

# 수종의 레진 시멘트의 용해도와 수분흡착에 관한 연구

단국대학교 치과대학 치과보철학교실

황유진 · 조인호 · 임주환 · 임현송

## I. 서 론

고정성 보철물의 접착에는 여러 종류의 시멘트들이 사용되고 있으며 최근에는 다양한 레진 시멘트들도 접착에 이용되고 있다. 그러나, 과거 레진 시멘트는 치수 유해 작용과 치은 하방의 잔존 시멘트 제거의 어려움으로 접착 시멘트로는 적합하지 않았다. 그 후 레진 시멘트는 레진, 상아질 결합제와 입자 크기가 작은 무기 충전제의 개발로 물성이 개선되어 상아질에 대한 유의한 결합강도, 만족할만한 피막도, 치수에 대한 유해 작용이 적다고 보고 되었고 새로운 레진 시멘트가 상용화되어 접착 시멘트로서의 관심 및 사용도 증가되어 라미네이트 비니어, 완전도재관, 콤포지트 레진 수복물 등의 접착에 광범위하게 이용되고 있다.

접착 시멘트의 물리적 성질 중 가장 중요한 것은 용해도와 수분 흡착 정도이다.<sup>1)</sup> Plum 등<sup>2)</sup>은 접착 시멘트의 내구성 평가에 가장 중요한 성질은 용해도와 수분 흡착이라고 하였다. 접착 시멘트가 구강내에서 용해되면 시멘트의 파괴가 일어나고 우식을 유발시키며 결과적으로 보철물의 탈락도 야기된다. 따라서 여러 종류의 접착 시멘트의 용해도에 관한 연구가 체내 및 체외에서 행해졌으며, 레진 시멘트의 용해도는 주로 다른 종류의 시멘트들과 비교하여 연구가 행해졌다. 이런 연구들에서 레진 시멘트는 통상의 접착 시멘트 보다 용해도가 우수하다고 보고 되었다.<sup>2-8)</sup>

1982년 Lowen과 Gronas<sup>9)</sup>는 레진 시멘트의 수분 흡착은 초기 중합 수축을 보상하여 결과적으로는 이로 운 것이라고 보고하였다. 하지만, Feilzer 등<sup>10)</sup>은 수분 흡착이 발생되면 수화 팽창이 일어나 보철물의 경계부에서 충전제와 기질간의 결합파괴, 기질의 붕괴 등이 일어나 보철물의 실패를 일으킨다고 보고하였다.

접착 시멘트의 용해도와 수분 흡착 측정을 위한 방법으로는 여러 가지 방법이 있다. Yab과 Lee<sup>11)</sup>는 디스크 형태의 시편을 만든 후 24시간 동안 식염수내에서 시편을 보관 한 후 용해도와 흡착도를 측정하는 방법을 보고하였고, Hersek과 Canay는<sup>12)</sup> 디스크 형태의 시편을 틀니에 장착하여 8개월 동안 틀니를 사용하게 한 후 용해도를 측정하는 방법을 보고하였다. 레진 시멘트의 용해도와 흡착도를 측정하는 방법으로는 American National Standards Institute American Dental Association (ANSI/ADA) specification #27이 가장 일반적인 실험방법이다.<sup>12)</sup> 이 방법은 디스크 형태의 시편을 제작한 후 37℃의 증류수에 7일 동안 시편을 보관한 후 용해도와 흡착도를 측정하는 것이다. 하지만, 이 방법은 구강내에서 발견되는 산 생성 박테리아 즉, *Lactobacilli*와 *Streptococcus mutans* 등이 접착 시멘트의 용해도에 영향을 미칠 수 있다는 사실을 고려하지 않은 단점이 있었다. 1998년 Knoblach 등<sup>13)</sup>은 구강내 산 생성 환경을 고려하여 ANSI/ADA specification #27 방법의 증류수를 이용하는 방법에 젯산을 이용하는 방법도 추가하여 접착 시멘트의 용해도와 흡착도를 측정

하는 방법을 발표하였고 그 결과 증류수보다는 젖산에서의 용해도가 임상적으로 더 정확한 정보를 준다고 보고하였다.

본 연구에서는 현재 임상적으로 널리 사용되고 있는 다양한 레진 시멘트 중 중합 방법이 서로 다른 레진 시멘트들을 이용하여 용해도와 수분흡착 정도를 상호 비교 연구하고자 하였다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 실험에 사용된 재료는 다음과 같다.

#### (1) 레진 시멘트

본 실험에서는 현재 시판중인 레진 시멘트 중 중합 방법이 다른 6종류의 레진 시멘트를 사용하였으며, 그 구성은 아래와 같다.

##### 1) 자가 중합 방법 (Self-curing method)

- ① Avanto® (VOCO, GmbH, Germany)
- ② Superbond C&B (Sun Medical, Japan)
- ③ C&B™ CEMENT (BISCO, USA)

##### 2) 이중 중합 방법 (Dual-curing method : self-curing + light curing)

- ① Panavia™ F (Kuraray, Japan)
- ② Calibra® (Dentsply, USA)
- ③ Variolink® II (Ivoclar, Germany)

#### (2) 시편 재료

Polypropylene mold와 slide glass를 이용하여 각 제조사의 지시에 따라 레진 시멘트를 혼합하여 직경 15mm, 두께 1.0mm, 무게 4.0g인 디스크 형태의 시편을 제작하였다.(Fig. 1, 2)

#### (3) 향온기

향온기는 DS-63(Yamato, Japan)을 사용하였다.

#### (4) 전자 저울

전자 저울은 LIBROR EB-2800(Shimadzu, Japan)을 사용하였다.

#### (5) 디지털 캘리퍼

디지털 캘리퍼는 Mitutoyo Digimatic Model CD-15B(Mitutoyo, Japan)을 사용하였다.

