

시판 복합레진의 물성에 관한 실험적 연구

연세대학교 치과대학 보존학교실

박상덕 · 박동수 · 이찬영 · 이정식

I. 서 론

심미적 충전을 위한 많은 재료가 연구 제조되었는 바 실리케이트 세멘이나 아크릴릭 레진에 이어 치과용 충전재로서 개발된 복합레진은 전치부는 물론 구치부 충전재로서 널리 사용되게 되었다.

이와같은 복합레진의 발달은 1940년대에 아크릴릭 레진이 처음 발표된 이래 임상적으로 사용하기에 여러 문제가 있어 이를 보완하여 hybrid monomer인 BIS-GMA를, 그후 치아에 대한 접착력을 증진시키는 산 접합법을 최근에는 보다 평활한 면을 부여하기 위해 microfilled 레진을 개발하기에 이르렀다. 이와같이 전치부에서 사용되는 복합레진은 unfilled acrylic resin의 단점을 개선하여 물리적 기계적으로 우수한 충전재로 보완되고 있으며 이에 따라 구치부충전 등 치과임상의 전 영역에서 그 사용범위가 급격히 증가되는 추세에 있다.²⁾

그러나 복합레진 보다 우수한 물리적 기계적 특성을 갖는 반면 화학적 분해로 인한 색과 표면조도의 변화, 심한 마모로 인한 구치부 충전재로서의 강도나 경도의 저하, 변연누출⁴⁾, 흡수와 용해로 인한 충전물의 탈락이나 회귀성 우식등 아직도 연구되어야할 과제가 남아있다. 따라서 이와같은 단점들은 복합레진의 특성들과 긴밀한 관계를 갖는 바 재료의 조성이나 물성을 변화시켜 이상적 충전재로 개선시키려는 많은 실험과 임상적 연구조사가 진행되었다. 즉, Souder등⁴⁾, Bowen⁵⁾, Peterson과 Phillips⁶⁾, Macchi와 Craig²⁵⁾, Dennison과 Craig⁷⁾, Griffith¹³⁾, Hannah¹⁴⁾, Raptis등⁴⁰⁾은 각종 복합레진의 물리적 기계적 성질을 비교 발표 하였고, Po-

wer 등³⁹⁾, Aker 등^{1, 16)}, Robert 등⁴¹⁾, Jörgensen등¹⁶⁾은 복합레진의 마모 및 미세구조를 실험하였으며, Harrison¹⁵⁾은 경도와 마모 및 인장강도의 관련성에 대하여, Ferracane등¹²⁾은 중합정도에 따른 강도의 측정을, 그리고 최근엔 Denyer와 Shaw⁸⁾, Swartz와 Phillips등⁴⁵⁾은 visible light cured resin의 경도측정을 보고하였으며, 또한 Pearson³³⁾, 픽⁴⁷⁾, 岡本등⁴⁷⁾은 복합레진의 시간의 경과에 따른 흡수율 및 용해율의 변화를 실험한 바 있다.

한편 임상적 보고로는 Leinfelder²²⁾, McCune 과 Cvar등²⁶⁾, Phillips등³⁸⁻³⁸⁾, Osborne과 Gale³²⁾, Nucle³¹⁾, Moffa와 Jenkin^{28, 29)}등은 각종 전구치 복합레진의 임상적 비교 및 평가, McLean과 Short²⁷⁾은 복합레진의 물리적 임상적 평가를 보고하였으며, Eames¹⁰⁾, Bowen과 Paffenbarger³⁾, Roulet등⁴²⁾은 복합레진과 다른 치과 충전물을 임상적으로 비교하였다.

그러나 국내 치과계에서 복합레진의 표면조도, 연마, 변연누출, 산 부식에 대한 보고는 있으나 경도와 흡수율 및 용해율에 관한 자료가 체계적으로 분류 비교된 것은 없기에 저자는 복합레진이 치과 충전재로서 보다 활용되게 할 수 있도록 그 입자나 유형이 복합레진의 물성에 미치는 영향을 조사하고 현재 국내에서 시판되는 복합레진의 물성을 비교하여 임상에서 재료를 선택하는 데 필요한 기초 자료로서 하는 한편 각종 복합레진의 시간 경과에 따른 물성의 변화에 관해 분석해 보았기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

가) 시료제작

현재 국내에서 시판되고 있는 제품중 표 1 과 같이 12종의 복합레진을 실험대상으로 하였으며 (Table 1), 한편 재료의 경도 측정은 Phillips²⁵⁾ ASTM, 1966, Lee등²¹⁾의 modification에 의하여 25°C의 실온에서 제조회사의 지시에 따라 각 재료를 혼합한 후에 두께 2mm, 직경 4mm의 stainless steel mold (Fig. 1), 너로 주입하여 원주형의 시편을 제작 하였으며, 또한 흡수율 및 용해율의 측정은 Macchi와 Craig²⁵⁾, Lee 및 미국 치과의사회 규격 제12호²¹⁾의 modification의 방법에 따라 두께 0.5mm, 직경 20mm의 시편 제작용 주형 (Fig. 2) 내에 각각의 재료를 제조회사의 지시에 따라 혼합하여 원판형의 시편을

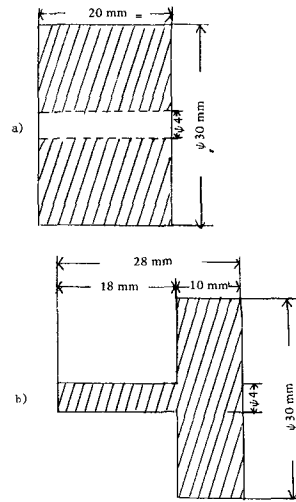


Fig. 1. Mold for preparation of hardness test specimens.

--a) Female type

b) Male type

Table 1. Code, product manufacturer of the tested materials.

Code	Product	Manufacturer
HP	Hipol	Pu-pyung Chemical Industry Ltd., Korea
CF	Clearfil FII	Kuraray & Co., Kurashiki Okayama, Japan
C	Concise	3M Company, St. Paul, Minn., U.S.A.
P	P-10	3M Company, St. Paul, Minn., U.S.A.
IP	Isopast	Vivadent. Schaan, Liechtenstein
MA	Silar	3M, Company, St. Paul, Minn. U.S.A.
MR	Microrest	G-C Dental Industrial Corp. Japan
EP	Epolite 100	G-C Dental Industrial Corp. Japan
EL	Estilux	Kulzer & Co., W. Germany
DF	Durafull	Kulzer & Co., W. Germany
PF	Prismafill	L.D. Caulk Co. Milford, Del., U.S.A.
HM	Heliomolar	Vivadent. Schaan, Liechtenstein

각각 시간의 경과에 따라서 12시간군, 24시간군, 72시간군, 1주군, 2주군으로 5개씩 제작하였다.

나) 실험방법

1) 경도측정

제조된 시편을 각각의 시간별로 구분하여 구강조건과 동일한 온도를 유지코저 항온수조 안의 온도를 균일하게 thermocycling mix 아래 37°C 항온수조에 보관하였으며, 시간별로 꺼내어 표면연마는 0.05 μ aluminum oxide 가루를 물에 용해시켜 부유용액을 사용하되 1차로 polisher grinder (400 rev/min)의 연마천 (metron polishing cloth 10 discs 직경 250mm), 2차로 연마천 (metasen selhyt

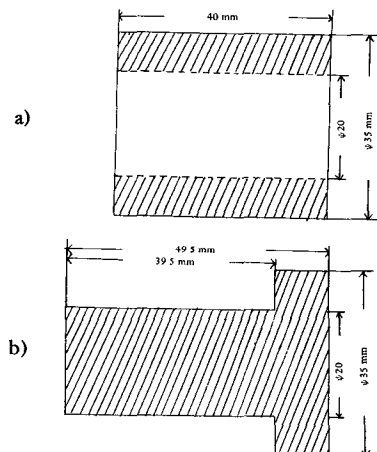


Fig. 2. Mold for preparation of water sorption and solubility test specimens.

