

## Ormocer 계열 수복재의 물성에 관한 연구

이동수 · 정태성 · 김 신

부산대학교 치과대학 소아치과학교실

### 국문초록

최근 20년간 다양한 종류의 심미 수복재가 개발되었고, 특히 지난 5년 동안에는 그 수에 있어서 극적인 증가추세를 보였다. 최근 들어, ormocer라는 새로운 종류의 광중합형 수복재료가 소개되었는데, 화학 분야에서는 이미 오래 전부터 알려져 있던 성분으로, 광학렌즈 등의 표면경화제로 이용되어 오다가 최근 치과용 수복재에 도입되었다. 'Ormocer'란 'Organically Modified Ceramics'의 약자로 'Ormosils' (Organically Modified Silicates)로도 알려져 있다. 그러나, 이 새로운 수복재에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 서로 다른 계통의 광중합형 수복재들(Z-100, Surefil, Tetric Ceram, Dyract AP)과 ormocer(Admira)를 압축강도와 굴곡강도 측면에서 비교 평가하고, 구강내 환경과 유사한 조건에서 수분흡수가 그 물성에 미치는 영향을 평가할 목적으로 시도되어 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 1일 후에 측정된 Admira의 압축강도는 Surefil보다는 낮았으나, 다른 재료들과는 유의한 차이를 나타내지 않았다( $p>0.05$ ).
2. 1일 후에 측정된 Admira의 굴곡강도는 다른 4종의 재료에 비해서 낮았다( $p<0.05$ ). 2일부터는 3종의 복합레진에 비해서 낮았다( $p<0.05$ ).
3. 실험기간(30일) 중 hybrid composite resin군(Z-100, Tetric Ceram)과 packable resin(Surefil)군 간에는 압축강도와 굴곡강도에서 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ).
4. 실험에 사용된 5종의 수복재 모두 압축강도와 굴곡강도가 2일까지 증가하다가 7일부터 감소하였다( $p<0.05$ ).
5. 각 재료의 시간에 따른 압축강도와 굴곡강도의 변화양상은 통계적으로 유사하였다( $p>0.05$ ).

**주요어** : Ormocer, 수분흡수, 복합레진, 압축강도, 굴곡강도

### I. 서 론

근래에 들어 심미수복의 수요증가에 힘입어 광중합형 복합레진에 많은 발전이 있었고, 특히 지난 5년간에는 다양한 종류의 수복재가 개발되었다(Fig. 1).

최근에는, 치질에 대한 부착능력과 뛰어난 심미성을 갖춘 광중합용 수복재가 아말감을 대신하여 구치부 교합면 수복에 적용되고 있다. 이러한 재료들은 아말감에 비해서 심미적이며, ceramic inlay나 cast gold inlay보다는 경제적이란 장점을 가지고 있다. 복합레진의 성분 중에서 filler volume fraction과 filler load level이 수복재의 강도와 탄성계수에 큰 영향을 미치는데<sup>1-4)</sup>, 제조회사들은 구치부 1, 2급 와동에 적용할 수 있도록 마모저항성과 물성을 향상시키고자 filler의 함량을 증가시키고,

filler의 평균 크기를 줄인 상품들을 소개하고 있다<sup>5)</sup>.

Packable composite resin으로 소개되고 있는 이들 상품들은 기존의 복합레진과 handling property에서 차이를 보이는 데<sup>6)</sup>, 기존의 hybrid composite로는 아말감처럼 2급 인접면 와동을 충전하는 과정에서 레진이 viscous liquid와 같은 양태를 보이기 때문에, 인접 접촉점을 형성해주는 것이 어려웠다. 그래서, 임상적용의 이러한 어려움을 극복하기 위해 prewedging 등의 방법들이 사용되어 왔지만, 수복의 성공여부는 인접치의 치간이개량에 따라 크게 영향을 받기 때문에, 역시 적절한 인접면 접촉을 형성하는데 어려움이 있었다<sup>8)</sup>. 그에 비해서, packable composite resin은 packing 과정에서 displacement를 보이지 않기 때문에 적절한 인접면 접촉을 형성하기에 용이하다<sup>6-8)</sup>. 하지만, 여러 연구에 의하면 이러한 재료들도 기존의 복

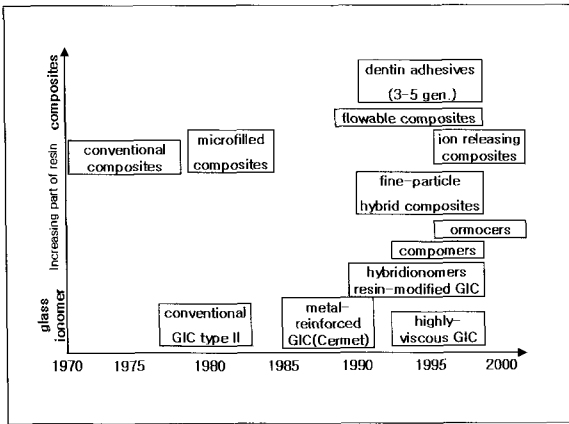


Fig. 1. Historical development of different types of filling materials.

합레진에 비해 성분면에서 큰 차이를 보이지 않고<sup>7)</sup>, 그 물리적 성질에 있어서도 hybrid composite에 비해 특별한 개선점을 찾을 수 없다고 하였다<sup>5,7-10)</sup>. 또, 중합수축의 감소와 물리적 성질의 개선을 위해서<sup>11,12)</sup> 첨가하는 filler의 함량이 70 % (vol.)를 초과할 수 없는데, 그것은 filler의 함량증가로 인한 polymerization stress의 증가<sup>13)</sup>와 조작성이 현저히 악화되기 때문이다<sup>14)</sup>.

