

Hybrid Glass Ionomer cement의 비커스경도와 간접인장강도에 관한 연구

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

권균원 · 박상진

목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

Wilson과 Kent¹⁾에 의해 치질 접착성을 지닌 심미성 수복재료로서 소개된 글래스이오노머 시멘트는 불소이온유리^{2, 3)}, 낮은 중합수축력⁴⁾과 산처리를 행하지 않고도 치질접착성이 있기 때문에 치과 수복재료로서 조작 시간을 단축시킬 수 있다는 장점으로 복합레진과 경쟁적으로 발전하게 되었다. 근래에 글래스이오노머 시멘트의 문제점인 경화시 수분접촉에 의한 기계적 성질과 심미성의 저하, 표면붕괴와 재질의 취약화 그리고 취성^{5, 6)} 등의 단점을 개선하기 위하여 글래스이오노머 액성분에 methacrylate계 monomer를 첨가한 레진강화형 글래스이오노머 시멘트가 개발되었다. 이러한 글래스이오노머 시멘트는 두가지 성분이 혼합되었다는 점에서

하이브리드 글래스이오노머 시멘트(hybrid glass ionomer cement), 레진-이오노머 하이브리드(resin-ionomer hybrid) 혹은 글래스이오노머-복합레진 하이브리드(glass ionomer-composite resin hybrid)로 불리워지고 있으며, 광조사로 중합이 되는 경우 광중합형 글래스이오노머 시멘트(light curing glass ionomer cement)라는 이름으로도 시판되고있다.

글래스이오노머 액 성분에 첨가되는 레진과 레진성분을 첨가하였을 때 나타나는 특성 변화에 관한 많은 연구중 Mathis와 Ferracane⁷⁾은 글래스이오노머 액성분에 Bis-GMA와 triethyleneglycol dimethacrylate(TEG-DMA)를 혼합하여 글래스이오노머-복합레진 하이브리드로 제조할 경우, 인장강도는 현저히 증가하지만 압축강도는 증가되지 않았다고 보고하였고, Rusz등⁸⁾은 hydroxyethyl methacrylate(HEMA)와 polyvinyl alcohol(PVA)을 첨가함으로써 상아질에 대한 결합강도가 현저히 증가됨을 관찰하였다. 이와같이 글래스이오노머에 레진을 첨가할 경우, 물리적 성질이 향상될 수 있기 때문에 하이브리드 글래스이오노머 시멘트는 레진강화형 글래스이오노머 시멘트(resin-reinforced glass ionomer cement)로도 분류되고 있으며 금속강화형 글래스이오노머 시멘트와 함께 강화형 글래스이오노머 시멘트의 주종을

이루고 있다.

레진강화형 글래스아이오노머 시멘트 혹은 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트를 재래형 글래스아이오노머 시멘트와 비교하여 치질 접착성이 증가되는 원인중 Friedl 등⁹⁾은 레진의 종류에 의해 영향받는다고 하였다. Fritz 등¹⁰⁾은 장시간 수중침지할 경우에도, 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트의 치질에 대한 결합강도는 감소하지 않았음을 보고 하였다.

개발 초기에 글래스아이오노머 액의 주성분으로 폴리아크릴릭산과 HEMA를 물리적으로 혼합하여 사용하였으나, 최근 레진단량체와 아크릴릭산의 카복실기를 화학적으로 결합시킨 분자구조를 개발하게 되었고, 분말성분으로 글래스아이오노머 분말인 기존의 알루미늄-불소-실리카 분말의 조성을 달리하여, 불소방출, 분말과 액의 화학결합 증가 및 치아구조에 대한 화학적 결합의 증가를 기대하고 개발하고있다. 이렇게 개발된 새로운 형식의 제품들은 제조회사에 의해서 콤포머(compomer)로 분류되어 명명되고 있다. 콤포머는 단일연고(single paste)로 제조될 수 있고 필러 함량이 극대화되며 조작성은 복합레진과 유사하다. 콤포머는 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트의 분류에 속하지만, 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트는 종래의 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트와 필러와 methacrylate의 혼합물이 광조사에 의하여 중합되는 콤포머로 구분할 수 있다.^{11, 12, 13, 14)}

즉 콤포머와 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트는 복합레진과 경쟁적으로 발전하여 재질은 글래스아이오노머 시멘트이며 수복재와 합착재의 공동 영역에서 복합레진을 대체하기 위해서 꾸준히 개발되고있다. 따라서 콤포머와 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트가 복합레진을 대체하여 사용할 수 있는 가능성 여부를 알아보는 것은 임상적인 의미를 가지며, 이를 위하여 이들 수복재의 기계적 성질을 비교하여야 한다. 특히 구강내 내구성에 대한 평가를 위한 비커스 경도 측정과 수복물의 파절을 예견할 수 있는 간접인장강도측정은 임상적인 평가를 위하여 필수적인 과정이다.

White와 Yu¹⁵⁾는 글래스아이오노머-복합레진

하이브리드의 압축강도는 기존의 재래형 글래스아이오노머 시멘트와 유사하지만, 간접인장강도는 현저히 높게 나타났음을 보고 하였다. Mitra와 Kedrowski¹⁶⁾는 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트의 기계적 성질의 변화를 관찰한 결과, 시일 경과에 따른 강도의 감소를 나타내지 않았음을 보고 한 바있다. White 등¹⁷⁾은 글래스아이오노머-복합레진 하이브리드 시멘트를 합착용으로 사용하였을 경우, 현저히 낮은 변연누출이 관찰되었다고 보고하였다.

또한 Uno 등¹⁸⁾은 경화 24 시간후부터 콤포머와 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 간접인장강도가 점차 감소되었음을 보고한 바 있다. Christensen¹⁹⁾은 모든 고정성 보철수복물의 합착에 사용되는 재래형 글래스아이오노머 시멘트를 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트로 대체할 충분한 가능성이 있다고 주장하였으나, Puckett 등²⁰⁾은 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트의 경우, 레진증량에 따라 열팽창계수가 증가되므로 변연누출이 커질 수 있다는 문제점을 제기한 바 있다.

이상과 같이 임상에 적용하기 위한 복합레진의 대체재료로서 콤포머와 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 비교평가에 대한 선학들의 연구가 미진하며, 국내에서도 이들 시멘트에 대한 비교연구가 최소한 실정인 것에 착안하여 본 연구를 시행하게 되었다.

