 영향이 다양하며 이에 따른 논란이 있어 왔다.

지대치 형성에 사용되는 치경부 변연의 형태는 feather edge, chamfer, chamfer with bevel, shoulder, shoulder with bevel 등이 있으며 보철물의 유지와 강도를 부여하는 면에서 효과적으로 사용되어 왔다.<sup>20,21</sup> 임상에서는 chamfer, shoulder, shoulder with bevel이 보철물의 변연 형태로 많이 사용되어 왔고

그들의 장단점에 대해서는 학자들간에 논란이 있어 왔다.<sup>20-24</sup> 금속 주조관의 변연으로 일반적으로 사용되고 있는 chamfer는 둥근 내면각을 가지며 외연의 경계면과 직각을 이루고 있고, shoulder는 외연과 경계면이 직각이고 수복물과 치아 사이가 butt joint를 이루어 구조적으로 견고하고 형태가 분명하게 보이므로 치관의 외형을 조절하기가 쉬워 심미성을 중시하는 수복물의 변연 등에 사용되고 있다. 인레이나 온레이 등의 수복물의 변연으로 shoulder with bevel이 사용되고 있다.<sup>28,29</sup> Rosner<sup>22</sup>는 사면을 형성한 변연형태가 주조체의 주조결합을 좋게 하고 강도와 유지력을 증가시킬 수 있으며 연마를 쉽게 할 수 있다고 주장하였고, Belsky와 Miller<sup>23</sup>는 shoulder가 치주적 측면과 치경부 변연 적합도에 있어 우수하다고 하였으며, 김 등<sup>24</sup>은 주조관의 치경부 변연 형태를 시멘트 피막 후경을 이용한 연구에서 chamfer가 shoulder보다 치경부 적합도가 우수하다고 하였다. 그러나 조<sup>30</sup>와 Byrne<sup>31</sup>은 잘 적합된 주조관의 경우 변연 형태에 따른 적합성의 차이를 나타내지 않는다고 보고하였다.

본 연구에서는 치주 치료시 초음파 기구가 변연 부위에 사용되는 점을 고려하여 적용 부위를 변연으로 제한하여 진동이 시멘트에 미치는 영향과 변연 형태에 따른 그 영향의 차이점을 알고자 하였다. 시편의 변연형태는 보철물에서 많이 사용되고 있는 chamfer, shoulder, shoulder with bevel을 사용하고, 시멘트는 초음파 진동의 영향을 많이 받는 것으로 보고되고 있는 인산 아연 시멘트와 사용이 증가하고 있는 레진 시멘트를 사용하여 그 영향을 비교하였다. 진동을 가할 때 술자의 의도나 부정확성을 최대한 배제하기 위해 시편의 종류를 육안 상으로 구분되지 않게 하고 한 명의 술자가 기구의 팁이 적용 부위에 접촉되는 정도의 힘으로 일정하게 진동을 가하였다. 진동 시간은 초음파 기구를 이용한 치료의 경우 수복물이 구강 내에 장착되어 있는 동안 여러 번 반복될 수 있는 점을 고려하여 길게 적용하였다.

본 실험에서 초음파 진동 전 결합강도는 인산 아연 시멘트의 경우 125.9kgf, 레진 시멘트의 경우 294.0kgf로 나타났다. Zhen과 White<sup>32</sup>는 인산 아연 시멘트의 경우 10MPa, 레진 시멘트의 경우 44-59 MPa의 인장력을 나타내어 레진 시멘트가 인산 아

연 시멘트에 비해 결합강도가 우수하였는데, 본 실험에서도 레진 시멘트의 결합강도가 큼을 보여 이와 유사하다. 또한 변연형태에 따른 추이를 보면, 시멘트로 단순히 접착만 시킨 상태에서의 결합강도는 모두 유의성이 없는 것으로 나타났다. 이는 변연형태의 종류가 시멘트의 결합강도에 영향을 미치지 않는다는 것을 의미하므로 Byrne<sup>31)</sup>이 변연형태의 종류는 접착한 주조금관의 적합에 영향을 미치지 않는다고 보고한 결과와 유사하다.