#### (6) 용해액

젖산과 증류수를 사용하였다.

### 2. 실험군의 분류

실험군은 우선 자가 중합형 레진 시멘트인 Avanto®, C&B™ CEMENT, Superbond C&B를 각각 1군, 2군, 3군으로, 이중 중합형(자가중합+광중합)인 Calibra®, Panavia™ F, Variolink® II 를 각각 4군, 5군, 6군으로 분류하였다.(Table I)

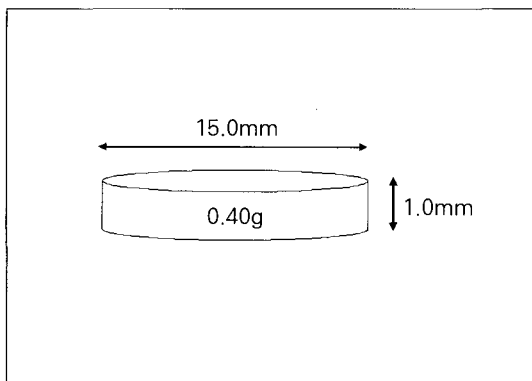


Fig. 1. Design of each specimen.

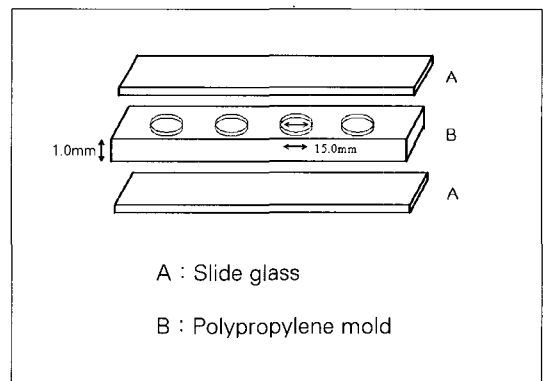


Fig. 2. Diagram of polypropylene mold for making the specimens.

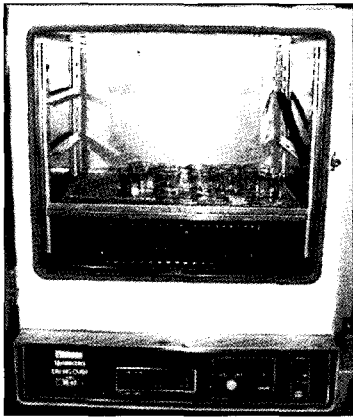


Fig. 3. Desiccator : DS-63.



Fig. 4. Electronic electrical balance.

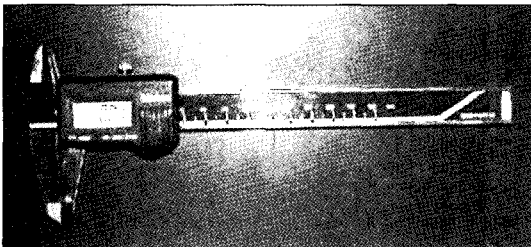


Fig. 5. Digital caliper : Mitutoyo Digimatic Model CD-15B.

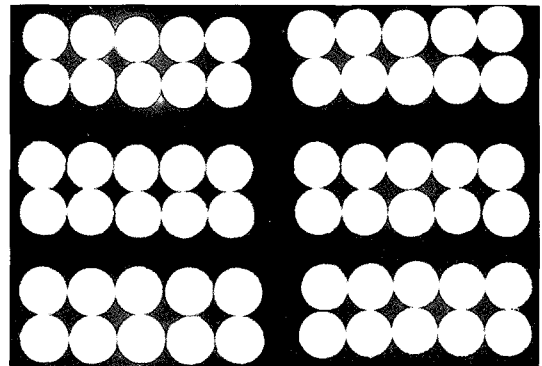


Fig. 6. Prepared resin cement specimens.

Table I. Classification of experimental groups

Group	Resin cement	Number of specimens		Curing method
		Water	Lactic acid	
1	Avanto <sup>®</sup>	5	5	Self-curing
2	Superbond C&B	5	5	
3	C&B <sup>™</sup> CEMENT	5	5	
4	Panavia <sup>™</sup> F	5	5	Dual-curing
5	Calibra <sup>®</sup>	5	5	
6	Variolink <sup>®</sup> II	5	5	
Total		N = 60		

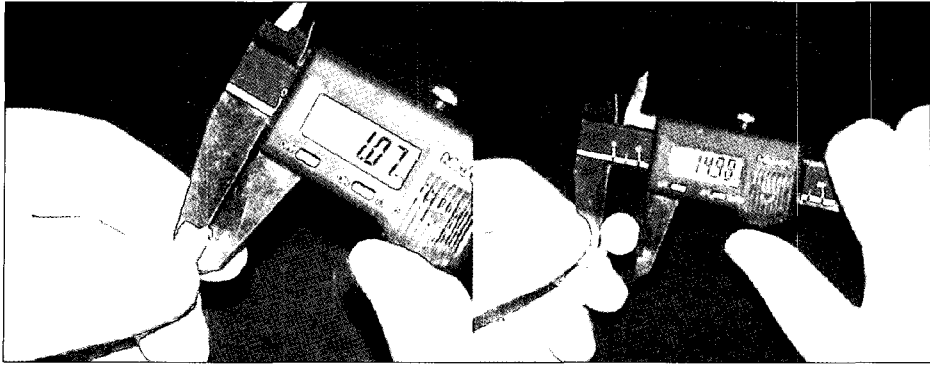


Fig. 7. Measuring thickness and width.