본 연구는 복합레진과 콤포머 그리고 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 수중 침지시간 경과에 따른 비커스경도와 간접인장강도 변화를 측정하고, 복합레진의 기계적 성질과 비교평가하여, 이러한 특성의 관점에서 콤포머와 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트가 복합레진계의 재질을 대체할 수 있는 가능성 여부를 평가하기 위하여 계획되었다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서는 광중합형 복합레진 1종과 광중합형 글래스아이오노머 시멘트중 콤포머 2종 그리

Table 1. Materials used in this study

Product name	Codes	Classification	Supply form	Curing type	Batch number	Manufacturer
Degufill Ultra	Deg	Composite resin	Single paste	Light	4340-0001	Degussa, Germany
Dyract	Dyr	Compomer	Single paste	Light	9606197	Dentsply De Trey, Germany
Compoglass Cavifil	Com	Compomer	Single paste	Light	721582	Vivadent, Liechtenstein
Fuji Duet	Fuj	Resin reinforced glass ionomer	Powder-Liquid	Chemical	150561	GC Corporation, Japan
Vitremer	Vit	Resin reinforced glass ionomer	Powder-Liquid	Light	19951206	3M, U.S.A.

고 레진강화형 글래스이오노머 시멘트 2 종을 실험재료로 사용하였다 (Table 1).

2. 대조군과 실험군의 분류

5종의 실험재료중 대조군으로 복합레진(Degufill Ultra)을 사용하였으며, 실험군으로 콤포머 2종(Dyract와 Compoglass Cavifil)과 레진강화형 글래스이오노머 시멘트 2종(Fuji Duet와 Vitremer)을 사용한 군으로 분류하고 비커스경도와 간접인장강도를 측정하여 대조군과 비교하였다. 비커스경도와 간접인장강도 측정시간은 재료경화 후 증류수에 침지시켜 10 분, 1시간, 3시간, 1일, 3일, 5일 및 7일이 경과시 측정하도록 구성하였다. 비커스경도와 간접인장강도 측정은 경화후 측정 시간별로 다시 35개의 실험소군으로 분류하여 시행하였다. 군당 시편의 수는 경도 측정시 각 군당 15개씩, 간접인장강도측정시는 수중침지 시간에 따라 각 소군당 10개씩을 사용하였다.

3. 비커스경도

직경 2.5 cm, 두께 1 cm 의 에폭시 레진블럭 75 개를 제작하여, 레진블럭 평면상에 직경 4mm, 깊이 2 mm 와동을 형성하였다. 75개 레진블럭을 실험 재료별로 5개군으로 나누어 하나의 실험재

료당 15개의 레진블럭을 배정하였다. 레진블럭에 형성한 와동내에 각각의 실험재료를 주입 경화시킨 후 5 분이 경과시 $36 \pm 1^\circ\text{C}$ 증류수의 수조내에 침지시켰다. 측정시간이 되었을 때, 시편을 꺼내어 미세비커스경도측정기에 시편을 위치시키고, 100 gm 하중을 15초간 가한 후, 500 배율로 압흔 크기를 관찰하고 비커스경도값을 산출하였다.

최초의 10분 경과 후 비커스경도를 측정한 후 시편을 다시 증류수내에 침지시켜, 동일 시편에서 시간경과에 따른 비커스경도변화를 측정하도록 계획하였다.

경도의 측정은 각 시편의 수중침지 시간별 1개 시편당 3개소의 비커스 경도값을 다음의 공식에 의거하여 경도값을 산출하였고, 그 평균을 시간 경과에 따른 비커스 경도값으로 정하였다.

$$V_n = \frac{2L \sin \frac{a}{2}}{d^2}$$

L = Load (kg), a = Angle (136°),
d = Diagonal length (mm)

4. 간접인장강도

간접인장강도측정방법은 미국치과의사협회 규격에 준하여 내경 6mm, 높이 3mm 고무물드내에

실험재료를 주입하고 몰드상하면을 유리판으로 압접한 상태에서 실험재료를 경화시켰다. 경화 후 5분이 경과하였을 때, 유리판을 제거하고 몰드로부터 시편을 제거하여 $36 \pm 1^\circ\text{C}$ 증류수의 수조내에 침지시켰다. 각 측정시간 별로 수조로부터 꺼낸 시편을 만능강도시험기(Instron, No. 4467)에서 분당 1mm의 하중속도로 300 kg까지 최대하중을 가하였을 때, 시편이 파괴되는 하중을 측정하였으며, 측정하중을 아래의 공식에 따라 환산하여 간접인장강도로 정하였고, 10개 시편의 평균을 실험군의 간접인장강도로 간주하였다.

$$\text{Diametral Tensile Strength (kg/cm}^2\text{)} = \frac{2P}{\pi DT}$$

D : Diameter T : Thickness P : Load

5. 압축변형률

간접인장강도측정시 X-Y 기록기에 응력-변형 곡선이 그려지도록 하였다. 응력-변형 곡선에서 시편이 파괴되기 직전에 나타난 직선비례구간에서 단위변형량에 대한 응력량을 다음 공식에서 구하여 각 실험군 시편의 압축변형률로 정하였다.

$$\text{Compression rate} = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}}$$

6. 표면 관찰

직경 1cm, 두께 2mm로 제작된 에폭시 레진 블럭 5개에서 각각 직경 4mm, 깊이 1mm의 와동을 5개 형성하고, 준비된 5가지의 실험재료(Table 1)를 충전하여 경화시켰다.

표면 구조의 관찰을 위하여 9.6%불화수소산으로 1분간 부식시켜 실험재료 구조중 필러를 제

거하였다. 그 후 실험 재료 표면에 금이온을 증착하고 주사전자현미경(Hitachi, S-2300)하에서 1000배와 5000배의 배율로 실험재료의 표면 구조를 관찰하였다.

III. 실험성적

1. 비커스경도

시간경과에 따라 측정된 비커스경도는 Table 2와 같으며, 이를 Fig.1에서 비교하였다.

대조군인 Degufill Ultra는 경화 후 10분, 1시간, 3시간, 1일, 3일, 5일 및 7일등 시간경과에 따라 50.97kg/mm^2 , 54.01kg/mm^2 , 58.51kg/mm^2 , 60.88kg/mm^2 , 65.01kg/mm^2 , 59.88kg/mm^2 및 55.42kg/mm^2 로 비커스경도가 변화되었고, 3일 후에 가장 높은 비커스경도를 나타내었다.

컴포머중 Dyract는 48.71kg/mm^2 , 52.60kg/mm^2 , 53.70kg/mm^2 , 49.33kg/mm^2 , 45.73kg/mm^2 , 44.73kg/mm^2 , 42.46kg/mm^2 로 변화되었고, 3시간후에 가장 높은 경도를 나타낸 후 1일 후 부터 감소하였으며, Compoglass Cavifil은 29.73kg/mm^2 , 31.20kg/mm^2 , 45.93kg/mm^2 , 49.67kg/mm^2 , 56.39kg/mm^2 , 51.05kg/mm^2 , 48.71kg/mm^2 의 변화양상을 보여 3일후까지 증가하였다가 5일후 부터 감소되었다.