초음파 진동 전후의 결합강도를 보면, 인산 아연 시멘트를 사용한 경우 chamfer군은 137.71kgf에서 127.35kgf로 감소하였으며, shoulder군은 134.47kgf에서 124.27kgf로, shoulder with bevel군은 133.87kgf에서 114.54kgf로 각각 감소함을 보였다. 따라서 인산 아연 시멘트의 초음파 진동에 의한 감소는 통계적으로 유의함을 나타냈다. 이에 비해 레진 시멘트를 사용한 경우 chamfer군은 296.01kgf에서 286.77kgf로, shoulder군은 292.20kgf에서 287.90kgf로, shoulder with bevel군은 293.83kgf에서 287.03kgf로 나타나, 초음파 진동 후 결합강도는 다소 감소하였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 Hideo 등<sup>26)</sup>과 김 등<sup>27)</sup>의 결과와 유사하다. 결과적으로 인산 아연 시멘트가 레진 시멘트에 비해 초음파 진동의 영향을 많이 받는 것으로 나타났는데, 이는 인산 아연 시멘트가 파절되기 쉬운 성질을 가져 기계적 충격에 약한 반면 레진 시멘트는 압축강도 및 인장강도 등의 물리적 성질이 좋아 진동의 영향을 흡수하므로 크게 영향을 받지 않기 때문이라 생각된다. 따라서 인산 아연 시멘트를 사용한 수복물에서는 특히 기구의 적용시간을 가능한 짧게 하여 진동의 영향을 최소한으로 하여야 할 것으로 사료된다.

김 등<sup>27)</sup>은 니켈-크롬을 이용한 원형의 시편을 이용한 연구에서 인산 아연 시멘트는 1분의 진동에도 결합강도의 유의한 감소를 보였으며 5분의 진동 후 69.3%의 결합강도를 나타냈고 레진 시멘트는 97.3%의 결합강도를 보였다고 하였다. Olin<sup>14)</sup>은 인산 아연 시멘트를 사용한 주조 수복물에 관한 초음파 진동의 영향을 연구하였는데, 초음파 진동 전에 비하여 12분의 진동 후 인장력이 125.97kgf에서 19.11kgf가 감소하여 84.8%의 결합강도를 나타냈다고 보고하였다. 본 실험에서는 12분의 초음파 진동 후 인산 아연 시멘트의 결합강도가 135.35kgf에서

13kgf가 감소하여 진동 전에 비하여 90.2%의 결합강도를 보였으며 레진 시멘트의 경우 294.01kgf에서 7kgf가 감소하여 97.7%의 결합강도를 보였다. 이러한 결과로 초음파 진동 후 결합강도 변화는 Olin<sup>14)</sup>과 김 등<sup>27)</sup>의 결과에 비해 그 정도가 적었는데, 이는 시편의 크기와 형태 및 측면경사도나 표면 거칠기 등과 같은 실험환경 뿐만 아니라 초음파 진동시 가해지는 힘의 크기 등에 영향을 받았기 때문이라 사료된다. 따라서 초음파 기구를 사용할 때 이점에 유의하여 수복물에 힘을 가하지 않도록 주의하여야 할 것이다.

본 실험에서 초음파 진동 후 인산 아연 시멘트 군은 shoulder with bevel, shoulder, chamfer의 순서로 결합강도가 감소하였고, shoulder with bevel은 다른 변연에 비하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다. El-Ebrashi 등<sup>25)</sup>은 변연 형태의 실험적 응력 분석결과 다른 변연형태에 비하여 shoulder with bevel과 feather edge가 높은 응력 집중을 보인다고 보고한 바 있다. 본 실험에서도 shoulder with bevel의 경우 El-Ebrashi 등<sup>25)</sup>의 연구와 유사한 결과를 보였는데, 이는 주조금관의 접촉시 시멘트의 압력으로 주조금관의 장착을 방해하여 변연의 적합도를 더 감소시키고, 초음파 기구의 힘이 전달되는 부위의 시멘트 양이 적어 변연의 기하학적인 형태의 두께가 초음파 진동의 영향을 더 받게 되기 때문으로 사료된다. 또 시멘트의 응력에 대한 변연형태의 3차원적 연구에서 chamfer가 shoulder에 비해 응력을 발생시키고 인산 아연 시멘트도 시멘트 자체에서 큰 응력 수치를 보여 시멘트의 미세 파절로 인한 보철물 탈락 등의 위험이 있다고 보고한 Kamposira 등<sup>9)</sup>의 연구와 유사하게 chamfer가 shoulder에 비해 진동의 영향으로 결합강도의 감소를 다소 보였으나 통계적으로 유의하지 않음을 보였다.