### 3. 실험 방법

#### (1) 시편 제작

ANSI/ADA Specification #27의 방법에 따라 polypropylene mold를 이용하여 Fig. 1과 같은 직경 15mm, 두께 1.0mm, 무게  $4.0g \pm 0.06g$ 인 디스크 형태의 시편을 각 군당 10개, 모두 60개를 제작사의 지시에 따라 혼합, 중합하여 제작하였다.

#### (2) 항온기 보관

10분간 중합시킨 시편들은  $37^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온기에 옮겨 24시간 동안 보관하여 완전히 중합시켰다.

#### (3) 직경 및 두께 측정

24시간 동안 항온기에 보관한 시편들은 디지털 캘리퍼(Mitutoyo Digimatic Model CD-15B, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 두께 및 직경을 측정하였고 이때 서로 다른 부위를 3회 반복 측정하였다.

#### (4) 무게 측정

두께 및 직경을 측정한 각 시편들은 다시  $37^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온기에 24시간 동안, 그 후  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온기에 1시간 동안 보관 후 전자저울(LIBROR EB-2800, Shimadzu, Japan)을 사용하여 무게를 측정하고 이 값을  $m_1$ 이라 정의하였다.

#### (5) 증류수 및 젖산 용액에 보관

무게를 측정한 10개의 시편 중 5개는  $37^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$

의 증류수에, 나머지 5개는 젖산 용액에 7일동안 보관을 하였다. 그 후 증류수에 보관한 5개의 시편들의 무게를 측정하였다. 이때 측정값을  $m_2$ 라 정의하였다.

#### (6) 무게 측정

각 시편들을 다시  $37^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온기에 24시간 동안,  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온기에 1시간 동안 보관 후 무게를 측정한 후 이를  $m_3$ 라 정의한다.

이때 젖산용액의 시편들은 증류수로 세척을 하였고, 모든 시편은 15초 동안 air로 건조시킨 다음 1분 내로 무게를 측정하였다.

#### (7) 용해도 및 흡착도 계산

측정한 직경과 두께로 각 시편들의 부피를 계산한 후, ANSI/ADA specification #27의 다음과 같은 공식을 사용하여 용해도와 수분 흡착도를 계산하였다.

$$W_{sl} = \frac{m_1 - m_3}{V} \quad W_{so} = \frac{m_2 - m_3}{V}$$

$W_{sl}$  : 용해도 ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

$W_{so}$  : 수분 흡착도 ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

$m_1$  : 용액에 담그기 전 조절된 시편 무게 ( $\mu\text{g}$ )

$m_2$  : 용액에 담근 후 시편 무게 ( $\mu\text{g}$ )

$m_3$  : 용액에 담근 후 조절된 시편 무게 ( $\mu\text{g}$ )

$V$  : 시편의 부피 ( $\text{mm}^3$ )

#### 4. 통계 처리

본 논문의 통계처리에는 SPSS (Ver. 10.0, SPSS, U.S.A.)를 사용하여 통계처리 하였다.

각 군간의 유의성을 조사하기 위하여 one-way ANOVA test, multiple range test(Sheffe & Tukey's test)를 시행하였고, 중합 방법이 다른 군간의 유의성을 조사하기 위하여 Independent T-test를 시행하였으며 95%의 유의수준으로 검증하였다.

#### Ⅲ. 실험 결과

##### 1. 각 군의 무게 측정 결과와 부피 측정 결과

측정한 무게 값과 부피 값은 다음의 Table II와 같이 나타났다.

모든 군에서 용액에 보관한 후의 무게가 감소하였으며, 증류수보다는 젖산에서 더 많은 감소량을 보였다.

**Table II.** Results of measurement according to group

Group		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	V	Group		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	V
1	1	365347	364557	356478	199.345	4	1	401201	400809	395901	209.904
	2	328964	328174	319687	209.414		2	412546	412154	407946	178.840
	3	392451	391661	383589	194.433		3	448521	448129	443431	198.650
	4	326587	325197	316874	207.030		4	490124	489732	484899	201.255
	5	335412	333802	325124	211.726		5	470254	469862	465454	186.456
	6	336985		320145	200.012		6	423658		416585	194.488
	7	361245		345689	181.980		7	416582		409819	183.991
	8	356214		340998	180.520		8	415892		408582	205.001
	9	369841		353874	190.421		9	425687		418614	192.040
	10	348512		332272	189.963		10	405621		398548	194.562
2	1	304587	304501	297974	180.544	5	1	420156	420001	416562	175.787
	2	324587	324501	318320	180.906		2	403201	403046	399245	194.973
	3	299854	299768	293014	192.478		3	412984	412829	408590	210.593
	4	336587	336541	330059	190.729		4	453201	453046	448907	212.334
	5	365214	365128	358214	200.548		5	426789	426634	422456	208.572
	6	336974		321459	204.270		6	412368		407845	187.611
	7	352147		336632	209.133		7	427654		422631	206.101
	8	345698		330283	200.689		8	415204		409781	222.523
	9	345621		332256	181.980		9	416857		411452	219.590
	10	332578		319213	179.747		10	417892		412445	219.497
3	1	375896	375847	367632	179.066	6	1	495621	495421	493421	205.170
	2	441201	441152	431562	209.064		2	540001	539801	537624	232.724
	3	420145	420096	410506	206.001		3	476231	476031	474031	208.785
	4	389501	389452	380257	201.084		4	495621	495324	493421	201.449
	5	392501	392452	382956	204.727		5	483201	483001	481001	211.159
	6	400014		384568	201.620		6	457821		454821	175.860
	7	364578		349832	190.984		7	512036		508536	202.897
	8	385241		369895	197.346		8	542698		539054	203.905
	9	396547		381998	188.690		9	500123		496723	194.406
	10	415627		400657	193.189		10	512462		509162	191.119

m<sub>1</sub> : mass of specimens prior to immersion in solution (unit :  $\mu\text{g}$ )

m<sub>2</sub> : mass of specimens after immersion in solution (unit :  $\mu\text{g}$ )

m<sub>3</sub> : conditioned mass after immersion in solution (unit :  $\mu\text{g}$ )

V : volume (unit :  $\text{mm}^3$ )

2. 각 군의 용해도와 수분 흡착도 계산 결과

ANSI/ADA specification #27의 공식을 사용하여 용해도와 수분 흡착도를 계산한 결과는 다음의 Table III과 같이 나타났다.