--a) Female type

b) Male type

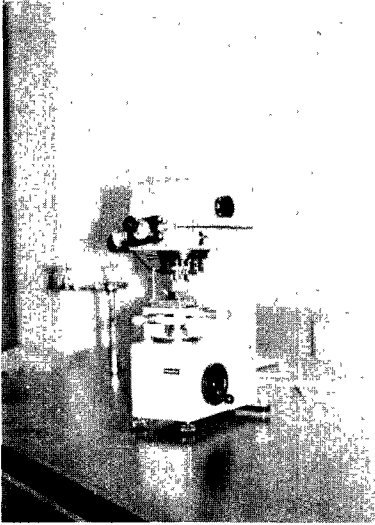


Fig. 3. Vickers Hardness Tester M-400 MVK-E

polishing cloth 10discs 직경 250mm)으로 최종 연마를 한후에 표면은 물로 세척 건조하였다. 그 후 현미경으로 상을 선택한 후에 미세 경도기(Vickers Hardness Tester MVK-E) (Fig. 3)로 경도를 측정하였다.

경도 측정 방법은 면사이의 각이 136°인 피라미드 형의 diamond indenter에 300gm의 하중을 20초간 가한 후에 마른 모형 indentation의 대각선 길이를 측정, 평균치를 산출하였다.

시간별 항온수조에 방치한 각각의 시편에 대하여 3 번씩 반복측정, 각각의 평균치를 측정하였다.

계산공식

$$HV = 1854 \times F / d^2 (F = gm, d = \mu m)$$

$$\text{여기서 } d = a/2$$

$$\therefore HV = 1854 \times F / (a/2)^2 (F = gm)$$

註 HV = Vickers Hardness Number

F = Test load

d = Diagonal length of indentation

a = Reading of measuring eyepiece

2) 흡수율 측정

제조된 시편을 각각의 해당 시간별로 보관하여둔 것을 건조한 다음 무게를 측정하고, 다시 37°C 증류수 속의 항온수조에 7일 동안 보관한 후에 표면물기를 제거하고 15초 동안 공기중에서 건조 후에 1분안에 무게를 측정. 흡수된 물의 양은 표면적당 흡수된 물의 양으로 측정하며 단위는 mg/cm^2 로 한다.

3) 용해율 측정

2)에서와 같은 조건으로 5개의 시료를 시간별로

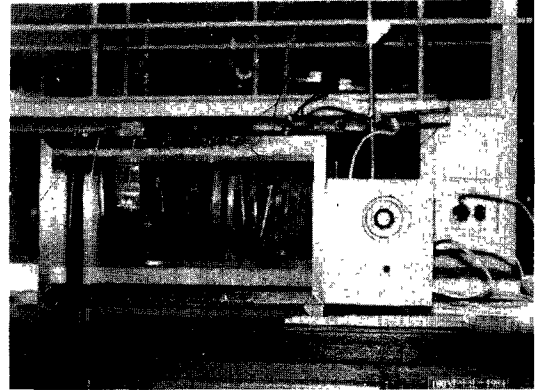


Fig. 4. Water bath.

구분하여 37°C의 증류수 속의 항온수조(Fig.4)에 보관한 후에 흡수된 수분을 없애기 위해 건조, 무게를 측정한 후 다시 37°C 증류수 속에서 7일동안 보관한후 용해된 시료를 알기위해 건조한다. 용해율은 각 시간별로 보관한후 건조한 무게와 다시 7일동안 항온수조속에 보관후 건조한 무게의 차로 나타내며, 단위는 mg/cm^2 이다.

계산공식

$$\text{표면적} : 2(R^2 \times 3.14) + (2R \times 3.14 \times t)$$

R : 반지름

t : 두께

흡수율 : G/A

G : 흡수된 물의 무게

A : 표면적

용해율 : G'/A

G' : 용해된 무게

A : 표면적

III. 실험 성적

가) 경도 측정치

경도 측정치는 Table 2에서와 같이 HP는 12시간에서 57.5, 24시간에서 58.4, 72시간에서 56.8, 1주에서 57.0, 2주에서 55.2였으며, 평균은 57.0이었다. CF는 12시간에서 78.0, 24시간에서 73.5, 72시간에서 63.8, 1주에서 63.4, 2주에선 57.7이었고 평균은 67.3이었다. 또 C는 12시간에서 72.7, 24시간에서 79.7, 72시간에서 57.6, 1주에서 57.5, 2주에선 57.8였으며, 평균은 65.1이었다. 그리고 P는 12시간에서 98.9, 24시간에서 81.2, 72시간에서 79.8, 1주에서 78.0였으며, 2주에선 87.1이었고, 평균은 85.0이었다.

Table 2. Hardness of materials as a function of cure time at 37°C

Material	Hardness Vickers H N					mean
	12 hrs	24 hrs	72 hrs	1 week	2 week	
Hipol	57.5	58.4	56.8	57.0	55.2	57.0
Clearfil F II	78.0	73.5	63.8	63.4	57.7	67.3
Concise	72.7	79.7	57.6	57.5	57.8	65.1
P-10	98.9	81.2	79.8	78.0	87.1	85.0
Epolite 100	68.4	63.8	57.8	49.6	50.2	57.9
Isopast	19.1	28.1	15.6	12.7	13.8	17.9
Silar	37.3	36.1	35.1	32.8	31.5	34.6
Microrest	23.0	28.7	21.6	19.1	19.7	22.4
Estilux	77.8	68.7	57.4	55.3	69.7	65.8
Durafil	21.0	27.8	20.7	20.5	28.1	23.6
Heliomolar	41.5	41.9	35.8	29.8	38.1	37.4
Prismafil	36.3	44.2	51.9	49.9	44.1	45.3

Table 3. Analysis of variance

Hardness	Sum of square	Degree of freedom	Mean of square	F	P
Between time period	811.10	4	202.77	6.56	P < 0.01
Between materials	24919.89	11	2265.44	73.29	P < 0.01
Residuals	1359.93	44	30.91		
Total	27090.910	59			

한편 EP는 12시간에서 68.4, 24시간에서 63.8, 72시간에서 57.8, 1주에서 49.6, 2주에서 50.2, 평균은 57.9이었다. IP는 12시간에서 19.1, 24시간에서 28.1, 72시간에서 15.6, 1주에서 12.7, 2주에서 13.8, 평균은 17.9이었다. 또 MA는 12시간에서 37.3, 24시간에서 36.1, 72시간에서 35.1, 1주에서 32.8, 2주에서 31.5, 평균은 34.6 이었다. 또한 MR은 12시간에서 23.0, 24시간에서 28.7, 72시간에서 21.6, 1주에서 19.1, 2주에서 19.7, 평균은 22.4 이었다.

이에 반해 EL은 12시간에서 77.8, 24시간에서 68.7, 72시간에서 57.4, 1주에서 55.3, 2주에선 69.7, 평균은 65.8이었다. 또 DF는 12시간에서 21.0, 24시간에서 27.8, 72시간에서 20.7, 1주에서

20.5, 2주에서 28.1이었고, 평균은 23.6이었다. 또한 HL은 12시간에서 41.5, 24시간에서 41.9, 72시간에서 35.8, 1주에서 29.8, 2주에서 38.1, 평균은 37.4이었다. 한편 PF는 12시간에서 36.3, 24시간에서 44.2, 72시간에서 51.9, 1주에서 49.9, 2주에서 44.1, 평균은 45.3이었다.

한편 시간별 경과에 따른 경도치에 있어서 통계학적으로 각 품목간, 또 각 품목의 시간별 경과에 따라 분산분석(Two way anova, Table 3) 결과 공히 유의차가 있었다 (P < 0.01).