그래서, 학자들은 composite formulation 그 자체에 더 많은 관심을 가지게 되었고<sup>13)</sup>, 최근에는 화학 분야에서는 이미 과거부터 사용해 온 Ormocer 라는 재료를 치과수복재에 도입하기에 이르렀다<sup>15)</sup>.

'Ormocer'란 'Organically Modified Ceramics'의 약자로, 'Ormosils' (Organically Modified Silicates)로도 알려져 있다<sup>15)</sup>. 이 재료는 플라스틱 안경의 scratch resistant hard coating 등의 용도로 사용되어 왔다.

이제까지 연구된 바에 의하면, ormocer가 기존의 복합레진에 비해 중합수축률이 낮고, 마모저항성은 큰 것으로 알려져 있다<sup>9,10,15-18)</sup>. 그러나, ormocer의 상대적인 물리적 성질, 그리고 구강내 환경과 같이 수분에 장기간 노출되었을 때의 변화에 대해서는 아직 연구가 부족한 상태이다. 본 연구는 수복재로 최근에 시판된 ormocer material인 Admira (Voco Cuxhaven, Germany)를 대상으로, 몇 가지 물리적 성질과 수분흡수에 따른 물성 변화의 측면에 있어서 기존의 복합레진들과 비교 평가할 목적으로 시도되었다.

## II. 연구 재료 및 방법

본 연구에서는 시판된 3종의 가시광선 중합형 복합레진 (Z-100, Tetric Ceram, Surefil)과 1종의 compomer (Dyract AP), 1종의 ormocer (Admira)를 실험재료로 사용하였으며 (Table 1), 시편의 제작, 보관 및 강도측정 방법은 ISO 규격<sup>19)</sup>과 ANSI/ADA 규격<sup>20)</sup>에 준하였다.

### 1. 시편제작 및 보관

시편제작을 위해서 Stainless Steel mold를 제작하였다. 압축강도 측정을 위해서 두께 6mm, 내경 4mm의 mold를, 굴곡강도 측정을 위해서는 두께 2mm, 폭 2mm, 길이 25mm의 split mold를 제작하였다. 폴리에스테르 필름 위에 mold를 위치시키고 수복재료를 약간 넘치게 채운 후, mold의 상면을 폴리에스테르 필름으로 덮고 Slide glass로 압력을 가해 여분의 수복재를 제거하였다. Mold 내면에는 Resin Separator (Dentsply Caulk, U.S.A)를 도포하였다.

가시광선 광중합기인 Coltlux II (Coltene Inc., Germany)를 사용하여 각 시편을 중합시켰다. 압축강도 측정용 시편은 mold 상하에서 각각 40초씩 광조사하여 중합시키고, 굴곡강도 측정용 시편은 mold 상면에서 정중앙을 시작으로 중첩시켜가며 40초씩 5회 광조사하였다. 광조사기의 광강도를 digital type의 Radiometer인 CURE RITE (EFOS model #8000, U.S.A)로 측정하여 실험중 750-760 mW/cm<sup>2</sup>을 유지하였다.

중합된 수복재료 시편은 즉시 37℃ 증류수에 담그고, 15분 후에 mold에서 제거하였다. 시편은 젖은 상태에서 320grit 사포로 flash를 제거한 후, caliper로 규격을 확인하였다. 이렇게 제작된 시편들을 37℃ 증류수 항온수조에 빛이 차단된 상태로, 1시간~30일간 보관하였다.

### 2. 압축강도의 측정

각 수복재료 군마다 5개씩의 시편을 37℃ 증류수에 1시간, 1일, 2일, 7일, 15일, 30일 보관한 후, 만능시험기 (INSTRON, Model 4301, England)를 사용하여 압축강도를 측정하였다 (crosshead speed ; 0.75mm/min). 아래의 공식을 사용하여,

Table 1. Materials used in the study

Brand Name	Category	Shade	Filler size (μm)	Filler loading (vol% / wt%)	Manufacturer
Z-100	hybrid composite	A2	0.04-3.6	66.0/84.5	3M, U.S.A
Tetric Ceram	hybrid composite	A2	0.04-1.0	60.0/78.6	Vivadent, Lichtenstein
Surefil	packable composite	A	0.8(mean)	66.0/82.0	Dentsply Caulk, U.S.A
Dyract AP	compomer	A2	0.8(mean)	47.0/73.0a	Dentsply Detrey, Germany
Admira	ormocer	A2	0.7(mean)	60.2/77.0	Voco Cuxhaven, Germany

시편이 파절되기 전까지 가해진 최대하중을 통해 압축강도를 계산하였다.

$$C = 4P/\pi D^2$$

(C : compressive strength, MPa, P : maximum load, Newtons, D : diameter of the specimen, mm)

### 3. 굴곡강도의 측정

각 수복재료 군마다 5개씩의 시편을 37°C 증류수에 1시간, 1일, 2일, 7일, 15일, 30일 보관한 후, 만능시험기(INSTRON, Model 4301, England)를 사용하여 삼점굽힘실험을 시행하였다(crosshead speed : 0.75mm/min). 아래 공식을 사용하여, 시편의 파절되기 전까지 가해진 최대하중을 통해 굴곡강도를 계산하였다.

$$\sigma = 3PL/2BH^2$$

( $\sigma$  : flexural strength, MPa, P : maximum load, Newtons, L : distance between the supports, mm, B : width of specimen, mm, H : height of specimen, mm)

### 4. 통계처리

측정된 결과는 재료별, 시간별 강도차이를 repeated ANOVA test를 사용해서 통계적 유의성을 검증한 다음, 각 군간의 차이를 Tukey's studentized range test로 비교하였다 (P<0.05). 통계처리에는 SAS Ver. 8.1 프로그램을 사용하였다.