모든 군에서 젓산에서의 용해도가 더 큰 값을 보였으며, 용해도의 비교에서 1, 2, 3군보다 4, 5, 6군이 더 낮은 값을 보였고, 5개의 시편을 이용해 측정된 수분 흡착도도 위와 같은 결과를 보였다.

3. 수분 흡착도의 측정치 비교 분석 결과

본 실험에서 측정된 수분 흡착도의 평균과 표준편차는 다음의 Table IV와 같으며, 3군에서 가장 큰 값(46.0824)을, 6군에서 가장 작은 값(9.5199)을 나타냈으며, Fig. 7은 측정 결과의 그래프이다.

Table V는 각 군간의 수분 흡착도에 대한 one-way ANOVA와 multiple range test의 결과로서 측정값이 가장 작은 군은 6군(9.5199)이었으며, 모든 군간에 유의성 있는 차이를 보였다.( $P < 0.05$ )

**Table III.** Results of solubility and sorption according to group (unit :  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

Group		W <sub>so</sub>	W <sub>sl</sub>	Group		W <sub>so</sub>	W <sub>sl</sub>
1	1	40.5277	44.4907	4	1	23.3822	25.2497
	2	40.5273	44.2998		2	23.5294	25.7213
	3	41.5156	45.5787		3	23.6496	25.6230
	4	40.2018	46.9158		4	24.0143	25.9621
	5	40.9869	48.5911		5	23.6410	25.7434
	6		84.1948		6		36.3672
	7		85.4821		7		36.7572
	8		84.2899		8		35.6583
	9		83.8510		9		36.8308
	10		85.4904		10		36.3534
2	1	36.1519	36.6282	5	1	19.5635	20.4452
	2	34.1668	34.6422		2	19.4950	20.2900
	3	35.0897	35.5365		3	20.1289	20.8649
	4	33.9855	34.2266		4	19.4929	20.2229
	5	34.4756	34.9044		5	20.0314	20.7746
	6		75.9534		6		24.1084
	7		74.1871		7		24.3716
	8		76.8105		8		24.3705
	9		73.4423		9		24.6140
	10		74.3544		10		24.8158
3	1	45.8769	46.1506	6	1	9.7480	10.7228
	2	45.8711	46.1054		2	9.3544	10.2138
	3	46.5532	46.7910		3	9.5792	10.5372
	4	45.7271	45.9708		4	9.4465	10.9209
	5	46.3837	46.6231		5	9.4715	10.4187
	6		76.6095		6		17.0591
	7		77.2106		7		17.2502
	8		77.7621		8		17.8711
	9		77.1053		9		17.4892
	10		77.4889		10		17.2668

W<sub>so</sub> : water sorption (unit:  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

W<sub>sl</sub> : solubility in water and lactic acid (unit:  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

Table VI은 중합방법에 따른 수분 흡착도의 측정에 대한 Independent T-test 결과이며, 자가 중합 방법의 수분 흡착도 값(40.35073) 보다는 이중 중합 방법의 수분흡착도 값(17.6347)이 더 작게 나타났으며 유의성있는 차이를 보였다.(P<0.05)

**Table IV.** Mean and standard deviation of water sorption (unit :  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

Group	Mean	SD
1	40.7519	0.5103
2	34.7739	0.8722
3	46.0824	0.3625
4	23.6433	0.2339
5	19.7423	0.3116
6	9.5199	0.1506

**Table V.** Results of multiple range test for water sorption

Group	1	2	3	4	5	6
1						
2	*					
3	*	*				
4	*	*	*			
5	*	*	*	*		
6	*	*	*	*	*	

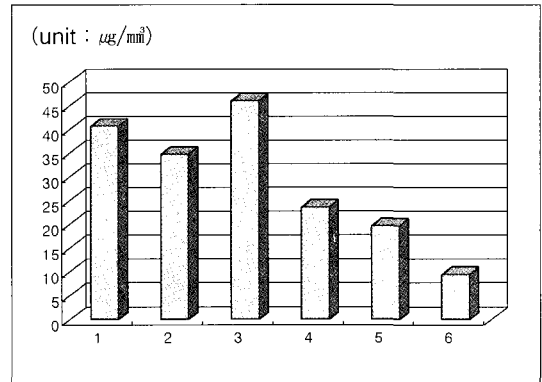
\* : denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

**Table VII.** Mean and standard deviation of water solubility (unit :  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

Group	Mean	SD
1	45.9752	1.7955
2	35.1875	0.9351
3	46.3281	0.3571
4	20.6595	0.2606
5	20.5195	0.2875
6	10.5526	0.2725

#### 4. 수분 용해도 측정치 비교 분석 결과

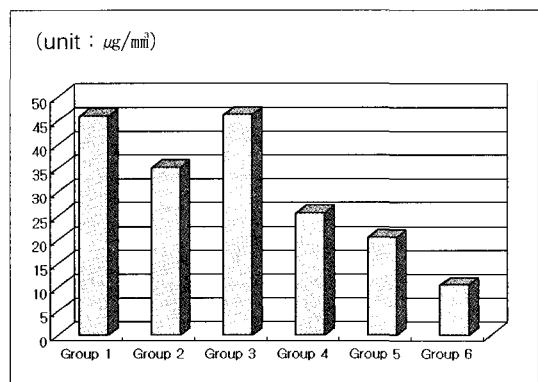
본 실험에서 측정된 수분 용해도의 평균과 표준편차는 다음의 Table VII과 같으며, 3군에서 가장 큰 값(46.3281)을, 6군에서 가장 작은 값(10.5526)을 나



**Fig. 7.** The graph of the mean value of water sorption of each group.

**Table VI.** Results of Independent t-test for water sorption according to curing method

Curing Method	Mean	SD	Sig.
Self-curing	40.5073	4.8147	0.000
Dual-curingz	17.6347	6.6178	



**Fig. 8.** The graph of the mean value of water solubility of each group.

타냈으며, Fig. 8은 측정결과의 평균치를 그래프로 나타낸 것이다.