레진강화형 글래스아이오노머 시멘트 중 Fuji Duet은 16.94kg/mm^2 , 42.19kg/mm^2 , 40.10kg/mm^2 , 43.53kg/mm^2 , 46.45kg/mm^2 , 47.05kg/mm^2 , 46.51kg/mm^2 의 변화양상을 보여 5일후에 최대값을 보였고, Vitremer는 31.46kg/mm^2 , 35.63kg/mm^2 , 37.26kg/mm^2 , 37.79kg/mm^2 , 44.71kg/mm^2 , 42.37kg/mm^2 , 40.28kg/mm^2 의 변화양상으로 3일후 수치가 높아졌다.

Fig.1과 같이 대조군의 경도값보다 높은 경도값을 나타내는 실험군은 관찰할 수 없었다. 특히 대조군과 컴포머의 경도는 3일 경과 후부터 모두 경도값이 감소되는 양상으로 나타났으며 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트인 Fuji Duet과 Vitremer는 유사하게 경도가 증가되는 양상을 보였고, Fuji Duet은 7일후까지 경도가 감소되지 않았다.

Table 2. Vicker's hardness numbers of experimental groups (Mean±SD)

Time Materials	10 min.	1 hr.	3 hr.	1 day	3 days	5 days	7 days
Degufill Ultra	50.97±10.53	54.01±8.53	58.51±6.18	60.88±7.48	65.01±9.95	59.88±7.33	55.42±6.84
Dyract	48.71±6.04	52.60±7.55	53.70±8.29	49.33±4.00	45.73±4.86	44.73±3.58	42.46±5.64
Compoglass Cavifil	29.73±3.82	31.20±4.15	45.93±4.69	49.67±8.81	56.39±5.14	51.05±3.43	48.71±8.74
Fuji Duet	16.94±2.00	42.19±5.41	40.10±4.21	43.53±3.91	46.45±2.90	47.05±4.33	46.51±3.55
Vitremer	31.46±2.67	35.63±2.79	37.26±3.26	37.79±5.91	44.71±5.48	42.37±3.72	40.28±7.96

* Unit : kg/mm²

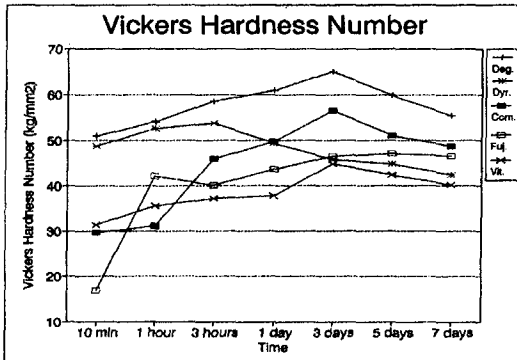


Fig. 1. Comparison of Vicker's hardness numbers by water immersion time.

2. 간접인장강도

간접인장강도 측정결과는 Table 3 과 같다. 대조군인 Degufill Ultra의 간접인장강도는 경화 후 10분, 1시간, 3시간, 1일, 3일, 5일 및 7일의 시간경과에 따라 385.98 kg/cm², 380.99 kg/cm², 416.67 kg/cm², 611.70 kg/cm², 643.90 kg/cm², 662.18 kg/cm², 689.31 kg/cm² 로 변화하였고 시간경과에 따라 지속적으로 간접인장강도가 증가되었다.

두가지 콤포머(Dyract와 Compoglass Cavifil)에서는 서로 유사한 양상을 나타내며, 이 중

Dyract는 283.68 kg/cm², 301.18 kg/cm², 299.50 kg/cm², 547.89 kg/cm², 569.95 kg/cm², 599.91 kg/cm², 572.89 kg/cm² 로 변화되었으며, Compoglass Cavifil에서는 248.57 kg/cm², 317.55 kg/cm², 344.01 kg/cm², 502.12 kg/cm², 529.37 kg/cm², 561.57 kg/cm², 446.05 kg/cm² 로 간접인장강도를 나타내었다.

레진강화형 글래스아이오노머 시멘트 중 Fuji Duet은 139.88 kg/cm², 179.25 kg/cm², 195.49 kg/cm², 221.37 kg/cm², 275.95 kg/cm², 203.00 kg/cm², 189.89 kg/cm² 의 변화양상을, 그리고 Vitremer는 99.99 kg/cm², 118.85 kg/cm², 135.17 kg/cm², 164.91 kg/cm², 169.57 kg/cm², 176.32 kg/cm², 124.14 kg/cm² 의 변화양상을 나타내었다.

Fig.2 와 같이 전반적으로 콤포머의 간접인장강도의 변화양상은 대조군과 유사하였고, 대조군은 1일 후부터 급격히 증가되어 계속 완만하게 증가된 양상을 나타낸 반면, 콤포머와 대조군의 간접인장강도는 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 간접인장강도에 비하여 현저히 높게 나타났으나, 콤포머의 간접인장강도가 복합레진의 간접인장강도를 초과하지는 못하였다. 콤포머의 간접인장강도는 1일 후 급격하게 증가되다가 경화 5일후부터 감소하였다. 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트는 시간 경과에 따라 완만하게 간접인장강도의 증가를 나타내었으나, 300 kg/cm²을 초과하지 못하였으며 Fuji Duet은

Table 3. Diametral tensile strengths of experimental groups (Mean±SD)

Time Materials	10 min.	1 hr.	3 hr.	1 day	3 days	5 days	7 days
Degufill Ultra	385.98±26.89	380.99±11.35	416.67±86.89	611.70±83.12	643.90±7.76	662.18±80.96	689.31±93.55
Dyract	283.68±14.63	301.18±55.42	299.50±1.42	547.89±13.68	569.95±14.25	599.91±25.38	572.89±90.62
Compoglass Cavifil	248.57±66.27	317.55±64.45	344.01±76.36	502.12±80.33	529.37±10.26	561.57±17.59	446.05±91.60
Fuji Duet	139.88±8.51	179.25±9.33	195.49±12.42	221.37±20.88	275.95±7.21	203.00±51.24	189.89±29.18
Vitremer	99.99± 8.41	118.85±13.72	135.17±6.02	164.91±29.20	169.57±27.26	176.32±44.71	124.14±5.16

* Unit : kg/cm²

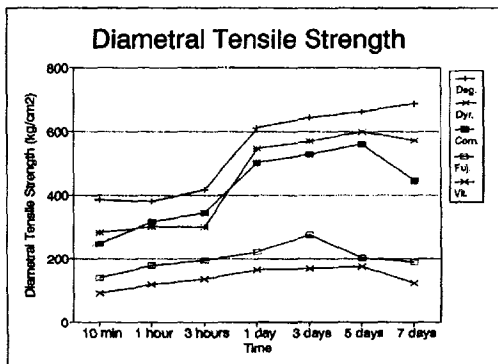


Fig.2. Comparison of diametral tensile strength by water immersion time.