## III. 연구 성적

### 1. 압축강도

각 재료의 압축강도 측정결과는 Table 2와 Fig. 2에 제시된 바와 같다.

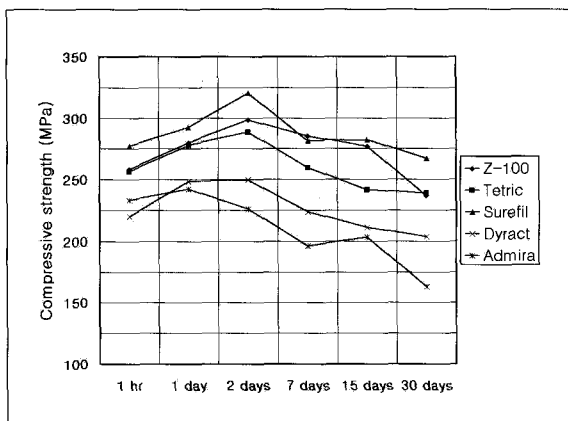
시편제작 후, 1시간째 측정된 압축강도는 5종의 재료간에 유의한 차이를 보이지 않았으며(p>0.05), 중합 후 1일째 측정된 압축강도에서 Surefil만이 Admira와 유의한 차이를 나타내었다(Fig. 3)(p<0.05).

5종의 재료 모두에서, 중합 후 1시간보다는 2일에서 높은 결

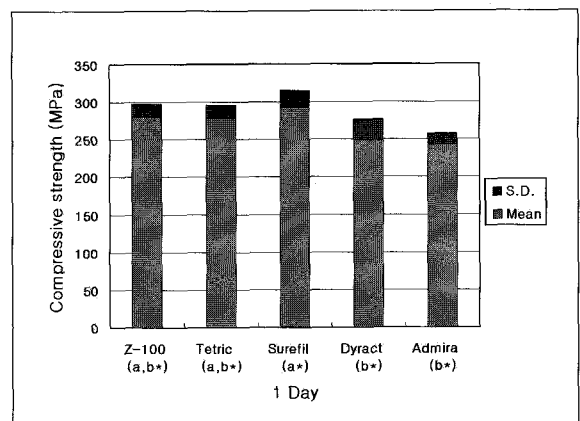
**Table 2.** Compressive strength [ Mean (S.D.) ]

Material	Time	1 hour	1 day	2 days	7 days	15 days	30 days
Z-100		258.30(30.18) <sup>a</sup>	279.95(17.82) <sup>a,b</sup>	298.52(18.63) <sup>a,b</sup>	285.34(25.06) <sup>a</sup>	276.90(26.83) <sup>a</sup>	236.93(42.08) <sup>a</sup>
Tetric Ceram		256.67(22.35) <sup>a</sup>	277.85(18.56) <sup>a,b</sup>	288.60(24.27) <sup>a,b</sup>	259.56(31.66) <sup>a,b</sup>	241.49(20.98) <sup>a,b</sup>	239.01(21.12) <sup>a</sup>
Surefil		277.15(40.77) <sup>a</sup>	292.36(23.29) <sup>a</sup>	320.62(41.34) <sup>a</sup>	281.46(33.55) <sup>a</sup>	282.28(25.75) <sup>a</sup>	267.17(43.75) <sup>a</sup>
Dyract AP		219.81(28.46) <sup>a</sup>	248.54(28.40) <sup>b</sup>	249.72(31.63) <sup>b,c</sup>	223.80(31.82) <sup>b,c</sup>	211.02(17.50) <sup>b</sup>	203.62(18.03) <sup>a,b</sup>
Admira		233.20(27.56) <sup>a</sup>	242.39(15.07) <sup>b</sup>	225.93(30.61) <sup>c</sup>	196.23(26.47) <sup>c</sup>	203.41(20.85) <sup>b</sup>	163.12(42.69) <sup>b</sup>

\*Superscript letters indicate statistically homogeneous subsets (Tukey test,  $\alpha=0.05$ )



**Fig. 2.** Compressive strength.



**Fig. 3.** Compressive strength (1 day).

The cap on the bars represents +1 S.D. unit above the mean and the bars with the same letter(\*) were not significantly different ( $\alpha=0.05$ ).

과치를 나타내었으며 압축강도의 증가를 보였다. Admira에서는 1일보다 2일에서 압축강도의 평균값이 낮게 나왔으나, 유의한 차이는 없었다( $P>0.05$ ). 2일에서 7일 사이에 5가지 재료 모두 유의한 감소를 보였으며( $p<0.05$ ), 그 이후부터 지속적인 감소추세를 보였다.

Admira는 중합 1시간 후에 측정된 결과에서는 다른 4가지 재료 모두와 차이를 보이지 않았으나, 1일 후부터는 차이가 발생하였다. Compomer인 Dyract AP와 Admira 사이에는 실험기간 동안 통계적 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ ).