Table VIII은 각 군간의 수분 용해도에 대한 one-way ANOVA와 multiple range test의 결과로서 측정값이 가장 작은 군은 6군(10.5526)이었으며, 1군(45.9752)과 3군(46.3281)을 제외한 모든 군간에 유의성있는 차이를 보였다.( $P<0.05$ )

Table IX는 중합 방법에 따른 수분 용해도 측정에 대한 Independent T-test 결과이며, 자가 중합 방법의 수분 흡착도 값(42.4970) 보다는 이중 중합 방법의 수분 흡착도 값(18.9140)이 더 적게 나타났으며 유의성있는 차이를 보였다.( $P<0.05$ )

**Table VIII.** Results of multiple range test for water solubility

Group	1	2	3	4	5	6
1						
2	*					
3		*				
4	*	*	*			
5	*	*	*	*		
6	*	*	*	*	*	

\* : denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

**Table X.** Mean and standard deviation of lactic acid solubility (unit:  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

Group	Mean	SD
1	84.6616	0.2391
2	74.9495	1.3855
3	77.2353	0.4333
4	36.3934	0.4654
5	24.4561	0.2391
6	17.3873	0.3104

## 5. 젯산 용해도 측정치 비교 분석 결과

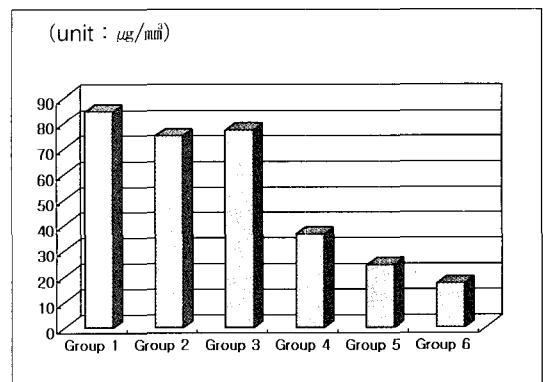
본 실험에서 측정한 젯산 용해도의 평균과 표준편차는 다음의 Table X과 같으며, 1군에서 가장 큰 값(84.6616)을, 6군에서 가장 작은 값(17.3873)을 나타냈으며, Fig. 9는 측정 결과의 평균치를 그래프로 나타낸 것이다.

Table XI은 각 군간의 젯산 용해도에 대한 one-way ANOVA와 multiple range test의 결과로서 측정값이 가장 작은 군은 6군(17.3873)이었으며 모든 군간에 유의성있는 차이를 보였다.( $P<0.05$ )

Table XII는 중합 방법에 따른 수분 용해도 측정에 대한 Independent T-test 결과이며, 자가 중합 방법의 수분 흡착도 값(78.9488) 보다는 이중 중합 방법의 수분 흡착도 값(26.0789)이 더 작게 나타났으며 유의성 있는 차이를 보였다.( $P<0.05$ )

**Table IX.** Results of Independent t-test for water solubility according to curing method

Curing Method	Mean	SD	Sig.
Self-curing	42.4970	5.4637	0.000
Dual-curing	18.9140	6.4920	



**Fig. 9.** The mean value of lactic acid solubility.



**Table XI.** Results of multiple range test for lactic acid solubility

Group	1	2	3	4	5	6
1						
2	*					
3	*	*				
4	*	*	*			
5	*	*	*	*		
6	*	*	*	*	*	

\* : denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

#### IV. 총괄 및 고안

치과용 시멘트는 치아에 수복물을 접착시키는 접착제로 수복물을 위한 베이스와 치수 보호를 위한 와동 이장제, 또 충전제로도 사용되기 때문에 임상에서 가장 중요한 재료중의 하나이다.

치과용 시멘트의 한 종류인 레진시멘트는 1950년대 PMMA의 개발로 아크릴릭 레진 시멘트가 사용되기 시작했으나 접착력 부족, 미세누출, 치수독성 같은 단점이 있었다.<sup>14)</sup> 1970년대에는 열팽창 계수와 중합수축을 감소시키기 위해 미세한 무기 충전제를 포함하는 Bis-GMA가 개발되었고 dimethacrylate monomer 시멘트 같은 콤포지트 레진 시멘트도 개발되어 수복물의 접착 등의 다양한 용도로 이용되었다. 1980년대부터 레진 시멘트가 라미네이트 비니어나 오나전 도재판 등의 접착에도 광범위하게 사용되어 점점 관심이 증가되기 시작하였다.<sup>15)</sup>

치과용 접착 시멘트의 물리적 성질 중 보철물의 실패에 직접적인 영향을 미치는 것으로는 용해도와 수분 흡착도를 들 수 있다.<sup>1)</sup> 접착 시멘트가 용해되거나 수분 흡착이 발생하면 체적의 변화, 변색, 보철물과 치아 경계부의 파괴 등이 생기고 결국에는 보철물의 실패까지 발생하게 된다.<sup>16-18)</sup>

따라서 최근 관심이 증가하고 있는 레진 시멘트의 용해도와 수분 흡착도에 관해서도 활발히 연구가 이루어지고 있다. 1992년 White 등<sup>19)</sup> 레진 시멘트와 통상적인 접착 시멘트를 비교하여 레진 시멘트의 용해도와 수분 흡착도의 우수성을 보고하였고, Tjan 등<sup>20)</sup>은 레진 시멘트가 미세 누출이 더 적다고 보고하였

**Table XII.** Results of Independent t-test for lactic acid solubility according to curing method

Curing Method	Mean	SD	Sig.
Self-curing	78.9488	4.3804	0.000
Dual-curing	26.0789	8.1257	

다. 또, 1998년 Tanagawa와 Atsuta<sup>21)</sup>는 레진 시멘트로 접착한 보철물이 내구성이 우수함을 보고하였다.