나) 흡수율 및 용해율 측정치

흡수율 및 용해율 측정치는 Table 4에서와 같이 HP는 12시간에서 각각 0.39와 0.04이고, 24시간에서 0.70과 0.09이며, 72시간에서 0.67과 0.07였으

Table 4. Water sorption and solubility of materials as a function of cure time at 37°C

Procedure	Material											
	Hipol	Clearfil FII	Concise	P-10	Epolite 100	Iso- past	Silar	Micro- rest	Estilux	Durafil	Helio- molar	Pris- mafil
Water sorption (mg/cm ²)												
12 hrs	0.39	0.29	0.36	0.37	0.21	0.25	0.56	0.36	0.41	0.30	0.51	0.36
24 hrs	0.70	0.73	0.45	0.42	0.77	0.23	0.80	0.34	0.33	0.28	0.33	0.59
72 hrs	0.67	0.88	0.29	0.48	0.49	0.66	0.91	0.57	0.77	0.62	0.52 ³	0.55
1 week	0.84	0.72	1.09	0.67	1.23	1.26	1.27	0.66	0.49	0.80	0.33	0.51
2 week	0.57	0.56	0.67	0.48	0.68	0.61	1.12	0.30	0.43	0.68	0.21	0.39
Mean	0.63	0.64	0.57	0.48	0.63	0.60	0.93	0.45	0.49	0.54	0.38	0.48
Solubility (mg/cm ²)												
12 hrs	0.04	0.04	0.09	0.05	0.05	0.07	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.18
24 hrs	0.09	0.15	0.07	0.06	0.09	0.08	0.06	0.10	0.13	0.07	0.10	0.13
72 hrs	0.07	0.09	0.06	0.06	0.08	0.04	0.07	0.12	0.12	0.09	0.10	0.25
1 week	0.09	0.06	0.04	0.07	0.10	0.24	0.09	0.09	0.12	0.13	0.07	0.13
2 week	0.04	0.03	0.02	0.04	0.03	0.05	0.03	0.03	0.11	0.06	0.09	0.12
Mean	0.07	0.09	0.06	0.06	0.07	0.10	0.06	0.08	0.11	0.08	0.08	0.16

Table 5. Analysis of variance

Water sorption	Sum of square	Degree of freedom	Mean of square	F	P
Between time period	1.37	4	0.34	9.74	P < 0.01
Between materials	1.13	11	0.10	2.94	P < 0.01
Residuals	1.53	44	0.04		
Total	4.03	59			

Table 6. Analysis of variance

Water solubility	Sum of square	Degree of freedom	Mean of square	F	P
Between time period	0.02	4	0.0048	4.03	P < 0.01
Between materials	0.05	11	0.0044	3.69	P < 0.01
Residuals	0.05	44	0.0012		
Total	0.12	59			

며, 1 주에서 0.84와 0.09, 2 주에서 0.57과 0.04, 평균은 0.63과 0.07이었다. 또 CF는 12시간에서 각각 0.29와 0.11이며, 24시간에서 0.73과 0.15, 72시간에서 0.88과 0.09, 1 주에서 0.72와 0.06, 2 주에선 0.56과 0.03, 평균은 0.64와 0.09이었다. 한편 C는 12시간에서 각각 0.36과 0.09, 24시간에서 0.45와 0.07, 72시간에서 0.29와 0.06, 1 주에서 1.09와 0.04, 2 주에선 0.67과 0.02이고, 평균은 0.57과 0.06이었다. 또 P는 12시간에서 각각 0.37과 0.05, 24시간에서 0.42와 0.06, 72시간에서 0.48과 0.06이며, 1 주에서 0.67과 0.07, 2 주에서 0.48과 0.04, 평균은 0.48과 0.06이었다.

한편 EP는 12시간에서 각각 0.21과 0.05, 24시간에서 0.77과 0.09, 72시간에서 0.49와 0.08, 1 주에선 1.03과 0.10였으며, 2 주에서 0.68과 0.03, 평균은 0.63과 0.07이었다. 또 IP는 12시간에서 각각 0.25와 0.07, 24시간에서 0.23과 0.08, 72시간에서 0.06과 0.04, 1 주에서 1.26과 0.24, 2 주에서 0.61과 0.05, 평균은 0.61과 0.05이었다. 또한 MA는 12시간에서 각각 0.56과 0.04이고, 24시간에서 0.80과 0.06, 72시간에서 0.91과 0.07, 1 주에서 1.27과 0.09, 2 주에서 1.12와 0.03, 평균은 0.93과 0.06이었다. 또 MR은 12시간에서 각각 0.36과 0.06, 24시간에서 0.34와 0.10, 72시간에서 0.57과 0.12, 1 주에선 0.66과 0.09, 2 주에선 0.30과 0.03, 평균은 0.45와 0.03이었다.

한편 EL은 12시간에서 각각 0.41과 0.06, 24시간에서 0.33과 0.13, 72시간에서 0.77과 0.12, 1 주에선 0.49와 0.12, 2 주에서 0.43과 0.11, 평균은 0.49와 0.11이었다. 그리고 DF는 12시간에서 각각 0.30과 0.06, 24시간에서 0.28과 0.07, 72시간에서 0.62와 0.09, 1 주에선 0.80과 0.13, 2 주에선 0.68과 0.06, 평균은 0.54와 0.08이었다. 또 HL은 12시간에서 각각 0.51과 0.06, 24시간에서 0.33과 0.10, 72시간에서 0.52와 0.10, 1 주에선 0.33과 0.07, 2 주에선 0.21과 0.09였고, 평균은 0.38과 0.08이었다. 또 DF는 12시간에서 각각 0.36과 0.18, 24시간에서 0.59와 0.13, 72시간에서 0.55와 0.25, 1 주에선 0.51과 0.13, 2 주에선 0.39와 0.12였고 평균은 0.48과 0.16이었다

한편 시간별 경과에 따른 흡수율 및 용해율에 있어서 통계학적으로 각 품목간, 또 각 품목의 시간별 경과에 따라 분산분석(Two way anova, Table 5, 6) 결과 공히 유의차가 있었다($P < 0.01$).

IV. 총괄 및 고찰

Silica-reinforced polymer를 사용한 레진이 실리케이트 세멘이나 unfilled acrylic resin 보다 물리적 기계적 성질이 우수 하였음을 Bowen이 처음 보고한 이래 복합레진의 물리적 기계적성질에 관한 많은 연구가 진행되어 왔으며^{2, 53)} 심미적 수복을 위한 전치부 충전재로서 현재 임상에서 사용되고 있는 바, 이와같은 복합레진은 종래의 합성수지에 비하여 강도나 경도 및 내마모성등 물성이 우수하며, 1960년대 중반부터 주로 전치부 수복물로 중합 수축과 열팽창율이 적은 제품이 광범위하게 사용되고 있으나, 수복후 변색이 오거나⁵⁵⁾ 표면 거칠기, 변연누출, 심한 마모, 치수에 대한 위해작용, 흡수나 용해로 인한 우식유발이나 심지어 충전물이 탈

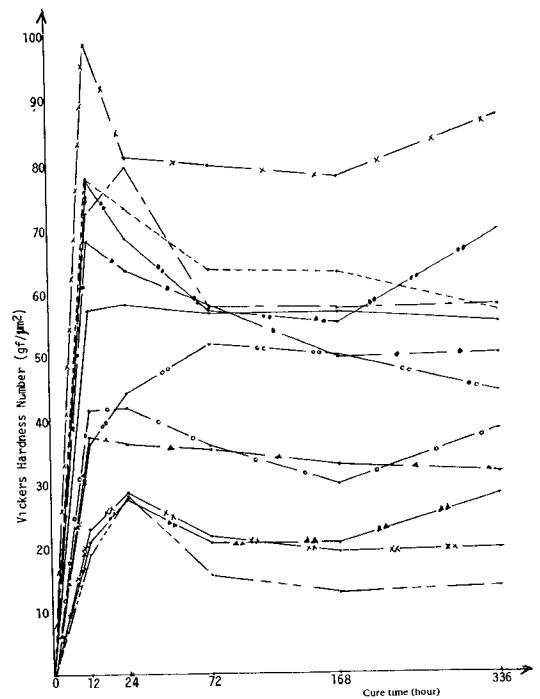


Fig. 5. Vickers Hardness Number of materials as a function of cure time at 37°C.