레진 시멘트 군에서는 초음파 진동 후에도 진동 전과 동일하게 변연형태의 차이가 미미하였는데, 이는 레진 시멘트를 이용한 변연형태의 비교 연구에서 레진 시멘트의 강도가 크기 때문에 경사진 마무리 선의 형태가 강도를 저해하는 작용을 상쇄할 수 있어 결합강도의 차이가 나타나지 않았다고 보고한 Bernal 등<sup>33)</sup>의 연구결과와 유사하였다. 이것으로 보아 레진 시멘트는 초음파 진동에 대해 약간의 결합강도의 감소는 있었으나 크게 영향을 받지 않

은 것으로 나타나 초음파 기구를 사용하는데 크게 제한점이 없을 것으로 사료된다.

본 실험에서 초음파 진동을 주조금관의 변연형태와 시멘트의 종류에 따라 적용한 결과 인산 아연 시멘트가 레진 시멘트에 비해 초음파 진동의 영향을 많이 받은 것으로 나타난 바, 보철물 접착을 위한 시멘트 선택에 도움이 될 수 있을 것으로 보이며, 특히 shoulder with bevel의 변연형태를 사용하는 인레이나 온레이 등의 보철물의 경우 인산 아연 시멘트의 한계를 인지한 신중한 고려가 필요하다. 시멘트 경화 후 시멘트 제거를 위한 초음파 기구의 사용은 배제하여야 할 것으로 보이며, 치주치료를 위해 초음파 기구를 사용하는 경우 시멘트에 더 적은 영향을 주는 음파 기구의 사용도 고려해 볼 수 있을 것이다.

본 연구의 제한점으로는 실험의 다른 요인을 배제하기 위하여 컴퓨터 수치제어 선반으로 제작한 금속 지대치를 이용하여 결합강도를 측정하였으므로 실제와는 다른 결과를 보일 가능성이 있다. 즉, 자연치는 초음파 기구의 진동을 흡수하는 치아의 구조가 있고 시멘트에 대해 범랑질 및 상아질의 산부식에 의해 얻어진 미세한 요철 구조와 물리적 또는 화학적 결합을 이룰 수도 있다. 향후 이를 고려하여 자연치의 미세 누출을 이용한 방법으로 초음파 진동에 의한 변연형태와 시멘트의 영향을 비교 연구하는 실험이 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구에서는 초음파 진동이 주조금관의 변연형태와 시멘트에 미치는 영향을 알아보기 위하여 컴퓨터 수치제어 선반을 이용하여 제작한 금속 지대치와 주조금관의 결합강도를 측정하였다. 주조금관의 변연 형태는 chamfer, shoulder, shoulder with bevel을, 시멘트는 인산 아연 시멘트와 레진 시멘트를 사용하였다. 변연형태와 접착된 시멘트의 종류가 다른 12개의 군은 각 군당 7개씩 총 84개의 시편을 사용하였고 12분간 초음파 진동을 가하였다. 초음파 진동 전과 후를 만능물성시험기로 결합강도를 측정하고 일차원 공분산 분석 (one way ANOVA)과 t-test를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 초음파 진동을 가한 군의 결합강도는 변연형태와 시멘트의 종류에 관계없이 감소하였다.
2. 인산 아연 시멘트를 사용한 군의 경우 초음파 진동 후 결합강도가 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 변연형태로는 shoulder with bevel이 chamfer나 shoulder에 비해 결합강도의 감소가 컸다( $p < 0.05$ ).
3. 레진 시멘트를 사용한 군에서는 초음파 기구의 진동을 가하였을 때 결합강도는 다소 감소하였으나 통계적으로 유의성이 없었으며, 변연 형태에 따른 차이도 유의하지 않았다.

이상의 결과로 초음파 진동이 인산 아연 시멘트를 접착제로 사용하는 수복물에서 결합강도를 감소시키는 것으로 나타나 초음파 기구를 사용할 때 더 주의를 기울여 할 것으로 보이며 시멘트 선택시 고려가 될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Papadakis EP. Ultrasonic Instruments and Devices. Academic Press, 2000 pp33 .
2. Jong-Rack Lee. ultrasonic & it's method. Sea-wha, 1997
3. Cochran S. Ultrasonic instruments & devices, Med Biol. 2001 Oct;27(10):1439.
4. Lumley PJ, Walmsley AD, Laird WR. Ultrasonic instruments in dentistry: 2. Endosonics. Dent Update. 1988 Nov;15(9):362, 364-6, 368-9.
5. Gaffney JL, Lehman JW, Miles MJ. Expanded use of the ultrasonic scaler. J Endod. 1981 May;7(5):228-9.
6. Walmsley AD, Walsh TF, Laird WR. Ultrasonic instruments in dentistry: 1. The ultrasonic scaler. Dent Update. 1988 Oct;15(8):321-3, 325-6.
7. Johnson WN, Wilson JR. The application of the ultrasonic dental unit to scaling procedures. J Periodontol 28 : 264, 1957.
8. Walmsley AD, Lumley PJ, Laird WR. Ultrasonic instruments in dentistry: 3. The removal of restorations. Dent Update. 1988 Dec;15(10):401-4.
9. Kamposiora P, Papavasiliou G, Bayne SG, Felton DA. Fine element analysis estimates of cement microfracture under complete veneer crowns. J Prosthet Dent. 71 : 435-441, 1994.
10. Krell KV, Jordan RD, Madison S, Aquilino SA. Using ultrasonic scalers to remove fractured root posts. J