본 연구는 이러한 레진 시멘트가 갖는 실제 임상에서의 수분 흡착도 및 용해도의 우수성을 검증하고, 또 레진 시멘트들의 수분 흡착도와 용해도를 상호 비교하고자 연구하였다. 연구 방법으로는 앞서도 언급했듯이 접착 시멘트의 가장 중요한 물리적 요소인 용해도와 수분 흡착도를 이용하였다.

레진 시멘트의 용해도와 수분 흡착도를 실험하는 가장 일반적인 방법은 ANSI/ADA Specification #27이다.<sup>12)</sup> 하지만 이 방법은 수분 용해도만을 이용하는 실험이라 산 생성 박테리아가 존재하는 구강환경을 고려하지 못한 단점이 있었다.<sup>20)</sup> 본 연구에서는 Setchell 등<sup>22)</sup>이 제안한 실험방법을 병행하여 수분 용해도뿐만 아니라 젖산을 이용한 용해도도 측정하였다. Setchell 등<sup>22)</sup>은 여러 종류의 산을 이용하여 용해도를 측정하였으며 접착 시멘트의 용해도에 대하여 이러한 측정 방법이 더 정확한 정보를 줄 수 있다고 보고하였다. 본 실험결과 젖산 용해도의 값이 증류수를 이용한 수분 용해도의 값보다 비교적 크게 측정되었으며 이는 기존의 연구 결과와 유사하게 나타났다. 본 연구에서는 pH 값이 4.0의 젖산을 사용하였으며, 이는 구강내의 치석에서 관찰될 수 있는 가장 낮은 pH값을 따른 것이다.<sup>3)</sup>

본 연구에서 사용한 수종의 레진 시멘트들은 크게 두 군으로 나눌 수 있는데 중합 방법에 따라 자가중합 방법의 레진 시멘트들과 이중중합 방법의 레진 시멘트들이다. 이중중합 방법의 레진 시멘트는 자가중합과 광중합의 두 방법 모두를 이용할 수 있는 재료이다. 이런 이중중합 방법의 레진 시멘트에는 자가중합 방법의 시멘트의 과산화물/아민 성분에 광감성의 캄포로퀸 성분은 추가된 것으로 광원이 조사되면 중합 개시제로 작용한다.<sup>23,24)</sup>

Jacobsen과 Darr는<sup>25)</sup> 이중중합 방법의 레진 시멘트는 광조사 동안 급격히 중합이 이루어져 강도가 급격히 증가하지만, 자가중합 방법의 레진 시멘트는 24시간 동안 강도가 천천히 증가하며, 중합 후 30분 동안의 강도도 매우 낮다고 보고하였다. 또 이중 중합 방법 레진 시멘트는 같은 시간 동안에 81.4% 정도의 중합이 일어난 반면, 자가 중합의 레진 시멘트는 59.0% 정도의 중합이 일어났다고 보고하였다. 이중 중합 방법의 레진 시멘트와 광 중합 방법의 레진 시멘트의 비교에서도 역시 이중 중합방법의 레진 시멘트의 중합정도가 우수하다고 보고되었다.<sup>26)</sup> 즉, 자가 중합 방법의 레진 시멘트는 광원이 도달하지 않는 곳에서도 균일하게 중합이 일어난다는 장점이 있지만 초기 중합 시간이 너무 느려 임상적으로 불리하다는 단점이 있다. 또, 광 중합 방법의 레진 시멘트는 작업시간 조절의 용이성으로 치은연하의 과잉 시멘트 제거가 비교적 용이하고 초기강도도 우수하다는 임상적 장점이 있지만 광원이 도달하지 않는 곳에서 중합에 문제점이 있는 것이 단점으로 지적되고 있다.<sup>27,28)</sup> 이런 두 가지 방법의 우수함을 조합한 것이 이중 중합 방법의 레진 시멘트이다.<sup>29)</sup> 본 연구에서 측정된 수분 흡착도, 수분 용해도, 젖산 용해도 값에서도 자가 중합 레진 시멘트 군보다는 이중 중합 레진 시멘트 군이 더 우수하게 나타났다.

본 실험에서 사용한 수종의 레진 시멘트들의 수분 흡착도, 수분 용해도, 젖산 용해도 모두 상이하였고 좀 더 물성이 좋은 레진 시멘트를 확인할 수 있었다. 물론 레진 시멘트의 용해도와 수분 흡착도는 다른 통상의 접착 시멘트들 보다 우수한 것으로 알려져 있다.<sup>30-32)</sup> 하지만 본 실험에서 행한 레진 시멘트 자체의 비교에선 레진 시멘트들간의 측정값의 차이가 많이 나타났었고, 중합 방법에 따른 비교에선 그 차이가 현저하였다. 다시 한번 언급하지만 용해도와 수분 흡착도는 접착 시멘트의 중요한 물리적 성질 중 하나이므로 용해도와 수분 흡착도가 작은 재료를 선택해서 사용하는 것이 임상적으로 좋을 것으로 사료된다.