실험기간중 hybrid composite resin인 Z-100, Tetric Ceram과 packable resin인 Surefil간에는 압축강도에 있어서 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ).

## 2. 굴곡강도

각 재료의 굴곡강도 측정결과는 Table 3과 Fig. 4에 제시된 바와 같다.

시편제작 후, 1일째 측정된 굴곡강도에서 Admira는 다른 4종의 재료와 유의한 차이를 나타내었다(Fig. 5)( $p<0.05$ ).

Admira는 중합 후 1일에서 30일까지 3종의 복합레진들과 굴곡강도에 있어서 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ).

5종의 재료 모두에서, 중합 후 1시간보다는 2일에서 높은 결과를 나타내었으며 굴곡강도의 증가를 보였다. 2일에서 7일 사이에 5종의 재료 모두 유의한 감소를 보였으며( $p<0.05$ ), 그 이후부터 지속적인 감소추세를 보였다.

실험기간중 hybrid composite resin인 Z-100, Tetric Ceram과 packable resin인 Surefil 간에는 굴곡강도에 있어서 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ).

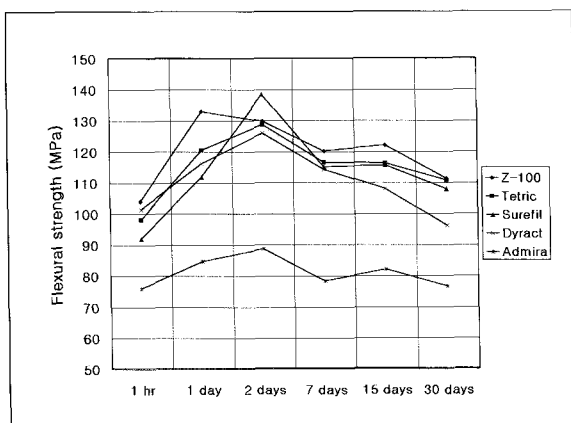
## 3. 교호효과(interaction effect) 검정

각 재료들의 압축강도와 굴곡강도의 시간에 따른 변화 양상을 비교평가하기 위해 교호효과(interaction effect)를 검정하였다. Fig. 6의 예와 같이 각 재료의 압축강도와 굴곡강도는 시간에 따라 동일한 변화양상을 보였다( $p>0.05$ ). Admira에서는 압축강도의 감소시점이 달랐으나 유의한 차이는 없었으며, 타 재료들과 유사한 변화양상을 보여주었다(Fig. 7)( $p>0.05$ ).

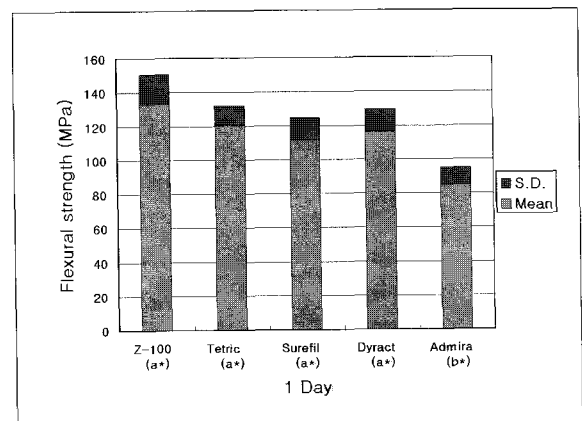
**Table 3.** Flexural strength [ Mean (S.D.) ]

Material	Time	1 hour	1 day	2 days	7 days	15 days	30 days
Z-100		104.07(13.22) <sup>a</sup>	133.01(17.71) <sup>a</sup>	129.95(21.24) <sup>a</sup>	120.21(20.01) <sup>a</sup>	122.08(13.56) <sup>a</sup>	111.28(9.99) <sup>a</sup>
Tetric Ceram		98.09(10.54) <sup>a,b</sup>	120.45(11.82) <sup>a</sup>	128.83(12.88) <sup>a</sup>	116.56(12.85) <sup>a</sup>	116.36(8.11) <sup>a</sup>	110.85(14.00) <sup>a</sup>
Surefil		91.99(11.33) <sup>a,b</sup>	111.87(12.83) <sup>a</sup>	138.51(24.63) <sup>a</sup>	115.09(8.01) <sup>a</sup>	115.63(16.28) <sup>a</sup>	107.92(13.80) <sup>a</sup>
Dyract AP		101.30(12.06) <sup>a</sup>	116.21(13.31) <sup>a</sup>	125.99(25.81) <sup>a,b</sup>	114.22(15.43) <sup>a</sup>	108.13(9.32) <sup>a,b</sup>	96.27(18.24) <sup>a,b</sup>
Admira		75.95(12.19) <sup>b</sup>	84.82(10.13) <sup>b</sup>	88.77(14.44) <sup>b</sup>	78.41(21.25) <sup>b</sup>	82.16(29.22) <sup>b</sup>	76.62(11.20) <sup>b</sup>

\*Superscript letters indicate statistically homogeneous subsets (Tukey test,  $\alpha=0.05$ )



**Fig. 4.** Flexural strength.



**Fig. 5.** Flexural strength (1 day).

The cap on the bars represents +1 S.D. unit above the mean and the bars with the same letter(\*) were not significantly different( $\alpha=0.05$ ).