- Hipol
- - - Clearfil FII
- - - Concise
- x- P-10
- Epolite 100
- - - Isopast
- xx- Microrest
- Estilux
- ▲— Silar
- ▲▲— Durafil
- Heliomolar
- Prismafil

락되는 단점을 지니고 있다.

저자는 이와같은 문제중에서도 경도, 흡수를 및 용해율에 대하여 조사하여 각 품목간의 유관성과 차이점 및 시간 경과에 따른 변화를 연구 관찰하였으며 또한 구치부 충전물로서의 사용 가능성을 연구 고찰코저 한다.

경도에 있어서 품목별로는 P(85.0), CF(67.3), EL(65.8), C(65.1), EP(57.9), HP(57.0), PF(45.3), HM(35.4), MA(34.6), DF(23.6), MR(22.4), IP(17.9)순으로 나타났으며, 시간경과에 따라 처음 12시간까지 품목에 따라 차이는 있었지만 급격한 증가를 보였으며, 그후 72시간까지 각 품목에 따라 증가나 감소를 보이다가 72시간 이후 매다수의 품목이 증가나 감소는 없었으나 일주일후 P, EL, HM, DF등은 오히려 경도치의 증가를 보였다. (Fig. 5)

시간경과에 따른 경도치의 보고는 清水 등⁵¹⁾이 극히 드물게 보고한 바 있으나, 저자는 본 연구에서 경도의 차이는 filler의 양, filler 자체의 경도, filler와 레진의 결합력, 레진자체의 경도 그리고 filler의 형태(사진부도 1)등과 관련된다고 사료되는바,

첫째, filler의 양에 있어(품목에 따라) 제조회사의 자료가 제시안된 경우도 있지만은 P, CF, C등은 filler의 함량이 80% 이상 특히, P는 거의 86%를 차지하고 있는바 이는 總山⁵²⁾이나 Dennison⁷⁾등의 보고와 일치하였다.

둘째, filler 자체의 경도에 있어선 가장 견고한 수정(crystalline quartz)인 P, C등이 가장높은 반면, 보다 덜 단단한 colloidal silica인 IP, HM, MA, DF등은 경도치가 낮았으며, 이는 總山⁵²⁾의 보고와 같았다. 그러나 quartz borosilicate, colloidal silica 등에 비해 어느쪽이 좋은가는 앞으로 연구 검토할 문제이다.

셋째, filler와 레진의 결합력면에서 two-paste연화방식의 CF, P, C, HP등이 높은 경도치를 가졌는바, 清水⁵¹⁾은 paste연화방식의 Adaptic 등은 시간경과에 따라 물에 침적되어도 경도가 저하되지 않고 오히려 증가 하였으며, powder-liquid 연화방식의 Posite는 침적시간에 따라 경도의 저하를 보고하였으며, 山木⁵⁰⁾은 powder-liquid 연화방식이 흡수성이 크므로 filler와 레진기질과의 결합이 불충분하게 되어 경도의 저하를 보고한 바 있다.

한편 P를 제외한 EL, HM, DF등이 1주일후경도치의 증가는 화학적조성, 체적, 광원의 강

도, 레진자체의 첨가물등에 기인된다고 사료되며, Cook⁶⁾, Kilian²⁰⁾, Dennison⁴⁶⁾은 광중합제 충전물에 있어서 중합의 깊이에 미치는 요인은 화학적 조성, 치수, 광원의 강도, 빛의 파장등이 관계됨을 보고하였고 Leung²³⁾, Sluder와 Sockwell⁴³⁾, Swartz⁴⁵⁾은 경도치를 얻을때에 레진의 표면으로부터 거리가 멀어짐에 따라 중합의 정도가 감소됨을 주장한 바 있다.

넷째, 레진 자체의 재질로보면, BIS-GMA 계의 중합물이 UDMA나 MMA에 속하는 중합물보다 비교적 경도치가 높았다.

다섯째, hybrid형태의 레진인 P, C, CF등이 타종에 비해 pyrogenic silica에 재래형의 macrofiller를 함유하므로 경도치가 높았다. 이는 Lutz와 Phillips²⁴⁾는 hybrid레진은 표면거칠기 등의 문제점은 있으나 타 레진에 비해 내마모성 및 물리적 성질의 우수함을 보고하였음과 일치하였다.

흡수율에 관하여 품목별로 HM(0.38), MR(0.45), P와 PF(0.48), EL(0.49), DF(0.54), C(0.57), IP(0.60), HP와 EP(0.63), CF(0.64), MA(0.93)

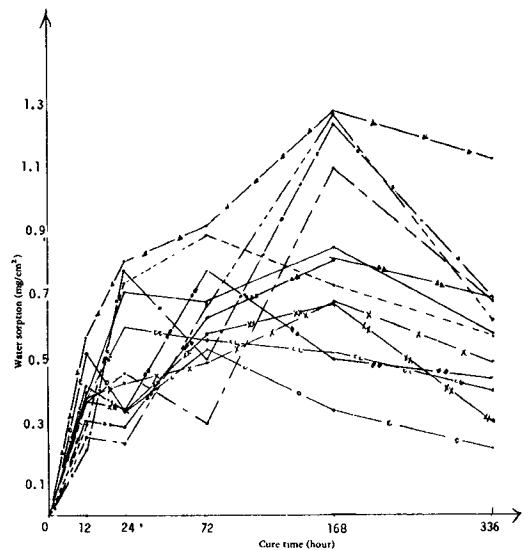


Fig. 6. Water sorption of materials as a function of cure time at 37°C.

- | | | |
|----------------|--------------------|----------------|
| ———— Hipol | ----- Clearfil FII | ----- Concise |
| —x— P-10 | —●— Epolite 100 | ----- Isopast |
| —XX— Microrest | —●●— Estilux | —▲— Silar |
| —▲▲— Durafil | —○— Heliomolar | —○○— Prismafil |

순으로 HM이 흡수율이 가장 적은 것으로 나타났다. 한편 시간경과에 따른 흡수율의 변화는 처음 12시간에서와, CF, EL, HM, PF를 제외하곤 3일에서 7일 사이에 급격한 증가를 보였으며, 1주 이후 대부분의 품목이 감소 현상을 보였다. (Fig. 6)

일반적으로 흡수율의 차이는 filler의 종류와 양, 사용하고 있는 레진의 종류등 각 제품마다 다르나 filler 입자의 크기, 형태, 함량, 연화방식, filler와 레진 기질간의 결합력, 레진 기질의 조성, 면의 성상등에 따라 흡수율의 차이가 다양하다고 사료되는바, 첫째, filler 입자의 크기와 형태(사진부도 2)로는 filler 입자의 크기가 극히 작고 재래의 traditional 형태에 비해 초미립자의 MFR형태의 MA가 연화시에 비표면적이 크므로 흡수율이 높았다. 그러나 초미립자의 MR이 낮은것은 반드시 그렇다고 볼수 없기 때문에 추후 검토할 문제이다. 둘째, filler 양의 증가에 따른 레진기질의 상대적 감소로 filler 함량이 높은 P는 낮은 반면, 함량이 낮은 MA는 흡수율이 높았다. 셋째, 연화방식에 있어서 powder-liquid, two paste 연화방식의 레진에 비해 visible light catalyst를 사용한 HL, EL, PF 등이 흡수율이 낮았다. 이는 paste-liquid나 two paste 방식에 있어 조작시간이 지연되어 연화와 동시에 다량의 기포를 발생하기 쉬운것이 아닌가 사료되며 이는 山木등⁵⁰⁾의 보고와 같았다. 넷째, 레진 기질의 조성에 있어, filler와 레진 기질과의 결합력에 관하여 Crim[®]은 흡수시에 silane에 가수분해가 일어나서 레진 기질과 filler 입자와의 연결상태에 약화를 일으켜 입자의 빈번한 소실을 가져와 filler 입자가 표면 상부에 노출하게 된다고 보고하였으며, 岡本등⁴⁷⁾은 Clearfil SC와 같은 filler의 함량이 많은 레진이라도 흡수율이 높은것은 레진 기질의 조성과 관계됨을 보고한 바 있다.