현재 사용되고 있는 레진 시멘트들은 종류도 다양하고 그 수도 상당히 많다. 많은 연구자들에 의하여 속속 등장하는 레진 시멘트들의 비교연구는 중요할

것이며, 용해도와 수분 흡착도 뿐만 아니라 다른 물리적 성질의 비교 연구도 진행되면 큰 도움이 될 것이라 사료되는 바이다.

## V. 결 론

레진 시멘트의 용해도와 수분 흡착도를 비교하기 위해 중합 방법이 서로 다른 레진 시멘트들을 이용하여 수분 흡착도와 증류수, 젖산 용해도에 관한 실험을 시행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 수분 흡착도 비교 시 Variolink<sup>®</sup> II, Calibra<sup>™</sup>, Panavia<sup>™</sup> F, Superbond C&B, Avanto<sup>®</sup>, C&B<sup>™</sup> Cement순으로 증가하였으며, 모든 군간에 유의한 차이가 있었다.(P<0.05)

(2) 물에 대한 용해도 비교 시 Variolink<sup>®</sup> II, Calibra<sup>™</sup>, Panavia<sup>™</sup> F, Superbond C&B, Avanto<sup>®</sup>, C&B<sup>™</sup> Cement순으로 증가하였으며, Avanto<sup>®</sup>군과 C&B<sup>™</sup> Cement 군을 제외한 모든 군간에 유의한 차이가 있었다.(P<0.05)

(3) 젖산에 대한 용해도 비교 시 Variolink<sup>®</sup> II, Calibra<sup>™</sup>, Panavia<sup>™</sup> F, Superbond C&B, C&B<sup>™</sup> Cement, Avanto<sup>®</sup>순으로 증가하였으며, 모든 군간에 유의한 차이가 있었다.(P<0.05)

(4) 중합 방법에 대한 비교 시 수분 흡착도, 물에 대한 용해도, 젖산에 대한 용해도 모두에서 자가 중합군이 이중 중합군 보다 높은 값을 나타내었으며, 유의한 차이가 있었다.(P<0.05)

이상의 결과로 볼 때 이중 중합 방법의 레진 시멘트들이 자가 중합 방법의 시멘트들 보다 수분 흡착도, 용해도의 값이 작았으며 유의한 차이가 있었다.(P<0.05)

임상적으로 레진 시멘트 선택 시 수분 흡착도와 용해도의 값이 작은 재료를 선택하는 것이 좋으며, 자가 중합 방법의 시멘트보다는 이중 중합 방법의 시멘트를 사용하는 것이 좋으리라 사료된다.

## 참고문헌

1. Yap A, Lee CM. Water Sorption and Solubility of Resin Modified Polyalkenoate Cements. *J Oral Rehabil* 1997;24(4): 310-4.
2. Pluim L J, Arends J, Havinga P, Jongebloed W L, Stokroos I. Quantitative Cement Solubility Experiments in vitro. *J Oral Rehabil* 1984;11(2):171-9.
3. Beech DR, Bandyopadhyay S. A New Laboratory Method for Evaluating the Relative Solubility and Erosion of Dental Cements. *J Oral Rehabil* 1983;10(1): 57-63.
4. Kanchanasavita W, Anstice HM, Pearson GJ. Water Sorption Characteristics of Resin-Modified Glass-Ionomer Cements. *Biomaterials* 1997;18(4):343-9.
5. Kalachandra S. Influence of Fillers on the water sorption of Composites. *Dent Materi* 1989;5(4):283-8.
6. Lacefield WR, Reindl MC, Retief DH. Tensile Bond Strength of a Glass-Ionomer Cement. *J Prosthet Dent* 1985;53(2): 194-8.
7. Osborne JW, Swartz ML, Goodacre CJ, Phillips RW, Gale EN. A Method for Assessing the Clinical Solubility and Disintegration of Luting Cements. *J Prosthet Dent* 1978;40(4):413-7.
8. Richter WA, Ueno H. Clinical Evaluation of Dental Cement Durability. *J Prosthet Dent* 1975;33(3):294-9.
9. Lowen JC, Gronas DG. Clinical Evaluation of Cement Solubility. *J Prosthet Dent* 1978;40(4):453-6.
10. Feilzer AJ, Kakaboura AI, de Gee AJ, Davidson CL. The Influence of Water Absorption on the Development of Setting Shrinkage Stress in Traditional and Resin-Modified Glass-Ionomer Cements. *Dent Materi* 1995;11(3):186-90.
11. Hersek Ne, Canay S. In vivo Solubility of Three Types of Luting Cement. *Quint Inter* 1986;27(3):211-6.
12. American Dental Association. Reports of Councils and Bureaus Revised American National Standards Institute. American Dental Association Specification No. 27 for Resin-Based Filling Materials 1988:8-9.
13. Knobloch LA, Kerby RE, McMillen K, Clelland N. Solubility and Sorption of Resin-Based Luting Cements. *Operative Dentistry* 2000;25:434-40.
14. Breeding LC, Dixon DL, Caughman WF. The Curing Potential of Light-activated Composite Resin Luting Agents. *J Prosthet Dent* 1991;65:512-9.
15. Braden M. Recent Advances in Dental Materials. *Dental Update*. 1977, 369.
16. Cardash HS, Baharav H, Pilo R, Amar R. The Effect of Porcelain Color on the Hardness of Luting Composite Resin Cement. *J Prosthet Dent* 1993;69:620-8.
17. Calais JG, Soderholm KJ. Influence of Filler Type and Water Exposure on Flexural Strength of Experimental Composite Resins. *J Dent Res* 1998;67(5):836-40.
18. Brown RL, Rapson JE, Dickson G. Hardening Shrinkage and Hygroscopic Expansion of Composite Resins. *J Dent Res* 1982;62(5):654-8.
19. White SN, Sorensen JA, Kang SK, Caputo AA. Microleakage of New Crown and Fixed Partial Luting Agents. *J Prosthet Dent* 1992;67(2):156-61.
20. Tjan AH, Dunn JR, Grant BE. Marginal Leakage of Cast Gold Crowns Luted with an Adhesive Resin Cement. *J Prosthet Dent* 1992;67(1):11-5.
21. Tanakawa M, Atsuta M. In-vitro Solubility