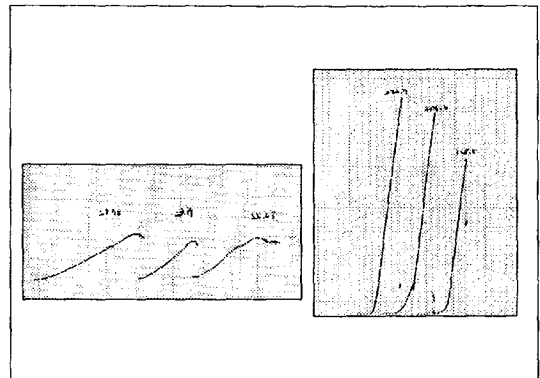


Fig.3. Typical stress-strain curves obtained from Vitremer(10min, left) and Degufill Ultra (7days, right).

Table 4. Compressive modulus of experimental groups

Time Materials	10 min.	1 hr.	3 hr.	1 day	3 days	5 days	7 days
Degufill Ultra	1210	1966	2095	3175	2743	2672	2592
Dyract	950	1253	1447	1944	3240	2728	2376
Compoglass Cavifil	950	1361	1296	2678	2527	2558	1771
Fuji Duet	1102	1382	1210	1080	1058	1039	1015
Vitremer	151	367	605	864	1166	864	626

* Unit : kg/mm²

3일 후, Vitremer는 5일 후부터 간접인장강도가 감소되었다.

3. 압축변형을

실험 재료의 강성(stiffness)을 나타내는 압축 변형율은 Table 4 와 같다. 전반적으로 콤포머의 강성은 복합레진의 수치와 유사한 것으로 나타났으나, 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 압축변형율은 수중침지 시간이 증가함에 따라 복합레진의 절반정도의 값으로 낮아졌다.

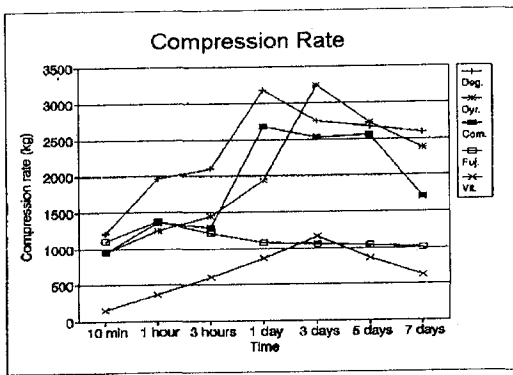


Fig.4. Comparison of compressive modulus by water immersion time.

4. 표면 관찰

실험재료의 표면을 불화수소산으로 부식시킨 후 주사전자현미경 관찰결과는 Fig.5부터 Fig.9 에서와 같다. Fig.5 는 대조군(Degufill Ultra;복합레진)으로서 미세한 필러들이 있던 부위로 생각되는 탈락된 함몰부가 나타나 있고, 거대필러의 흔적은 없는 것으로 나타났다. Fig.6(Dyract) 과 Fig.7(Compoglass Cavifil) 은 콤포머로 Fig.5 의 복합레진과 유사하게 나타났다. 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트는 Fig.8(Fuji Duet) 과 Fig.9(Vitremer)에 서로 유사한 양상으로 나타나 있고, 비교적 크기가 큰 분말입자를 관찰할 수

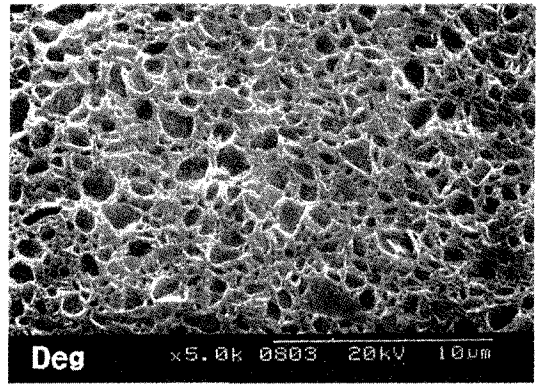


Fig.5. Etched structure of Degufill Ultra (x5000).

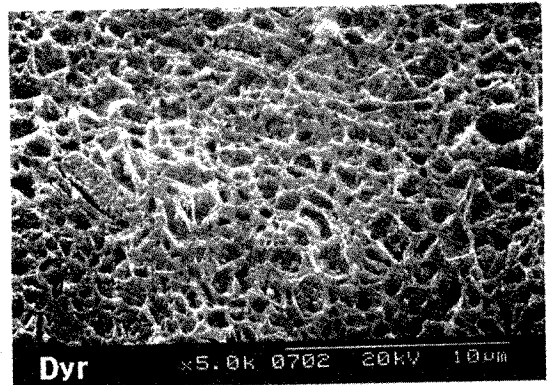


Fig.6. Etched structure of Dyract (x5000).

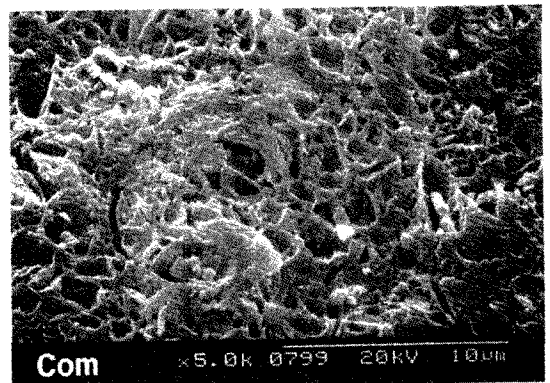


Fig.7. Etched structure of Compoglass Cavifil (x5000).



Fig.8. Etched structure of Fuji Duet (x1000).



Fig.9. Etched structure of Vitremer (x1000).

있다. 이와 같은 입자는 콤포머의 조직 (Fig.6, Fig.7)에서는 관찰되지 않았다.

IV. 총괄 및 고안

글래스아이오노머 시멘트는 Wilson과 Kent¹⁾에 의해 투명성 수복재로서 치과계에 소개된 이래, 치질 접착성과 불소방출등의 이점으로 수복용, 이장용 그리고 합착용등으로 널리 사용되고 있다.

글래스아이오노머 시멘트는 분말의 제조방법이 복잡하고 조성이 다양하며 입자의 크기와 형상등의 차이로, 시판상품들은 화학적, 물리적으로 성상이 각기 다르게 된다. 기본적으로 글래스아이오노머 시멘트는 분자량이 큰 폴리아크릴릭

산의 수용액과 유리 분말간의 반응에 의해 경화되며, 유리성분의 분말재질은 불소를 함유한 fluoroalumino-silicate와 불소를 함유하지 않은 aluminosilicate 또는 aluminoborate등의 다양한 분말이 사용되고 있다.