다섯째, 면의 성상에 있어 渡辺등⁴⁹⁾에 의하면 흡수는 주로 표면으로 부터 300 μ 정도의 위치에서 표재성으로 일어나므로 흡수시에 팽창량 자체는 시편의 형태나 크기에 의해 단적으로 표현하기 어렵다고 하였으며, 岡本등⁴⁷⁾은 1주후 흡수율이 연마에 의해 저하됨을 보고 하였으며, 한편 곽⁴⁸⁾은 1주후 광중합형 레진을 제외하고 표면연마가 흡수율이나 용해율에 차이를 보이지 않았음을 보고한 바 있다. 이에 관해 앞으로 더욱 연구될 문제라고 사료된다.

한편 본 연구에서 흡수율의 경시적 변화는 1주까지 많은 변화를 보였고, 그후 전 품목이 감소를

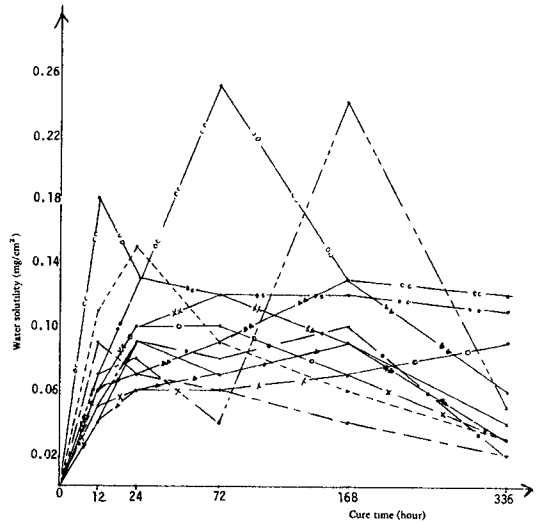


Fig. 7. Water solubility of materials as a function of cure time at 37°C.

- Hipol - - - - - Clearfil FI - - - - - Concise
- x- P-10 —●— Epolite 100 - - - - - Isopast
- XX- Microrest —●●— Estilux —▲— Silar
- ▲▲— Durafil —○— Heliomolar —○○— Prismafil

보였는 바, 2주간의 성적으로 흡수 경향을 예견하기는 어렵지만, 곽⁴⁸⁾, 岡本등⁴⁷⁾은 1주까지 흡수율이 급격한 증가를 보였으며, 그후 점차 감소되어 4주 경과후 평형치를 이룬다고 하였으며, Pearson등³³⁾의 보고에 의하면 3개월 이후의 흡수 및 용해율은 별로 변화를 보이지 않았음을 보고한 바 있다.

한편 흡수율의 임상적의의로는 Ibsen등¹⁷⁾은 레진의 흡수는 충전물의 유지에 매우 중요한 요인이 된다고 하였으며, 또 Lee등²¹⁾은 레진 충전물의 흡수는 고유 변연을 변경시킬수 있었으며, 또 우식유발을 동반하여 간격의 궁극적인 파괴를 유도하게 됨을 보고한 바 있다.

용해율에 있어서 품목별로는 C와P 및 MA(0.06), HP와 EP(0.07), MR, DF 및 HM(0.08), CF(0.09), IP(0.10), EL(0.11), PF(0.16)순으로 C, P 및 MA가 가장 적게 용해되었으며, 시간 경과에 따른 용해율의 변화는 품목간에 다소의 차이는 있었으나 대다수 품목에서 처음 24시간까지 용해율의 급격한 증가를 보였다. (Fig. 7)

복합레진은 화학적으로 극히 안정되어 있어 타액은 물론 산에도 거의 용해되지 않는다. 그러나 복

합레진의 용해율은 사용된 filler와 기타 물질의 성질에 따라 정도는 다르나 약간의 차이는 있다. 용해율에 관하여 1904년 이래 계속 연구되고 있으나 아직까지 확실한 규명은 없는 바, 본 연구에서는 일부 품목을 제외하고는 흡수율과 비슷한 이유로 변화를 보이는 것으로 사료되는 바, Lee²¹⁾, 岡本⁴⁷⁾, Pearson³³⁾은 용해율은 흡수율과 밀접한 관계를 갖는다고 보고하였다. 그러나 이에 관해 앞으로 연구 검토 될 문제로 사료된다.

경도와 흡수율 및 용해율을 비교할때 다른 품목에 비해 경도가 높은 P, C, CF, EP 등은 흡수율이나 용해율이 비교적 낮았으며, 한편 경도가 낮은 PF, IP, MR 등은 흡수율이 적은 반면 용해율은 높았으며, 이에 반해 MA는 흡수율이 높은 반면 용해율은 낮았다. (Fig. 8)

이에 대하여 복합레진은 inorganic filler에 의하여 물리적, 기계적 성질의 향상을 보였지만, 그러나 레진 기질이 filler 입자에 비하여 경도와 마모에

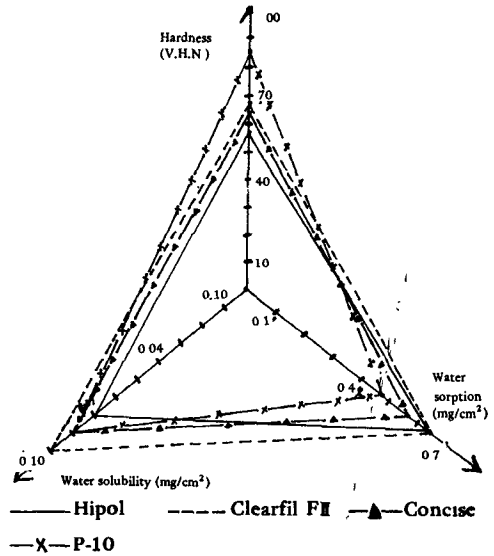


Fig. 8-1. Comparative relationship of hardness, water sorption and solubility between Hipol, Clearfil FII, Concise, P-10.

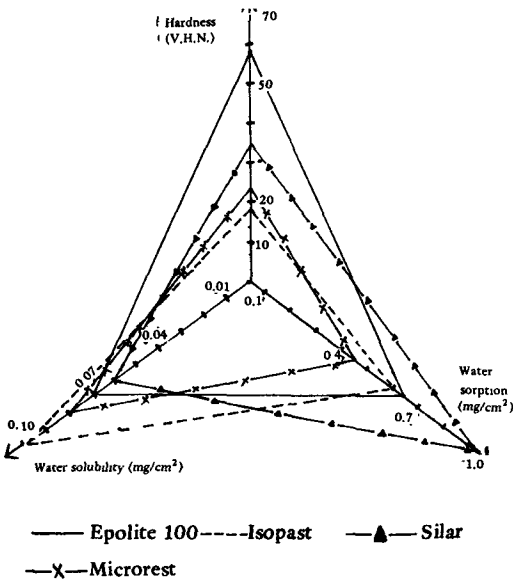


Fig. 8-2. Comparative relationship of hardness, water sorption and solubility between Epolite 100, Isopast, silar, Microrest.

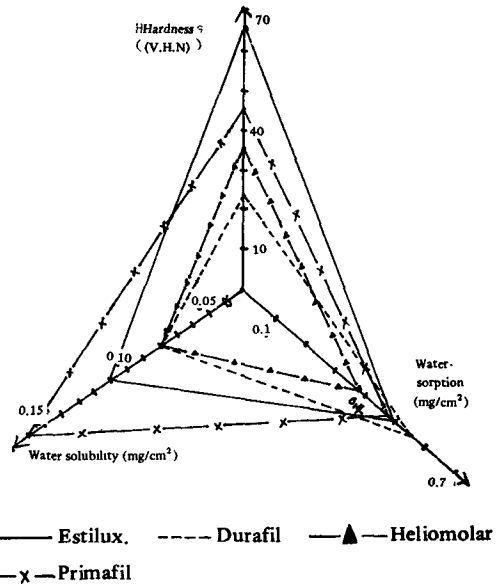


Fig. 8-3 Comparative relationship of hardness, water sorption and solubility between Estilux, Durafil, Heliomolar, Prismafil.