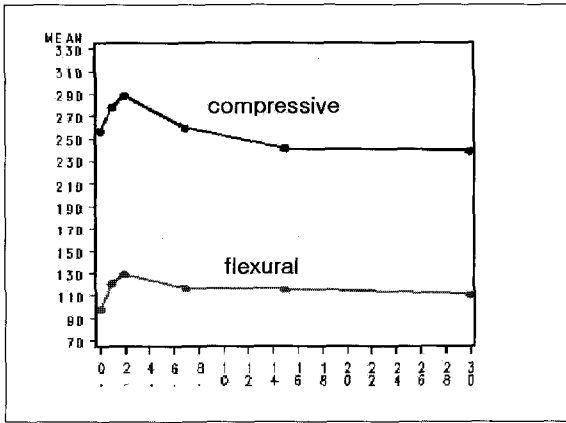


Fig. 6. Compressive and flexural strengths of Tetric Ceram.

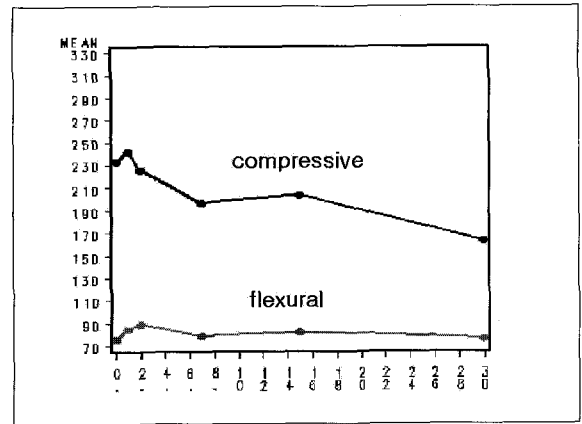


Fig. 7. Compressive and flexural strengths of Admira.

IV. 총괄 및 고찰

Ormocer material이 치과 수복재로 연구된 것은 고작 수년에 불과하며, 시판된 것도 Definite(Degussa AG, Hanau, Germany, 1998)와 Admira(1999)의 2종에 불과하기 때문에, 그 물리적 성질에 관한 연구는 소수에 지나지 않았다<sup>5,9,10,17,18)</sup>.

Ormocer의 화학적 구조는 SiO<sub>2</sub>를 기본으로 하는 inorganic backbone에 polymerizable organic unit들이 부착되어 있으며, 이러한 구조가 3차원적으로 cross-link되는데(Fig. 8), silane의 alkoxy-silyl group이 hydrolysis와 polycondensation reaction을 통해 inorganic Si-O-Si network을 형성하고, (meth)acrylate group이 photochemically induced organic polymerization을 매개한다<sup>15)</sup>. Ormocer는 이처럼 색다른 inorganic-organic copolymer 구조로 이루어져 있다.

Manhart 등<sup>9,17)</sup>에 의하면 ormocer의 굴곡강도는 composite resin과 비슷하거나 낮은 수준이지만, 마모저항성은 더 뛰어나다고 하였다. 마모저항성이 우수한 것은, inorganic-organic copolymer의 interpenetrating network를 형성하고 있는 ormocer의 matrix의 특징 때문으로 보고 있다. Chen 등<sup>10)</sup>에 의하면, ormocer의 탄성계수는 낮은 반면에 polymerization contraction stress가 크다고 하였는데, 이것은 ormocer가 inorganic-organic network structure 속에서 분자량이 크고 견고한 matrix 구조를 가지고 있기 때문이다. 따라서, 중합과정에서 gelation 직전까지의 유동성이 적어지게 되고, 그 만큼 contraction stress compensation 양이 적기 때문이다<sup>10)</sup>.

국제표준화기구(ISO)<sup>19)</sup>와 미국치과의사협회(ANSI/ADA)<sup>20)</sup>는 교합면 수복용 resin-based dental filling materials에 대한 허용기준으로, 제조회사의 지시대로 중합한 시편을 37°C 증류수에 24시간 보관한 후, 굴곡강도를 측정했을 때 80 MPa(비교하면 수복용 재료는 50 MPa) 이상일 것을 제시하고 있다. 본 연구에 사용한 5종의 수복재는, 1일 후 측정된 굴곡강

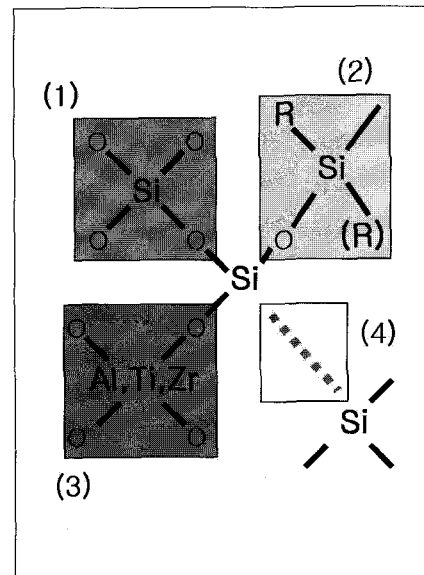


Fig. 8. Structural units in Ormocer.  
 (1) inorganic silica network  
 (2) functional group  
 (3) heteroatoms in inorganic structures  
 (4) organic crosslinking

도에서 이 기준을 모두 충족시키고 있다.