- of Three Types of Resin and Conventional Luting Cements. *J Oral Rehabil* 1998; 25:285-91.
22. Setchell DJ, Teo CK, Khun AT. The Relative Solubilities of Four Modern Glass-Ionomer Cements. *J British Dent* 1985;158(6):220-2.
  23. Blackmann R, Barghi N, Duke E. Influence of Ceramic Thickness on the Polymerization of Light-cured Resin Cement. *J Prosthet Dent* 1990;63:295-9.
  24. Hoffman N, Papsthart G, Hugo B. Comparison of Photo-activation Versus Chemical or Dual-curing of Resin-based Luting Cements. Regarding Flexural Strength, Modulus and Surface Hardness. *J Oral Rehabil* 2001;28:1022-8.
  25. Jacobsen PH, Darr AH. Conversion of Dual Cure Luting Cements. *J Oral Rehabil* 1995;22:43-7.
  26. Hasegawa EA, Boyer DB, Chan DC. Hardening of Dual-cured Cements under Composite Inlays *J Prosthet Dent* 1991; 66:187-94.
  27. Iwami Y, Yamamoto H, Sato W, Kawai K, Tori M. Weight Change of Various Light-Cured Restorative Materials after Immersion. *Oper Dent* 1998;23(3):132-7.
  28. Warren K, An Investigation into the Microhardness of a Light-cured Composite when Cured through Varying Thickness of Porcelain. *J Oral Rehabil* 1990;17:327-35.
  29. W Frank Caughman, Daniel C, N Chan, Fredrick A, Rueggeberg. Curing Potential of Dual-Polymerizable Resin Cements in Stimulated Clinical Situations. *J Prosthet Dent* 2001;86(1):101-6.
  30. Cho E, Kopel H, White SN. Moisture Susceptibility of Resin-Modified Glass-Ionomer Materials. *Quint Inter* 1995;26 (5):351-8.
  31. Eliades G, Palaghias G. In Vitro Characterization of Visible Light-Cured Glass-Ionomer Liners. *Dent Mater* 1993;9(3): 198-203.
  32. Ferracane JL, Antonio RC, Matsumoto H. Variables Affecting the Fracture Toughness of Dental Composite. *J Dent Res* 1987; 66(6):1140-5.

---

**Reprint request to:**

In-Ho Cho, D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University  
7-1, Shinbu-Dong, Chunan, Chungnam, 330-716, Korea  
cho8511@dku.edu

## ABSTRACT

# A STUDY ON THE SOLUBILITY AND THE WATER SORPTION OF VARIOUS RESIN CEMENTS

Yu-Jin Hwang, D.D.S., In-Ho Cho, D.D.S., Ph.D.,  
Ju-Hwan Lim, D.D.S., Ph.D., Heon-Song Lim, D.D.S., Ph.D.

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University*

**Statement of problem.** Among the physical properties of adhesion luting cement, the aspect that requires the most important factor is the degree of solubility and water sorption. Dissolution or an inadequate due to excessive water sorption inside the oral cavity compromises the while concurrently increasing the susceptibility to secondary dental caries.

Susceptibility to dissolution and difficulty of removing remnant cement from the gingival sulcus have hindered the use of dental resin cement in the clinical practice, but the improved characteristics of newer generation resin cements have interest in and enabled resin cements to be widely used in adhesion of fixed prosthesis, such as laminate veneers and all-ceramic crowns.

**Purpose.** The purpose of this study is to compare and analyze the degrees of solubility and water sorption of a variety of resin cements widely used for clinical purposes with different curing methods.

**Material and methods.** Self-curing resin cements, Avanto<sup>®</sup>, C&B<sup>™</sup> CEMENT and Superbond C&B cements comprised group 1, 2 and 3. The dual-curing resin cements Panavia<sup>™</sup> F, Calibra<sup>®</sup> and Variolink<sup>®</sup> II were divided into groups 4, 5, and 6, respectively. The investigation was carried out using disc-shaped specimens as specified by ANSI/ADA Specification No. 27. The degree of water sorption, water solubility and lactic acid solubility of each test group was analyzed statistically leading to the following conclusion.

**Results.** The degree of water sorption was shown to increase in the following order : group 6, 5, 4, 2, 1 and 3. There were significant differences between the water sorption of each group. Results of the degree of water solubility were shown to increase in the following order : group 6, 5, 4, 2, 1 and 3. Statistically significant differences were found between each group, with the exception of groups 1 and 3. Finally, the degree of lactic acid solubility was found to increase in the following order : group 6, 5, 4, 2, 3 and 1. Significant differences were found between each group. In general dual-curing resin cements displayed substantially lower values than self-curing resin cements with regard to water sorption, water solubility, and lactic acid solubility.

**Conclusions.** From the results of this study, dual-curing resin cements show a significantly lower degree of water sorption and solubility than their self-curing counterparts. Clinically, when selecting resin cements, the product with a lower degree of water sorption and solubility are preferred. The results of this study indicate that the use-of dual-curing resin cements is preferable to self-curing cements.

---

**Key words :** Dual-curing method, Resin cement, Lactic acid solubility, Self-curing method, Solubility, Water sorption