최근 글래스아이오노머 시멘트는 레진성분이 강화된 하이브리드 혹은 광조사에의해 중합경화되는 광중합형태로 발전 시판되고 있으며, 재래형 글래스아이오노머 시멘트의 단점인 수분에 대한 민감성과 초기의 낮은 기계적 성질을 개선하여 임상에 사용하는데 편리성을 더욱 향상시키기 위하여 계속 연구 개발되고 있다. 광중합 및 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트의 경화반응의 초기에는 산-염기의 반응으로 개시되며, 그후에 자유기 중합등의 광중합으로 경화가 유도된다.¹²⁾ 이러한 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트의 기본적인 조성에는 소량의 hydroxyethyl methacrylate(HEMA)나 Bis-GMA가 포함되어 있다.^{7, 13)}

최근 개발된 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트는 액성분으로 사용되는 고분자구조에 광의 조사에 의해 경화될 수 있는 분자구조를 부착시킨 더욱 복잡한 망상의 분자구조를 사용하고 있다. 이 재질의 성질은 레진 혹은 글래스아이오노머 시멘트중 어느 쪽에 속하는가에 대해서는 논란이 되고 있으나, 기본적으로 재래형 글래스아이오노머 시멘트에 비해 반응속도는 지연되지만, 광조사 없이도 경화가 될 수 있기 때문에 이 중중합 또는 삼중중합형 글래스아이오노머 시멘트로 분류되고 있다. 그러나 Wilson¹³⁾은 이러한 재료들에 대해서 비록 글래스아이오노머 시멘트 성분을 지니고는 있으나, 어느 독특한 조성을 지닌 종류의 것은 글래스아이오노머의 범주에 해당하지 않는다고 하였다. 즉, 그는 단순히 액에 레진을 첨가한 것을 Class I, 분자구조를 변화시킨 것을 Class II로 분류하였으나, 현재 이와 같은 분류 방법은 널리 사용되지 않고 있다.

실질적인 레진 함유량은 제품에 따라 차이가 크지만, 최종 경화된 기질내에 포함되어 있는 레진의 양은 4.5%내지 6.0%인 것으로 알려져 있으며 이장용 시멘트의 경우 다소 높은 함유량으로 나타나고 있다. 또한 소량의 광중합 개시제도 포

함되어 있다.²¹⁾ 즉, 하이브리드형은 기존의 글래스아이오노머 시멘트의 대표적인 구성성분에 광중합이 가능한 반응기가 배합된 폴리아크릴릭산과 HEMA, 이온방출성 유리분말입자 및 수분등으로 구성되어 있다.²²⁾

이와같은 조성으로 구성된 글래스아이오노머 시멘트는 개발 초기에 이장재로 시판되었고, 그 후 수복용으로 시판되고 있다. 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트가 이장재로 사용되면서 광중합형 레진강화형 글래스아이오노머(photo-polymerized resin-modified glass ionomer, 이하 RMGIC)로 불리워졌고, 광중합과 화학중합이 함께 가능한 이중중합 또는 삼중중합형 글래스아이오노머 시멘트로 Vitrebond[®], XR-Ionomer[®], Zionomer[®], Fuji Lining LC[®], 그리고 Photac-Bond[®] 등이 시판되고 있다.¹¹⁾ 이들 재료는 사용의 간편함에 따라 급속히 확산되었고, 수복용 상품으로 Fuji II LC[®], Vitremer[®] 그리고 Photac-Fil[®] 등이 등장하고 있다.

레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 특성은 재래형과는 다르다. 즉, 대표적인 차이점으로 긴 작업시간, 광조사에 의한 조기경화, 높은 초기강도 및 낮은 용해도등을 들 수 있으며, 이러한 장점이 임상에서 널리 사용되고 있는 이유이다. 그러나 단점은 산성반응에 의해 형성된 기질과 중합에 의해 경화된 레진기질간의 빛의 굴절율이 다르기 때문에 투명성이 감소되어 심미성이 저하될 수 있다는 것이다.

일반적으로 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 압축 및 인장강도는 재래형에 비하여 현저히 높고²³⁾ 압축율은 작으나 인성은 크며²⁴⁾ 굴곡강도도 재래형에 비하여 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트에서 더욱 크다²⁵⁾.

본 실험에서 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트인 Fuji Duet과 Vitremer는 비커스경도 변화가 대조군(Degufill Ultra)에 비해 훨씬 낮은 수치를 나타내고 있으며(Fig.1) 간접인장강도 역시 대조군인 Degufill Ultra(최소 385.98/cm²)에 비해 훨씬 낮은 139.88kg/cm² 및 99.99kg/cm²로 나타나고 있으며(Fig.2) 이는 Kakaboura 등¹²⁾의 연구 결과에서와 같이 경화후에도 잔여 이중결합이 33~50%에 이르러 미중합부분이 경화된

조직내에 잔존하고 있어 낮은 경도와 강도가 나타난다고 사료되며, 따라서 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트는 수복용으로의 사용은 불가능하며 이장용으로도 제한적으로 사용되어야 한다. 이는 Fig.4의 압축변형율을 비교하면 용도가 극히 제한적으로 사용될 수 밖에 없다고 예상할 수 있다.

그 밖에 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트는 이장과 합착, 코아 및 각종 수복물 제작등의 임상에 적용되고 있지만, 특히 유치에 사용할 경우, 성공률과 경제성이 높은 장점이 있다²⁶⁾. 특별한 용도로는 역충전(retrograde root filling)²⁷⁾과 근관충전재²⁸⁾ 및 교정용접착재²⁹⁾등으로 사용되고 있다.

본 실험에 사용된 Dyract와 Compoglass Cavifil은 레진 monomer를 지니면서도 불소를 서서히 방출할 수 있는 재료로서, VariGlass[®], Geristore[®]등이 여기에 해당하며¹¹⁾, 광중합형 복합레진과 유사한 물성을 지니고 있다. 본 연구의 결과 Fig.1에서는 콤포머로 분류된 것들의 경시적 경도변화곡선이 증가후 감소되는 사실이 복합레진의 것과 유사하면서도 대조군인 복합레진의 경도는 초과하지 못하는 것으로 나타났고, 간접인장강도를 비교한 Fig.2에서는 콤포머와 복합레진의 것이 일정한 간격을 두고 일치하는 소견을 보였다. 또한 재료의 강성을 의미하는 압축변형율을 비교한 Fig.4에서도 역시 증감현상이 시기적으로 다소 차이가 있을 뿐, 거의 일치하게 나타난 것으로 관찰할 수 있다. 즉 본 실험에서 Dyract는 대조군인 Degufill Ultra와는 경화후 3시간까지는 유사한 경도값을 지니고 있으나, 그 후 급격한 경도의 감소를 나타내어 임상에서 장기간 마모가 발생할 수 있는 부위에는 사용이 제한되어야한다고 사료된다. 그러나 Fritz등¹²⁾은 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트는 수중 침지시간이 상아질과 법랑질에 대한 접착강도에 커다란 변화를 주지않고 글래스아이오노머 시멘트가 일단 경화후에는 수분에 대한 안정성을 지니고 있다고 보고 한 바 있다. 더욱이 본 연구의 결과, 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트의 간접인장강도는 경화 초기부터 대조군(Degufill Ultra)에 비하여 현저히 낮은 수치로 나타나 교

합력이 가해지는 부위에 사용이 극히 제한되어야 한다고 사료되었다. 또한 Compoglass Cavifil은 경화 초기부터 대조군(Degufill Ultra)에 비하여 훨씬 낮은 경도값을 지니며 간접인장강도 역시 낮은 수치로 나타내어 높은 마모도가 요구되는 부위와 강한 교합력이 요구되는 부위에 사용이 제한될 수 밖에 없다고 예상된다.