- Prosthet Dent. 55 : 46, 1986.
11. Buoncristani J, Seto BG, Caputo AA. Evaluation of ultrasonic and sonic instruments for intraradicular posts removal. J Endodont. 20 : 486, 1994.
  12. Goon WW. Efficient amalgam core elimination and root preservation with ultrasonic instrumentation. J Prosthet Dent. 68 : 261, 1992.
  13. Pfeiffer P, Bergholz P. Removal of cemented crown and bridges. Dtsch Zahnarzt Z. 39 : 212, 1984.
  14. Olin PS. Effect of prolonged ultrasonic instrumentation on the retention of cemented cast crowns. J Prosthet Dent. 64 : 563, 1990.
  15. Parreria FR, O'Connor RP, Hutter JW. Cast prosthesis removal using ultrasonic and a thermoplastic resin adhesive. J Endodont. 20 : 141, 1994.
  16. McQuade MJ, Huget EF, De Simon LB, Levin MP. Effect of ultrasonic instrumentation on th retention of simulated cast crowns. J Endodont. 20 : 141, 1994.
  17. Oldham DF, Swartz ML, Philips RW. Retentive properties of dental cements. J Prosthet Dent. 14 : 760, 1969.11.
  18. Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: A review of the current literature. J Prosthet Dent. 1998 Sep;80(3):280-301.
  19. White SN, Yu Z. Physical properties of fixed prosthodontic, resin composite luting agents. Int J Prosthodont 1993 Jul-Aug;6(4):384-9
  20. Eugene MB, Jerry CC, Peter MD. Crown margin design: A dental school survey. J Prosthet Dent., 65 : 303, 1991.
  21. Gavelis, JR., and Morency, JD. The effect of various finish line preparations on the marginal seal & occlusal seat of full crown preparations, J Prosthet Dent. 45 : 138-145, 1981.
  22. Rosner D. Function, placement & reproduction of bevels for gold castings, J. Prosthet Dent., 13 : 1160-1166, 1963.
  23. Miller IF, Belsky MW. The full shoulder preparations for periodontal health, Dent. Clin. North Am., 83-103, 1965.
  24. Kim SY, Lee SH, and Jo KH. The effect of various finish line preparations on the marginal seal of full crown preparation, Journal of Korean Academy of Prosthodontics 28 : 2, 1990.
  25. El-Ebrashi MK, Craig RG, Peyton FA. Experimental stress analysis of dental restorations. Part III. The concept of the geometry of proximal margins, J Prosthet Dent., 22 : 333-345, 1969.
  26. Hideo M, Johnny PS, Yohsuke T, Mitsuru A. Effect of ultrasonic instrumentation on bond strength of three dental cements bonded to nickel chromium alloy. J Prosthet Dent. 75 : 309, 1996.
  27. Woo-Sang Kim, Ju-Hwan Lim, In-Ho Cho, Study of the effect of ultrasonic instrumentation on bond strength of several dental cement, Journal of Korean Academy of Prosthodontics 35:3, 1997
  28. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. Fundamentals of fixed prosthodontics. ed 3, Philadelphia, Quintessence Pub Co. Inc., 1997, pp85-118.
  29. Gardner FM. Margins of complete crowns- Literature review. J Prosthet Dent, 48: 396, 1982.
  30. Sung Am Cho, D.D.S., An experimental study on the marginal fitness of the full cast crown. Journal of Korean Academy of Prosthodontics, 20:1 ,1982.
  31. Byrne G. Influence of finish line form on crown cementation. Int J Prosthodont 1992 Mar-Apr;5(2):137-44.
  32. Zhen Chun Li, White SN. Mechanical properties of dental luting cements, J Prosthet Dent 1999;81:597-609.
  33. Bernal G, Jones RM, Brown DT, Munoz CA, Goodacre CJ. The effect of finish line form and luting agent on the breaking strength of Dicor crowns. Int. J. Prosthodont., 6 : 286-290, 1993.