Fig. 8. Comparative relationship of hardness, water sorption and solubility between each tested materials.

대한 저항이 상대적으로 낮거나⁵⁴⁾, 이미 기술한 filler의 양이나 입자의 크기 및 coupling agent 등이 흡수시에 물 분자와 레진 기질의 polymer간의 극성 결합과 가수분해에 의하여 충전물을 용해 변화시켜, 강도나 경도가 저하된다고 사료되는 바, Raptis⁴⁰⁾는 filler 양의 저하가 경도저하, 흡수율 및 열팽창계수의 상승을 보고하였으며, DiBenedetto, Nicolais⁹⁾ 및 Craig⁵⁾은 수분이 레진과 결합될 때 matrix polymer안의 극성군과 상호간에 강하게 작용하여 polymer안에 미세간격 안에서 통로를 찾아야 하기 때문에 cross linking의 정도가 중요하며, 그의 정도가 높은 재료는 낮은 경우보다 수분의 확산율이 낮다고 보고하였다.

한편 복합레진의 구치부 충전물로서의 사용가능성은 본 연구 조사에서 고찰한 바, 치질이나 아말감에 비해 경도의 저하등 이상적인 물성을 소유한 레진이 드물며, 또 임상적 사용시에 교합압에 의한 심한 마모, 2급 와동 충전후 변연폐쇄성이 충분치 못하여 용기를 일으키고, 음식물 잔사가 수분과 같이 흡입되어 색조가 변하기 쉽기 때문에 현재로서 사용하는 데는 다소 문제점이 있다고 사료되는 바, 앞으로도 경도가 강하고 흡수율이나 용해율이 보다 적은 우수한 복합레진을 개발하기 위해서 동물 실험이나 임상적 실험등을 거쳐 이공학적으로 물성이 우수하며 사용법의 개선등 많은 연구와 노력이 요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

국내에서 시판되고 있는 복합레진 12종을 대상으로 12시간, 24시간, 72시간, 1주, 2주등 시간 경과에 따라 경도, 흡수율 및 용해율에 대하여 비교 측정함바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 경도는 각 품목간, 또 각 품목의 시간별 경과에 따라 공히 유의차가 있었으며($P < 0.01$), 경도의 급격한 변화를 보인 시기는 어느 경우보다도 실험개시 12시간 이었다.
2. 흡수율은 각 품목간 그리고 각 품목의 시간별 경과에 따라 공히 유의차가 있었고($P < 0.01$), 시간 경과에 따라 실험개시 12시간, 그리고 일부 품목을 제외하고는 72시간에서 1주 사이에서 급격한 증가를 보였다.
3. 용해율은 각 품목간, 또 각 품목의 시간별 경

과에 따라 공히 유의차가 있었으며($P < 0.01$), 특히 실험개시 24시간에서 가장 큰 변화가 있었다.

4. 경도와 흡수율 및 용해율에 있어서 12개 품목 중 4개 품목은 다른 품목에 비해 경도가 높고, 흡수율이나 용해율은 낮았으며, 비교적 경도가 낮은 3개 품목은 흡수율은 적은 반면 용해율은 높았고, 1개 품목은 흡수율은 높은 반면 용해율은 낮았다.

REFERENCES

1. Akers, J.R.: .New composite resins. J. Am. Dent. Assoc. 105:633, 1982.
2. Bowen, R.L.: Properties of a silica reinforced polymer for dental restorations. J. Am. Dent. Assoc. 66:57-64, 1963.
3. Bowen, R.L. and Paffenbarger, G.C.: A laboratory and clinical comparison of silicate cements and a direct-rilling resin: a progress report. J. prosthet. Dent. 20:426, 1968.
4. Cook, W.D.: Factors affecting the depth of cure of UV-polymerized composites. J. Dent. Res. 59:800-808, 1980.
5. Craig, R.G. and Leinfelder, K.F.: Chemistry, composition and properties of composite resins. Dental Clinics of North America. 25:234-364, 1981.
6. Crim, G.A.: Direct restorative resins.: materials and techniques. The Compendium of Continuing Education. 4:335-340, 1983.
7. Dennison, J.B. and Craig, R.G.: Physical properties and finished surface texture of composite restorative resins. J. Am. Dent. Assoc. 85:101-108, 1972.
8. Denyer, R. and Shaw, D.J.: Cure evaluation of visible light composites by Knoop hardness measurement. J. Dent. Res. 61:271, 1981.
9. Di Benedetto, A.T. and Nicolais, L.: Advances in Composite Materials. London: Applied Science Publishers Ltd. p169, 1978.

10. Eames, W.B., Strain, J.D., Meitman, R.T. and Williams A.K.: Clinical comparison of composite, amalgam, and silicate restorations. *J. Am. Dent. Assoc.* 89:1111-1117, 1974.
11. Fan, P.L. and Powers, J.M.: In vitro wear of microfilled and visible light-cured composite resins. *J. Dent. Res.* 58:2116-2119, 1979.
12. Ferracane, J.L., Newman, S.M. and Greener, E.H.: Correlation of strength and degree of polymerization of unfilled BIS-GMA. *Dent. Res.* 61:271, 1982.
13. Griffith, J.R. and Cannon, R.W.S.: The properties and clinical application of the modern composite resin. *Aust. Dent. J.* 18: 26-31, 1973.
14. Hannah, C.M. and Combe, E.C.: Mechanical properties of composite restorative materials. *Br. Dent. J.* 140:167-173, 1976.
15. Harrison, A. and Draughn, R.A.: Abrasive wear, tensile strength, and hardness of dental composite resin. Is there a relationship? *J. Prosthet. Dent.* 36:395-398, 1976.
16. Heath, J.R. and Wilson, H.J.: Abrasion of restorative materials by toothpaste. *J. Oral Rehab.* 3:121-138, 1976.
17. Ibsen, R.L. and Neville, K.: *Adhesive Restorative Dentistry*. Philadelphia: Saunders Co. 99:19-21, 1974.
18. Jorgensen, K.D. and Asmussen, E.: Occlusal abrasion of a composite restorative resin with Ultra-fine filler-an initial study. *Quint. Int.* 9:73-38, 1978. (cited from #11)
19. Jorgensen, K.D. et al.: Abrasion of Class 1 restorative resins. *Scand. J. Dent. Res.* 87:140, 1979.
20. Kilian, R.J. and Mullen, T.J.: Light-cured composites: dependence of test results on test parameters. *I.A.D.R. Progr. & Abst.* 59. No. 203. 1980.
21. Lee, H.I. and Orlowski, J.A.: *Handbook of Dental Composite Restoratives*. L.A. California: Lee pharmaceuticals. pp.3.73-3.88, 1973.
22. Leinfelder, K.F., Sluder, T.B., Sockwell, C.L. et al.: Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative materials. *J. Prosthet. Dent.* 33-407, 1975.
23. Leung, R., Fan, P.L. and Johnston, W.M.: Exposure time and thickness on polymerization of visible light composite. *J. Dent Res.* 61:248, 1982.
24. Lutz, F.L. and Phillips, R.W.: A classification and evaluation of composite resin systems. *J. Prosthet. Dent.* 50:480-487, 1983.
25. Macchi, R.L. and Craig, R.G.: Physical and mechanical properties of composite restorative materials. *J. Am. Dent. Assoc.* 78: 328-334, 1969.
26. McCune, R.J., Cvar, J.F. and Ryge, G.: Clinical comparison of anterior and posterior restorative materials. *I.A.D.R. Abstr.* No. 482, 1969.
27. McLean, J.W. and Short, I.G.: Composite anterior filling materials- A clinical and physical appraisal. *Br. Dent. J.* 127:91-18, 1969. (cited from #7)
28. Moffa, J.P. and Jenkins, W.A.: Four year posterior clinical evaluation of two composite resins. *I.A.D.R. Abstr. J. Dent. Res.*, 1975. (cited from #5)
29. Moffa, J.P. and Jenkins, W.A.: Three year posterior clinical evaluation of three experimental composite resins. *I.A.D.R. Abstr. J. Dent. Res.* 1978. (cited from #5)
30. Newman, S.M. and Murray, G.A.: Visible light and visible light-activated composite resins. *J. Prosthet. Dent.* 50:31, 1983.
31. Nuckles, D.B. and Fingar, W.W.: Six month and one year clinical evaluation of a composite resin for Class II restorations. *J. Am. Dent. Assoc.* 91:1017, 1975.
32. Osborne, J.W., Gale, E.N. and Ferguson, G.W.: One-year and two-year clinical evaluation of a composite resin vs. amalgam.