본 실험에 사용된 Dyract와 Compoglass Cavifil이 콤포머로 분류되기도 하지만 Sidhu와 Watson¹¹⁾에 따르면 이 재료들은 광조사를 하지 않을 경우 경화되지 않고, 글래스아이오노머 시멘트의 특성을 나타낼 수 있을지는 확인되지 않았기 때문에 광중합형으로 분류될 수 없다고 글래스아이오노머 시멘트에 관한 제2차 국제심포지엄에서 결정되었음이 보고된 바 있다.

한편 충전후 24시간까지는 글래스아이오노머 시멘트의 표면에 바니쉬 등을 도포하여 수분에 대한 방어를 주장한 Burgess 등¹⁴⁾은 글래스아이오노머 시멘트를 중합방식에 따라 단순중합, 이중중합, 삼중중합으로 분류하였으며, 재래형 글래스아이오노머, 레진-아이오노머, 그리고 불소 방출레진으로도 분류하고 있다.

수복물의 경도와 간접인장강도의 측정은 취성 재료를 평가하는데 임상적으로도 유용하며 수복재의 인장응력에 대한 저항력과 내구성을 평가하는데에도 적절하다.

본 연구에서 콤포머중 Dyract의 경도와 간접인장강도가 수중침지시간에 따라 서서히 증가후 감소되는 경향으로 나타난 양상은 Uno 등¹⁸⁾의 연구결과에서도 fluoroaluminosilicate를 필러로 사용한 Dyract에서 압흔 시험법에 의한 표면 경도는 1일후부터 감소되었다고 보고하였고, 간접인장강도는 1시간후 32.8MPa, 1일후 48.4MPa로 최고값을 나타낸 후, 감소하여 7일후 40.8MPa로 감소하였다고 보고하여 본 실험결과와 유사한 양상으로 나타나고있다.

본 연구에서 측정 평가한 비커스경도, 간접인장강도 및 압축변형율등의 3가지 측정비교항목에서 콤포머의 물성은 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트와는 전혀 다른 기계적 성질로 글래스아이오노머 시멘트라기보다는 복합레진에 더욱 가까운 성질을 지니고 있는 것으로 확인되었

으며, 콤포머를 글래스아이오노머 시멘트의 분류에 포함시키기에는 다소 무리가 있을 것으로 사료되었다.

한편 표면 구조의 형태를 비교하기 위한 시편 표면의 주사전자현미경 사진 (Fig.5 - Fig.9)에서도 콤포머의 형태적 구조적 특성이 글래스아이오노머 시멘트라기보다는 복합레진에 가까운 것으로 확인되었다. 물론 글래스아이오노머 시멘트의 접착성과 항우식능을 표면 형태학적으로 예측 판단하는 것은 불가능하지만, 제조과정 및 조성차이에 따라 나타날 수 있는 조직의 형태를 비교하여 보면, 콤포머의 입자크기는 복합레진의 입자크기와 유사하게 나타났으며 주사전자현미경 관찰용 시편의 제작 조건이기는 하지만 9.6%HF에 의한 유사한 표면용해형상이 나타난 것으로 미루어 보아 콤포머의 필러는 복합레진의 필러중 크기와 성분이 같은 것을 이용하고 있을 수도 있어 법랑질의 표면 전색재 또는 상아질 접착 용도로 사용하여 변연누출도를 최소화시켜 우식 억제 효과를 나타낼 가능성이 있음을 알 수 있었다.

이에 비하여 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 조직형태인 Fig.8과 Fig.9에서는 비록 저배율로 관찰한 것임에도 불구하고 필러입자의 크기가 대단히 큰 것으로 나타났고, 9.6%HF로 표면처리한 후에도 필러입자가 용해되지 않고 잔존되어 있는 형상으로 나타나고있다. 이는 콤포머 그리고 복합레진의 표면조건과는 크게 다른점이다.

이상과 같은 연구결과는 콤포머의 경우, 기계적 성질의 관점에서 글래스아이오노머 시멘트라기보다는 복합레진으로 분류되어야 하지만, 콤포머와 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트가 복합레진을 대체하여 임상에 적용시켜 사용하는 데 물성의 한계로 인하여 제한적인 금기증이 있으며, 특히 하중을 많이 받는 부위 및 마모도가 높은 부위에 시술시에는 재료의 선택에 신중을 기하여야 함을 의미한다. 또 차후 복합레진과 글래스아이오노머 시멘트의 장점을 동시에 보유하고 있는 콤포머를 개발하여 글래스아이오노머 시멘트로서의 특성을 나타내면서 심미수복재로서 임상적용이 보다 용이한 방향으로의 연구가

필요하다고 사료된다.

컴포머의 상아질에 대한 결합방식은 복합레진이나 상아질접착제의 결합방식과 유사하다. 개발 당시 글래스아이오노머 시멘트는 상아질표면과 킬레이트 결합, 수소결합 및 이온결합³⁰⁾ 등으로 상아질에 대하여 화학적으로 결합한다고 알려져 있다.

그러나 콤포머나 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 상아질이나 다른 피착면에 대한 화학적 결합에 대하여 명백한 연구보고는 확인할 수 없었다. 다만 Carvalho 등³¹⁾은 콤포머를 polyacid-modified composite resin 으로 분류하였으며, 상아질을 10% 말레인산으로 처리하고 프라이머를 도포하여 주는 VariGlass[®]을 접착시킬 경우, 복합레진을 접착제로 사용할 때 나타나는 하이브리드 층과 유사한 층이 파단면에서 관찰되어 기계적인 결합의 특성을 확인할 수 있다고 보고한 바있다.