본 연구에서 수복재의 물성을 평가하기 위해 압축강도와 굴곡강도를 측정하였다. 이 중에서 굴곡강도는 여러 가지 stress를 동시에 측정하는 것으로, load가 가해지는 시편의 상부에는 compressive stress가, beam support가 위치하는 시편의 하부에는 tensile stress가 가해진다<sup>21,6)</sup>. 수복재로 사용되는 물질들이 cross-link structure를 가지는 organic matrix에 높은 농도의 filler를 함유한 구조이므로, compressive stress보다는 tensile stress에 취약하다. 이 때문에, 시편의 하부 최외층에서부터 구조적 파괴(structure collapse)가 시작된다. 그런데, 시편의 최외층부는 수분의 영향에 먼저 노출될뿐더러, 그 영향으로 가장 심하게 손상된다. 결과적으로, 시편이 수분에 의해 입

은 degradative change가 굴곡강도 측정의 삼점굽힘실험에 민감하게 반영되는 것이다. 또한, 압축강도 측정에 사용된 시편보다 굴곡강도 측정에 사용된 시편의 두께가 얇기 때문에, 수분흡수에 의한 degradative effect의 영향을 받지 않은 내부 구조물의 상대적 두께가 더 적기 때문이기도 하다<sup>21)</sup>.

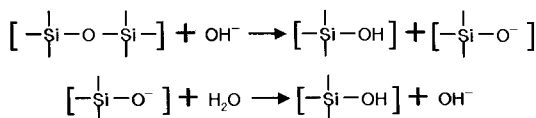
구강내와 유사한 환경에서 수복재료의 물리적 성질을 평가한 이전의 많은 연구들이 있었다<sup>21-26)</sup>. 우선, 구강내와 유사한 환경 조건을 구현하기 위해 food simulating liquid가 필요한데, FDA Guideline(FDA, 1976)에서는 다음의 4가지 용액을 추천하였다<sup>27)</sup>: (1) Heptane (2) Ethanol solution (3) Citric acid (4) Deionized water. Heptane은 버터, 지방질 육류, 식물성 기름의 효과를 내고, ethanol solution과 citric acid는 야채, 과일, 캔디, 시럽, deionized water는 섭취하는 수분과 타액의 효과를 대신한다. 이 중에서, heptane을 보관액으로 할 때가 다른 액체들에서보다 우세한 물리적 성질을 나타낸다고 하였고, 보관액의 온도와 종류, 수복재료의 종류에 따라서도 서로 다른 영향을 받는다고 보고하였다<sup>27)</sup>.

시편을 37°C 증류수에 보관한 이전의 여러 연구들을 살펴보면, 시편을 건조상태로 보관했을 때보다 낮은 물성을 나타내었다<sup>28)</sup>. 그리고, 이번 연구에서와 마찬가지로 일정 시점까지 강도가 증가하다가 그 후 감소하는 양상을 여러 연구들에서 보고하였다<sup>21-26,29)</sup>.

수분으로 인한 이러한 물성의 저하를 설명하는 두 가지 방법이 있다. 우선, resin-based material의 organic matrix와 같이 수분을 흡수할 수 있는 부분에 의해, 시편이 swelling, plasticization됨으로 인해 물성이 저하된다<sup>21,24,30)</sup>. Resin material의 수분 흡수량을 측정한 연구에서, 시간이 지날수록 수분 흡수량이 증가하지만, 첫 2주간에 대부분이 흡수되고, 그 이후 흡수 속도는 현저히 둔화된다<sup>24)</sup>. 증류수에 보관한 시편의 강도 저하가 초기에 일어나는 것은 초기 수분흡수 속도가 빠르다는 것과도 관계가 있다.

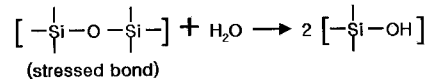
수분으로 인한 물성저하를 설명하는 또 한 가지 이론은, composite resin 내부에서 일어난 화학적 변화로 chemical softening을 보인다는 것이다<sup>16,24,25,31-36)</sup>. 이것은 증류수에 장기간 보관되어 강도가 저하된 시편을 단순히 탈수시키는 것만으로는 물성이 회복되지 않는 것으로 설명 가능하다<sup>26)</sup>. 이러한 irreversible degradative effect는 filler의 hydrolytic degradation이나 filler-matrix debonding으로 일어난다<sup>35)</sup>.

Soderholm<sup>30)</sup>에 의하면, resin matrix에 흡수된 수분이 filler 표면에 닿게 되면, glass modifier로 첨가된 Ba, Sr 등이 용해되어 나가게 된다. 그러면, silica network 내부의 전하를 유지하기 위해 이온이 빠져나간 자리로 OH<sup>-</sup> 기가 침투하게 되고, 이것이 일정 농도에 이르면 자가촉매작용(autocatalysis)이 일어나서 silica network를 파괴해 나간다<sup>16,30)</sup>.



그리고, Ba, Sr 등에 비해 Si는 누출 경향은 낮지만, 전체 누출 면적이 많은 이유로 filler에서 유리된다<sup>30,35,36)</sup>.

Degradation 과정에, stress와 resin structure도 관여하는데, amorphous microfill SiO<sub>2</sub>는 불규칙하게 분포된 짧은 길이의 Si-O-Si 결합을 형성하고 있으면서 불규칙한 결합각도를 가지고 있기 때문에, 규칙적으로 긴 Si-O-Si 결합을 가진 Quartz filler 보다는 긴장된 상태에 있게 된다. 구강내 수복물이 수분에 노출된 상태로 저작압을 받게 되면, 인장력이 filler-matrix interface에 전달되게 되는데, 결과적으로 filler내의 Si-O-Si 결합을 당겨 끊어 놓게 된다.