- J. Prosthet. Dent. 30:795, 1973.
33. Pearson, G.J.: Long term water sorption and solubility of composite filling materials. *Journal of Dentistry*. 7:64-68, 1979.
 34. Peterson, E.A., Phillips, R.W. and Swartz, M.L.: A comparison of the physical properties of four restorative resins. *J. Am. Dent. Assoc.* 73:1324-1336, 1966.
 35. Phillips, R.W.: *Elements of Dental Materials*. Philadelphia: Saunders. Co. p.38, 1977.
 36. Phillips, R.W., Avery, D.R., Swartz, M.L. and McCune, R.J.: One-year observations on a composite resin for Class II restorations. *J. Prosthet. Dent.* 26:68-77, 1971.
 37. Phillips, R.W., Avery, D.R., Swartz, M.L. and McCune, R.J.: Observations on a composite resin for Class-II restorations: two-year report. *J. prosthet. Dent.* 28:164-169, 1972.
 38. Phillips, R.W. et al.: Observations on a composite resin for Class II restorations: three-year report. *J. Prosthet. Dent.* 30: 891, 1973.
 39. Powers, J.M., Roberts, J.C. and Craig. R.G.: Wear of filled and unfilled dental restorative resins. *Wear.* 39:117-122, 1976. (cited from 11)
 40. Rapits, G.N., Fan. P.L. and Powers, J.M. Properties of microfilled and visible light-cured composite resins. *J. Am. Dent. Assoc.* 99:631-633, 1979.
 41. Robert, J.C., Powers, J.M. and Craig, R.G.: Wear of commercial pit and fissure sealants. *J. Dent Res.* 56:692, 1977.
 42. Roulet, J.F., Mettler, P. und Friedrich, U.: Die Abrasion von Amalgam und Komposit im Seitenzahnberiech. *Dtsch. Zahnarzt. Z.* 61:214, 1978. (cited from #19)
 43. Sluder, T.B., Sockwell, C.L. and Leinfelder, K.S.: Two-year clinical evaluation of two light-cured composite resins. *J. Dent. Res.* 61:214, 1982.
 44. Souder, W.H. and Paffenbarger, G.C.: Physical properties of dental materials. National Bureau of Standards Circular No. C433. Washington, D.C. US Government Printing Office. 1942. (cited from #40)
 45. Swartz, M.L., Phillips, R.W. and Rhodes, B.F.: Visible light activated resins-depth of cure. *Dent. Res.* 61:270, 1982.
 46. Tirthia, R., Fan, P.L. and Dennison, J.B.: In vitro depth of cure of photo-activated composites. *J. Dent. Res.* 61:1184-1187, 1982.
 47. 岡本 明, 榑原 薫, 辻 和江, 福島正義, 子田晃一, 岩久正明, 細田裕康: 各種白歯修復用コンポジットレジンに関する研究. 第3報, 長期水中浸漬後の強度について: *日歯保誌.* 26: 498-505, 1983.
 48. 郭永昌: 齒科用コンポジットレジンの 吸収性と 溶出性について. *齒科材料・器械.* 1: 299-311, 1982. (cited from #47)
 49. 渡部光太郎: レジン充填の硬度に関する研究. *日歯保誌.* 2: 1, 1959.
 50. 山木, 中沢, 松井: 複合充填レジンの 最近の進歩(1), 材料學的性質について. *広島大學齒學雜誌.* 3: 25, 1971.
 51. 清水, 中沢, 粹岡, 岩久: コンポジットレジンの比較試験成績. 1. 硬さ試験成績, *齒材器誌.* 26: 66, 1972.
 52. 総山孝雄: 新レジン充填 京都, 永末書店. pp. 24-36, 1973.
 53. 권혁춘: Silar의 변연누출에 관한 실험적 연구. 대한치과보존학회지. 8: 167, 1982.
 54. 김형동, 이정석, 최성근, 박동수, 이찬영: 복합레진의 표면 거칠기에 관한 실험적 연구. 치과연구. 14(2): 69-77, 1983.
 55. 曹泳坤, 千在植: 數種複合樹脂의 色彩變化에 關한 實驗的 研究. 치과연구. 14(2): 59-65, 1983.

— ABSTRACT —

AN EXPERIMENTAL STUDY ON SOME PHYSICAL CHARACTERISTICS
OF COMPOSITE RESINS

A study of the hardness, water sorption and solubility

Sang Duk Park, Dong Soo Park, Chan Young Lee, Chung Suck Lee

Department of Operative Dentistry, Yonsei University.

This study was done to evaluate the hardness, water sorption and solubility values of twelve well known composite resins, and to compare each other.

For the hardness test, the specimens were made in cylinder form with 4mm in diameter and 2mm in thickness as a modification of the American Society for Testing and New Materials, 1966, and for water sorption and solubility tests, the specimens were prepared in same shape of 20mm in diameter and 0.5mm in thickness as a modification of the ADA Specification No. 12.

The results were obtained as follow:

1. The hardness range were from 17.9 to 87.5 respectively. As time passed by, the noticable change was evident in early 12 hours.
2. Of the water sorption, the range was from 0.38 to 0.93. The significant change was appeared within 12 hours and on 3 day by 1 week except four brands.
3. Of the water solubility, the range was 0.06 to 0.16. The highest value was found within early 24 hours.
4. Generally, four brands could be chosen as preferable products of hardness, water sorption and solubility tests according to the ADA Specification No. 12.

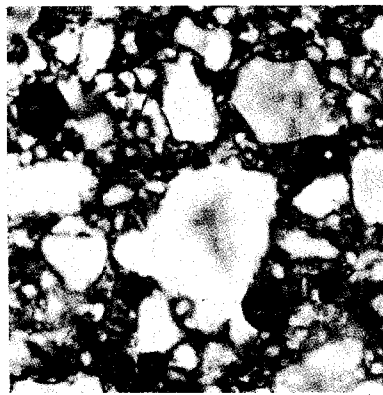
Explanation of figures (plate 1)

- Fig.1. Polarization microscope shows Hipol components:
organic matrix plus traditional macrofillers. (orig. mag. x250)
- Fig. 2. Polarization microscope shows Clearfil FII components:
organic matrix plus traditional macrofillers plus microfillers. (orig. mag. x250)
- Fig. 3. Polarization microscope shows Concise components:
organic matrix plus traditional macrofillers plus microfillers. (orig. mag. x250)
- Fig. 4. Polarization microscope shows P-10 components:
organic matrix plus traditional macrofillers plus microfillers. (orig. mag. x250)
- Fig. 5. Polarization microscope shows Epolite 100 components:
organic matrix plus microfillers plus splintered prepolymerized microfilled complexes.
(orig. mag. x 250)
- Fig. 6. Polarization microscope shows Silar components:
organic matrix plus microfillers plus splintered prepolymerized microfilled complexes.
(orig. mag. x250)
- Fig. 7. Polarization microscope shows Isopast components:
organic matrix plus microfillers plus splintered prepolymerized microfilled complexes.
(orig. mag. x250)
- Fig. 8. Polarization microscope shows Microrest components:
organic matrix plus microfillers plus splintered prepolymerized microfilled complexes.
(orig. mag. x250)
- Fig. 9. Polarization microscope shows Heliomolar components:
organic matrix plus microfillers plus splintered prepolymerized microfilled complexes.
(orig. mag. x250)
- Fig. 10. Polarization microscope shows Prismafil components:
organic matrix plus traditional macrofillers. (orig. mag. x250)
- Fig. 11. Polarization microscope shows Estilux components:
organic matrix plus traditional macrofillers plus microfillers (orig. mag. x250)
- Fig.12. Polarization microscope shows Durafil components:
organic matrix plus microfillers plus splintered prepolymerized microfilled complexes.
(orig. mag. x250)