그러나 일단 상아질등의 치질과 결합된 수복물은 그 접착내구성이 일정기간에 제한 될 수밖에 없다. 그 이유는 어떤 형태로든 레진성분이 첨가된 글래스아이오노머 시멘트는 재래형 글래스아이오노머 시멘트와 비교하여 중합수축이 높아질 가능성이 있다³²⁾. 또한 이렇게 발생된 중합수축은 수복물의 변연누출을 발생시킬 수 있다. 그러나 Crim³³⁾ 및 Tjan과 Dunn³⁴⁾의 연구에서는 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트와 재래형 글래스아이오노머 시멘트의 변연누출도에서 유의차가 없다고 보고하였다. 그럼에도 불구하고 레진이 함유된 글래스아이오노머 시멘트는 소위 monomer에 의한 중합수축에 의해 변연누출의 발생 가능성은 예상된다.

한편 Wilson¹³⁾은 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트와 복합레진의 성분비의 비교로만 물성을 단순 비교하는 것은 무리이지만, 레진 강화형 글래스아이오노머 시멘트의 경우, 잔류단량체가 복합레진과 비교하여 낮은 수치이며 생체 친화성도 보다 우수하며, 치질접착성도 재래형 글래스아이오노머 시멘트의 수준과 유사한 것이 장점이라고 지적한 바있다.

또한 Kakaboura 등¹²⁾은 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 경화기전을 FTIR로 연구한

결과, 충분한 레진의 중합기전을 따른 자유기 중합과 글래스아이오노머 시멘트의 산-염기반응으로 안정화된 경화체를 형성할 수 있음을 확인하였다고 보고하였다. 따라서 이러한 연구 결과는 기계적 성질에서 유용성을 확인할 수 없었던 콤포머 재질들도 생체친화성은 우수할 수 있을 것이라는 가설을 세우는데 토대가 될 수 있을 것이다.

이상과 같이 레진강화형 글래스아이오노머나 콤포머의 장점은 본 연구에서 확인할 수 없었으나, 더욱 안정된 경화반응과 중합효율성과 치질(상아질치리제의 병용여부)에 대한 유해성과 이에 따른 pH변화, 치수자극성, 수분에 대한 민감성과 용해성, 불소방출성 및 치질접착성등의 관점에서는 향후의 계속적인 연구가 요구된다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 콤포머와 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 비커스경도와 간접인장강도를 복합레진과 비교하기 위한 것으로 대조군으로 복합레진 1종(Degufill Ultra)과 실험군으로 콤포머 2종(Dyract, Compoglass Cavifil), 그리고 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트 2종(Fuji Duet, Vitremer)을 실험재료로 하여, 경화 후 10분, 1시간, 3시간, 1일, 3일, 5일 및 7일간 수중에 침지시킨 다음, 비커스경도와 간접인장강도를 측정하였다. 아울러 간접인장강도측정시 얻어진 응력-변형곡선으로부터 압축변형율을 구하여 비교하였다. 또한 경화된 재료 표면의 관찰은 불산(9.6% HF)으로 부식후, 주사전자현미경(Hitachi,S-2300)하에서 관찰 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대조군(Degufill Ultra)의 경도는 실험군(콤포머와 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트)의 경도와 비교하여 다소 높게 나타났다.
2. 실험군 중 Fuji Duet의 경도는 수중침지시간 경과에 따라 계속 증가된 성향으로 나타났으며 Dyract의 경도는 3시간 후 감소되었고 Vitremer가 가장 낮게 나타났다.
3. 간접인장강도는 대조군(Degufill Ultra)의 경

우, 수중침지시간 경과에 따라 상승하게 되었으나, 실험군의 Fuji Duet의 경우 3일 후부터 감소되었고 Compoglass Cavifil 및 Vitremer의 경우 5일 후부터 감소되었다.

4. 압축변형율은 대조군(Degufill Ultra)과 Dyract에서 시간 경과에 따라 급격히 상승된 변형율로 나타났으며 Fuji Duet과 Vitremer는 완만하게 상승된 변형율로 나타났다. Fuji Duet은 Vitremer에 비하여 압축변형율은 높게 나타났으며 Vitremer는 가장 낮은 강인성을 나타내었다.
5. 표면구조는 콤포머와 복합레진은 유사하였으며, 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트는 필러가 관찰되었다.

이상과 같은 연구결과는 기계적 성질의 관점에서 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트(콤포머와 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트)가 7일간의 단기간 수중 침지기간에 물성의 커다란 감소요인은 없었으나 복합레진을 대체할 수 있을 정도의 물리적 성질은 향상시켜야하며, 하중을 많이 받는 부위와 마모도가 높은 부위에 시술 시에는 임상적 평가가 계속 되어야 한다고 사료된다. 또한 하이브리드 글래스아이오노머 시멘트는 단기간의 수중침지에 따른 물리적 성질의 저하가 관찰되었음을 고려하여 차후 흡수팽창과 함께 이에 따른 변연누출과 치질접착기구 및 굴곡강도와 나아가 우식 저항성과 생체 적합성 등에 관하여 계속적인 연구가 필요하다고 사료되었다.

REFERENCE

1. Wilson, A.D., and Kent, B.E. : A New translucent cement for dentistry, *Br. Dent. J.*, 132:133-135, 1972.
2. Cranfield, M., Kuhn, A.T., and Winter, G.B. : Factors relating to the rate of fluoride-ion release from glass ionomer cement, *J.Dent.*, 10:333-341, 1982.
3. Forsten, L. : Fluoride release from a glass ionomer cement, *Scand. J. Dent. Res.*, 85: 503-504, 1977.
4. Kidd, E.A.M. : Cavity sealing ability of composite and glass ionomer cement restorations, *Br. Dent.*

- J.*, 144:139-142, 1978.
5. Prosser, H.J., Powis, D.R., Brant, P., and Wilson, A.D. : Characterization of glass ionomer cements -7-. The physical properties of current materials, *J. Dent.*, 12:231-241, 1984.
6. Goldman, M. : Fracture properties of composite and glass ionomer dental restorative materials, *J. Biom. Mater. Res.*, 19:771-783, 1985.
7. Mathis, R.S., and Ferracane, J.L. : Properties of a glass-ionomer/ resin-composite hybrid material, *Dent. Mater.*, 5:355-358, 1989.
8. Rusz, J.E., Antonucci, J.M., Eichmiller, F., and Anderson, M.H. : Adhesive properties of modified glass-ionomer cements, *Dent. Mater.*, 8: 31-36, 1992.
9. Friedl, K.H., Powers, J.M., and Hiller, K.A. : Influence of different factors on bond strength of hybrid ionomers, *Oper. Dent.*, 20:74-80, 1995.
10. Fritz, U.B., Finger, W.J., and Uno, S. : Resin-modified glass ionomer cements: Bonding to enamel and dentin, *Dent. Mater.*, 12: 161-166, 1996.
11. Sidhu, S.K., and Watson, T.F. : Resin-modified glass ionomer materials. A status report for the American Journal of Dentistry, *Am. J. Dent.*, 8:59-67, 1995.
12. Kakaboura, A., Eliades, G., and Palaghias, G. : An FTIR study on the setting mechanism of resin-modified glass ionomer restoratives, *Dent. Mater.*, 12:173-178, 1996.
13. Wilson, A.D. : Resin-modified glass ionomer cements, *J. Prosth.*, 3:425-429, 1990.
14. Burgess J., Norling, B., and Summitt, J. : Resin ionomer restorative materials, *The new generation*, *J. Esthet. Dent.*, 6:207-215, 1994.
15. White, S.N., and Yu, Z. : Compressive and diametral tensile strengths of current adhesive luting agents, *J. Prosthet. Dent.*, 69:568-572, 1993.
16. Mitra, S.B., and Kedrowski, B.L. : Long-term mechanical properties of glass ionomers, *Dent. Mater.*, 10:78-82, 1994.
17. White, S.N., Yu, Z., Tom, J.F.M.D. and Sangsurasak, S. : In vivo microleakage of luting cements for cast crowns, *J. Prosthet. Dent.*, 71:333-338, 1994.
18. Uno, S., Finger, W.J., and Fritz, U. : Long-term mechanical characteristics of resin-modified glass ionomer restorative materials, *Dent. Mater.*, 12:64-69, 1996.