Amorphous filler는 초기에 이미 긴장된 결합을 가지고 있기 때문에, 이와 같은 stress corrosion에 더 취약하게 된다<sup>30)</sup>. Wu 등<sup>39)</sup>에 의하면, 이러한 현상이 stress에 의해서만 유도되는 것은 아니며, thermocycling, acid-etching, compression fatigue, organic solvent 등도 동일한 효과를 나타낼 수 있다고 하였다. 그리고, 이 과정은 matrix의 성분 차이에서 오는 water swelling property와 filler의 성분, 크기, 처리방법 등에 영향을 받는다<sup>16,25,32,37)</sup>. 특히, filler에 대한 silane treatment의 유용성은 잘 알려져 있는데<sup>16,32)</sup>, filler의 반응성 표면을 줄여주고, resin과 filler 간 결합으로 matrix를 filler 표면에 묶어두는 compressive stress로 작용해서 수분의 확산을 막아준다. 또한, silane 그 자체가 소수성이므로 filler 표면에서 물을 막아내는 역할을 한다<sup>16)</sup>.

본 연구결과 hybrid composite resin과 packable composite resin 사이에는 압축강도와 결합강도에 있어서 차이가 보이지 않았다. 이것은, packable composite resin이 microfilled composite resin에 비해서는 물리적 성질이 우수하지만, hybrid composite resin과는 유의한 차이가 없다는 이전 연구들의 결과와 동일하게 나타났다<sup>6-8)</sup>.

본 연구에서, 새로운 치과수복재인 ormocer에 대한 물리적 성질과 수분흡수에 대한 영향을 평가하였다. 그러나, 압축강도와 굴곡강도만으로 이 재료의 물리적 성질을 평가하기에는 미흡한 점이 많다고 생각되며, 앞으로 중합수축 및 치질에 대한 결합강도 등에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

기존의 광중합형 수복재료들과 ormocer의 물리적 성질을 비교하고, 수분흡수가 물리적 성질에 어떠한 영향을 주는지를 평가하기 위해서, 3종의 복합레진(Z-100, Tetric Ceram, Surefil)과 1종의 compomer(Dyract AP), 1종의 ormocer(Admira)로 시편을 만들고, 구강내 환경과 유사한 37°C 증류수에 1시간, 1일, 2일, 7일, 15일, 30일 동안 보관

한 후, 압축강도와 굴곡강도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 1일 후에 측정된 Admira의 압축강도는 Surefil보다는 낮았으나, 다른 재료들과는 유의한 차이를 나타내지 않았다 ( $p>0.05$ ).
2. 1일 후에 측정된 Admira의 굴곡강도는 다른 4종의 재료에 비해서 낮았다( $p<0.05$ ). 2일부터는 3종의 복합레진에 비해서 낮았다( $p<0.05$ ).
3. 실험기간(30일)중 hybrid composite resin군(Z-100, Tetric Ceram)과 packable resin(Surefil) 간에는 압축강도와 굴곡강도에서 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ).
4. 실험에 사용된 5종의 재료 모두 압축강도와 굴곡강도가 2일 까지 증가되다가 7일부터 감소되었다( $p<0.05$ ).
5. 각 재료의 시간에 따른 압축강도와 굴곡강도의 변화양상은 통계적으로 유사하였다( $p>0.05$ ).

### 참고문헌

1. St Germain H, Swartz ML, Phillips RW, et al. : Properties of micro-filled composite resins as influenced by filler content. *J Dent Res* 64:155-160, 1985.
2. Li Y, Swartz ML, Phillips RW, et al. : Effect of filler content and size on properties of composites. *J Dent Res* 64:1396-1401, 1985.
3. Braem M, Finger W, Van Doren VE, et al. : Mechanical properties and filler fraction of dental composites. *Dent Mater* 5:346-348, 1989.
4. Chung KH : The relationship between composition and properties of posterior resin composites. *J Dent Res* 69:852-856, 1990.
5. Manhart J, Chen HY, Hickel R : The suitability of packable resin-based composites for posterior restorations. *J Am Dent Assoc* 132:639-645, 2001.
6. Kelsey WP, Latta MA, Shaddy RS, et al. : Physical properties of three packable resin-composite restorative materials. *Oper Dent* 25:331-335, 2000.
7. Choi KK, Ferracane JL, Hilton TJ, et al. : Properties of packable dental composites. *J Esthet dent* 12:216-226, 2000.
8. Cobb DS, MacGregor KM, Vargas MA, et al. : The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composites. *J Am Dent Assoc* 131:1610-1615, 2000.
9. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, et al. : Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dent Mater* 16:33-40, 2000.
10. Chen HY, Manhart J, Hickel R, et al. : Polymerization contraction stress in light-cured packable composite resins. *Dent Mater* 17:253-259, 2001.
11. 김재곤, 이용희, 양철희 등 : 구치부 복합레진의 인장강도에 관한 실험적 연구. *대한소아치과학회지* 28:464-470, 2001.
12. Chung KH, Greener EH : Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J Oral Rehabil* 17:487-494, 1990.
13. Condon JR, Ferracane JL : Assessing the effect of composite formulation on polymerization stress. *J Am Dent Assoc* 131:497-503, 2000.
14. Willems G, Lambrechts P, Braem M, et al. : A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dent Mater* 8:310-319, 1992.
15. Hickel R, Dasch W, Janda R, et al. : New direct restorative materials. *Int Dent J* 48:3-16, 1998.
16. Soderholm KJ : Degradation of glass filler in experimental composites. *J Dent Res* 60:1867-1875, 1981.
17. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, et al. : Mechanical properties of new composite restorative materials. *J Biomed Mater Res* 53:353-361, 2000.
18. Stoll R, Kook K, Kunzelmann KH, et al. : Influence of a high-speed polymerization method on the marginal integrity of composite fillings in class-II cavities. *Clin Oral Investig* 4:42-49, 2000.
19. ISO 4049 : Dentistry. Polymer-based filling, restorative and luting materials. 2000.
20. ANSI/ADA. Specification No. 27. : Resin-based filling materials. 1993.
21. Nambu T, Watanabe C, Tani Y : Influence of water on the transverse strength of posterior composite resins. *Dent Mater J* 10:138-148, 1991.
22. Yap AU, Mudambi S, Chew CL, et al. : Mechanical properties of an improved visible light-cured resin-modified glass ionomer cement. *Oper Dent* 26:295-301, 2001.
23. Kandil SH, Kamar AA, Shaaban SA, et al. : Effect of temperature and ageing on the mechanical properties of dental polymeric composite materials. *Biomaterials* 10:540-544, 1989.
24. Indrani DJ, Cook WD, Televantos F, et al. : Fracture toughness of water-aged resin composite restorative materials. *Dent Mater* 11:201-207,