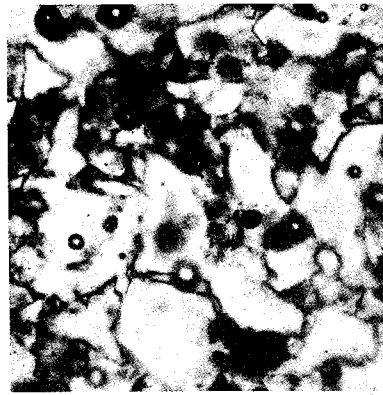
Explanation of figures (plate 1)



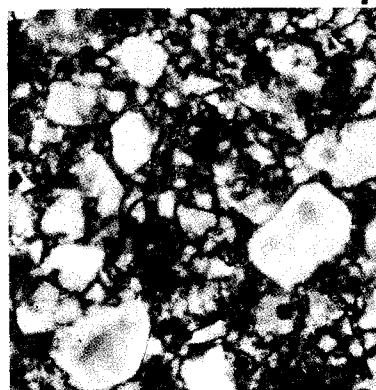
1



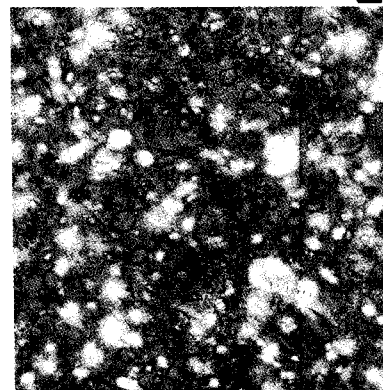
2



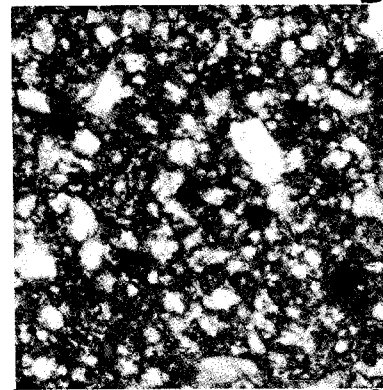
3



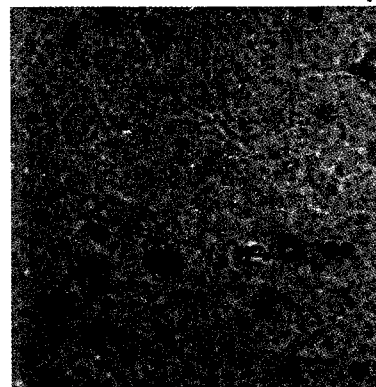
4



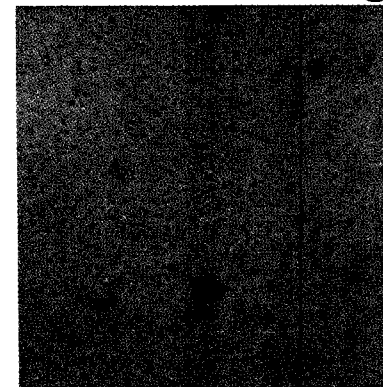
5



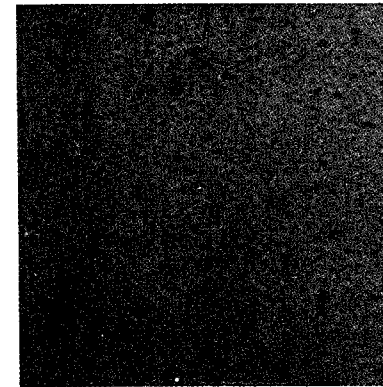
6



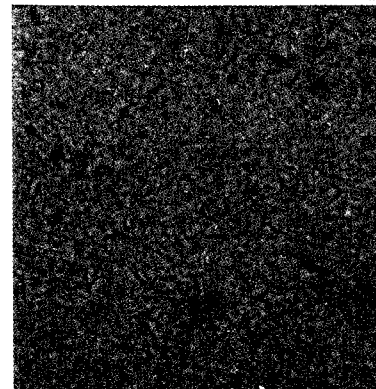
7



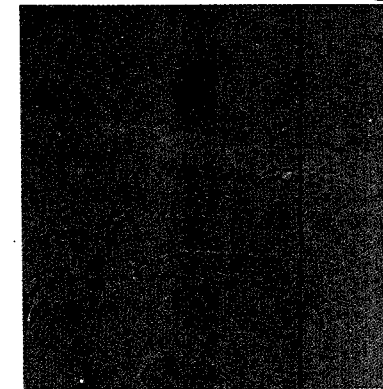
8



9



10



11



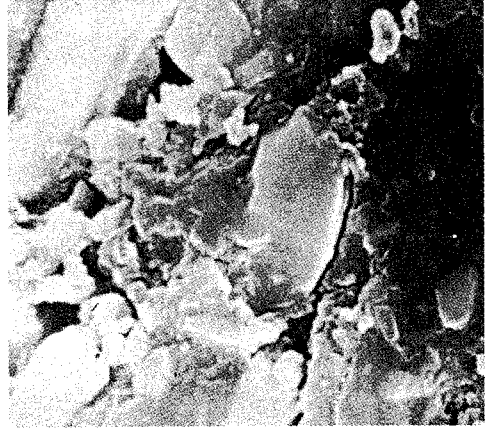
12

Explanation of figures (plate 2)

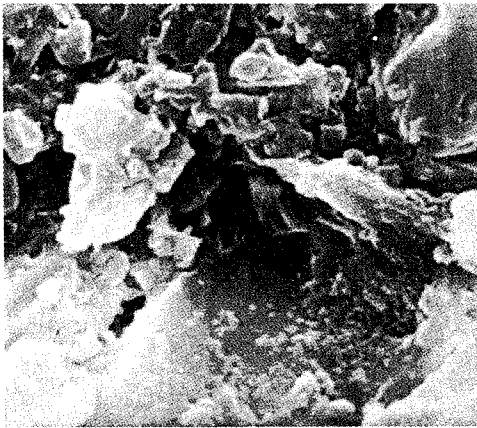
Scanning Electron Microscopic findings, 3 days after 37°C water bath, White area represents inorganic filler. Dark area reveals organic matrix. ..



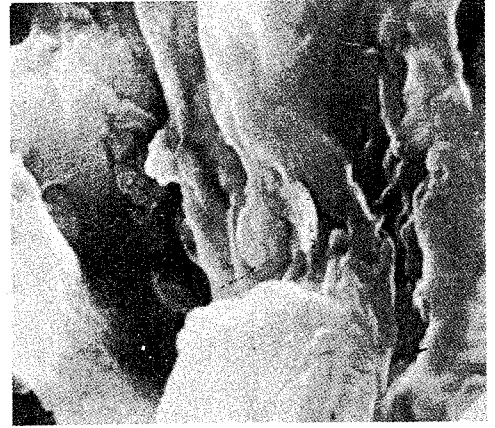
Clearfil FII (org. mag. X 3000)



Silar (org. mag. X 7000)



Estilux (org. mag. X 7000)



Héliomolar. (org. mag. X6000)