19. Christensen, G.J. : Fixed prosthodontics--state of the art [see comments], *Aust. Dent. J.*, 40:164-166, 1995.
20. Puckett, D., Fitchie, J.G., Bennett, B., and Hembree, H.H. : Microleakage and thermal properties of hybrid ionomer restoratives, *Quint. Int.*, 26: 577-581, 1995.
21. Mount, G.J. : Glass ionomer cements, Past, present and future, *Oper. Dent.*, 19:82-90, 1994.
22. Nicholson, J.W., Anstice, H., and Mclean, J.W. : A preliminary report on the effect of storage in water on the properties of commercial light-cured glass-ionomer cements, *Brit. Dent. J.*, 173: 98-101, 1992.
23. Burgess, J.O., Barghi, N., Chan, D.C., and Hummert, T. : A comparative study of three glass ionomer base materials, *Am. J. Dent.*, 6:137-141, 1993.
24. Anstice, H.M., Nicholson, J.W., and McCabe, J.F. : The effect of using layered specimens for determination of the compressive strength of glass-ionomer cements. *J. Dent. Res.*, 71: 1871- 1874, 1992.
25. Huget, E.F., Murray, G.A. : Strength, stiffness, resilience and toughness of restorative cements, *J. Dent. Res.*, 73:1871-1874, 1992.
26. Croll, T.P., and Killian, C.M. : Glass-ionomer-resin restoration of primary molars with adjacent Class II carious lesions, *Quint. Int.*, 24:723-727, 1993.
27. Chong, B.S., Pitt Ford, T.R., and Watson, T.F. : The adaptation and sealing ability of light-cured glass ionomer retrograde root fillings, *Int. Endod. J.*, 24:223-232, 1991.
28. Saunders, W.P., Saunders, E.M., Herd, D., and Stephens, E. : The use of glass ionomer as a root canal sealer - a pilot study, *Int. Endod. J.*, 25:238-244, 1992.
29. Dasch, W., Turner, D.S., and Powers, J.M. : Bond strength of a light cured glass ionomer orthodontic adhesive, *J. Dent. Res.*, 72:224-224, 1993. #968
30. Lin, A., McIntyre, N.S., and Davidson, R.D. : Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin, *J. Dent. Res.*, 71:1836-1841, 1992.
31. Carvalho, R.M., Yoshiyama, M., Horner, J.A., and Pashley, D.H. : Bonding mechanism of Variglass to dentin, *Am. J. Dent.*, 8:253-258, 1995.
32. Watson, T.F. : A confocal microscopic study of some factors affecting the adaptation of a light-cured glass ionomer to tooth tissue, *J. Dent. Res.*, 69:1531-1538, 1990.
33. Crim, G.A. : Marginal leakage of visible light-cured glass ionomer restorative materials, *J. Prosthet. Dent.*, 69:561-563, 1993.
34. Tjan, A.H., and Dunn, J.R. : Microleakage at gingival dentin margins of Class V composite restorations lined with light-cured glass ionomer cement, *J. Am. Dent. Assoc.*, 121:706-710, 1990.

A STUDY ON THE VICKER'S HARDNESS AND DIAMETRAL TENSILE STRENGTH OF HYBRID GLASS IONOMER

Kyun-Won Kwon · Sang-Jin Park

Dept. of Conservative Dentistry, Division of Dentistry, Graduate School, Kyung Hee University

The objective of this investigation was to compare the effects of water storage on the aspect of hardness and diametral tensile strengths of four hybrid glass ionomer cements (two compomers and two resin-reinforced glass ionomers) with a resin composite material. One composite resin (Degufill Ultra), two compomers (Dyract, Compoglass Cavifil), and two resin-reinforced glass ionomers (Fuji Duet, Vitremer) were used in this study.

Cylindrical specimens were prepared and stored at $36 \pm 1^\circ\text{C}$ in distilled water for 10 minutes after set, and then tested on an Instron testing machine (No. 4467) at 1.0 mm/min displacement rate. Vicker's hardness and diametral tensile strengths as time elapsed were measured after aging in water for 10 minutes, 1 hour, 3 hours, 1 day, 3 days, 5 days and 7 days at $36 \pm 1^\circ\text{C}$. During the test of diametral tensile strength, stress-strain curves were obtained, from which the compressive modulus were calculated and compared. The structure of four set glass ionomer cement mass was observed on SEM (Hitachi, S-2300) after being etched with 9.6% hydrofluoric acid for 1 minute.

The results were as follows:

1. The hardness of the experimental group (compomer and the resin reinforced glass ionomer cement) did not exceed the value of control group (Degufill Ultra).
2. Vicker's hardness of the Fuji Duet tended to increase succeedingly, Dyract was decreased after 3 hours in water, and Vitremer was the lowest.
3. The control group (Degufill Ultra) presented progressively on increased diametral tensile strength with time, Fuji Duet were decreased after 3 days, Compoglass Cavifil and Vitremer were decreased after 5 days in water storage.
4. Compressive modulus of the control group (Degufill Ultra) and Dyract were increased sharply timely, Fuji Duet and Vitremer were increased smoothly by lapse of time in water. Fuji Duet were stronger than Vitremer. On the other hand, Vitremer exhibited the lowest toughness.
5. The microstructure of compomer was similar with that of the composite resin (Degufill Ultra), and the fillers in resin-reinforced glass ionomer cements were noticed.

It can be concluded that mechanical properties of hybrid glass ionomer cements is weaker than composite resin, and that the compomers or the resin-reinforced glass ionomers can not substitute the composite resins.

A plenty of considerations should be done on the application of them to the area under the loading and high wear has a little adverse effect on the mechanical properties on the water storage for 7 days. The further research should be needed to confirm the advantage of the compomer.