- 1995.
25. Calais JG, Soderholm KJ : Influence of filler type and water exposure on flexural strength of experimental composite resins. *J Dent Res* 67:836-840, 1988.
  26. Soderholm KJ, Roberts MJ : Influence of water exposure on the tensile strength of composites. *J Dent Res* 69:1812-1816, 1990.
  27. Yap AU, Tan DT, Goh BK, et al. : Effect of food-simulating liquids on the flexural strength of composite and polyacid-modified composite restoratives. *Oper Dent* 25:202-208, 2000.
  28. Ortengren U, Elgh U, Spasenoska V, et al. : Water sorption and flexural properties of a composite resin cement. *Int J Prosthodont* 13:141-147, 2000.
  29. 정내정, 김정옥, 이상훈 : 치과용 콤포짓트 레진의 수분 흡수에 따른 압축강도와 굴곡강도의 변화에 관한 연구. *대한소아치과학회지* 28:146-152, 2001.
  30. Soderholm KJ : Leaking of fillers in dental composites. *J Dent Res* 62:126-130, 1983.
  31. 양규호, 김정란 : 수중 치과용 복합레진의 가수분해. *대한소아치과학회지* 27:370-378, 2000.
  32. Chen TM, Brauer GM : Solvent effects on bonding organo-silane to silica surfaces. *J Dent Res* 61:1439-1443, 1982.
  33. Wu W, Toth EE, Moffa JF, et al. : Subsurface damage layer of in vivo worn dental composite restorations. *J Dent Res* 63:675-680, 1984.
  34. Mckinney JE, Wu W : Chemical softening and wear of dental composites. *J Dent Res* 64:1326-1331, 1985.
  35. Oysaed H, Ruyter IE : Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *J Dent Res* 65:1315-1318, 1986.
  36. Soderholm KJ, Zigan M, Ragan M, et al. : Hydrolytic degradation of dental composites. *J Dent Res* 63:1248-1254, 1984.
  37. Ruyter IE, Sjovik IJ : Compositions of dental resin and composite materials. *Acta Odontol Scand* 39:133-146, 1981.



**Abstract**

**SELECTED MECHANICAL PROPERTIES OF  
ORMOCER RESTORATIVE MATERIALS**

Dong-Soo Lee, Tae-Sung Jeong, Shin Kim

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University*

During the last two decades, many new filling materials and material groups have been developed. the number of available restoratives has increased dramatically, especially during the last 5 years. Ormocers are a new class of materials which are still under development with regard to dental applications. However, in the chemical literature these materials have been known for a long time and used for producing scratch resistant coatings on plastic spectacle lenses. It is a combination of inorganic and organic materials. 'Ormocer' is an abbreviation for 'Organically Modified Ceramics'. These compounds are also known in the literature as 'Ormosils' (organically modified silicates). Their chemistry is comparable to that of silicones and organic polymers.

The purpose of this study was to determine of compressive strength and flexural strength of a ormocer (Admira) and to investigate the effects of water absorption in comparison with three composite resins(Z-100, Tetric Ceram, Surefil) and one compomer(Dyract AP).

The following results were obtained :

1. Admira had the lower compressive strength than Surefil, but no statistically difference with other materials at 1 day( $p>0.05$ ).
2. Admira had the lower flexural strength than all other materials at 1 day. From 2 days, Admira showed lower flexural strength than three composite resin( $p<0.05$ ).
3. There was not statistically significant difference of compressive and flexural strengths between hybrid composite resin group(Z-100, Tetric Ceram) and Packable resin group(Surefil) for experimental period(30 days)( $p>0.05$ ).
4. All five materials showed an increase in compressive and flexural strength till 2 days and showed a decrease from 7 days in water( $p<0.05$ ).
5. Each materials had the statistically similar behavior of compressive and flexural strengths over time( $p>0.05$ ).

**Key words** : Ormocer, Water absorption, Composite resin, Compressive strength, Flexural strength