

광경화형 글래스아이오노머 시멘트의 두께 및 시간경과에 따른 경도의 변화

전남대학교 치과대학
이경진 · 오원만 · 김선현

Abstract

HARDNESS CHANGE OF LIGHT-ACTIVATED GLASS IONMER CEMENT WITH THICKNESS AND TIME

Kyoung-Jin Lee, D.D.S., Won-Mann Oh, D.D.S., M.S.D.,
Sun-Hun Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

College of Dentistry, Chonnam National University

An adequate and homogeneous cure of light-activated restroative material is very important for improvement of marginal adaptation and prevention of marginal leakage, secondary caries and pulpal irritation as well as expressing natural physical property of that material. The purpose of this study was to evaluate the change of surface hardness and cure uniformity of light-activated glass ionomer cements. Restorative(Fuji II LC, Vitremer) and lining(Base-line VLC, Vitrebond) light-activated glass ionomer cements were investigated for this study. The surface hardness of the top and bottom surfaces and cure uniformity of each 1mm, 1.5mm, 2mm, 2.5mm & 3mm in the thickness of specimen were measured immediately, at 1 hour, 24 hours and 1 week after light activation. The surface hardness change and cure uniformity of all the specimens were measured by Knoop hardness tester.

The results were as follows.

1. The surface hardness of top and bottom surfaces in all groups increased with time($p < 0.01$).
2. Both top and bottom surfaces hardness of Vitrebond group measured immediately after light-activation were significantly lower than those of the other groups($p < 0.01$).
3. The surface hardness of top and bottom surfaces of restorative light -activated glass ionomer cements was higher than those of lining materials at 1 week($p < 0.01$).
4. Surface hardness of Vitremer group decreased as the specimen thickness increased, except top and bottom surfaces hardness of the specimen at 1 week($p < 0.01$). There

was no significant difference in the surface hardness of Fuji II LC with changes in the thickness except bottom surface hardness of specimen at 24 hours and 1 week ($p>0.05$).

5. Surface hardness of Vitrebond group significantly decreased as the specimen thickness increased ($p<0.01$). There was no significant difference in the surface hardness of Baseline VLC group with changes in the thickness except bottom surface hardness of specimen measured immediately after light-activation ($p>0.05$).
6. The hardness ratio of top against bottom surface in all groups decreased with time ($p<0.05$).
7. There was no significant difference in the hardness ratio of top against bottom surface with changes of the thickness except Vitrebond group, 24 hours and 1 week of Vitremer group and 1 week of Baseline VLC group ($p>0.05$).

These results suggest that surface hardness of restorative light-activated glass ionomer cements were higher than those of lining light-activated materials. In all groups, the surface hardness and cure uniformity continuously increased with time.

I. 서 론

글래스아이오노머 시멘트는 범랑질 및 상아질 표면과의 화학적인 결합^{1,2)}, 불소유리에 의한 항우식능력³⁾, 낮은 치수 자극성^{4,5)} 및 체적 안정성⁶⁾ 등의 장점을 지니고 있어서 치경부 우식증이나 침식부위의 수복재료로서 뿐만 아니라 치면열구전색제, 구조물의 합착용, 코어용(core) 그리고 이장재(base and liner) 등 임상적으로 다양하게 사용되고 있다. 이러한 우수한 성질을 가지고 있는 반면 분말-액체형이므로 기포가 생기기 쉽고, 물리적 성질이 취약하며⁷⁾, 완전히 경화되지 않은 시멘트는 특히 수분에 민감하고⁸⁾, 건조시에 균열이 발생되기 때문에 바니쉬(vernish)나 접착제로 보호해 주어야 한다. 또한 시멘트의 경화와 숙성이 늦어 최종적인 성형과 연마를 위해서 최소한 24시간 동안 기다려야 하는 등 여러가지 단점을 지니고 있어 수복재료로서 임상사용이 제한되어 왔다⁷⁻⁹⁾.

최근 종래의 화학경화형 글래스아이오노머 시멘트의 초기경화시 습기와 건조에 민감한 문제점을 극복하고 경화시간을 단축시키며, 인성(toughness) 및 마모저항성을 증진할 목

적으로 시멘트의 액체에 HEMA(hydroxyethyl methacrylate)와 광중합 촉매제(light polymerizing catalyst)를 첨가시킨 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트가 개발되어 이장용 및 수복용으로 사용되고 있다^{10,11)}. 광경화형 이장재들은 기존의 이장재에 비해 물리화학적 성질과 결합력이 향상되었고, 불소유리로 인한 치아우식증 예방효과가 있어 광중합 복합레진, 도재인레이 및 은아말감에 의한 수복시 치수 보호재로 사용되고 있다¹²⁾.

광경화형 시멘트는 이중 경화반응을 갖는데 첫번째 경화반응은 약 470nm의 가시광선노출에 의해 개시되며 이때 경화의 활성과 개시방법은 레진과 유사하며 광경화형 글래스아이오노머 시멘트의 중합깊이는 광중합 복합레진의 중합의 심도에 영향을 주는 요소 즉, 재료의 불투명도(opacity), 재료의 두께, 재료표면으로부터 광원까지의 거리 및 광원의 강도 등의 영향을 받는다는 보고가 있다¹³⁻¹⁵⁾. 두번째 경화반응은 혼합 동안 개시되는 산-염기반응으로, 광활성 후에도 지속되어 시멘트의 성숙이 이루어진다¹¹⁾.

이장재는 보통 레진이나 아말감수복 하방에

사용하는데 특히 힘을 많이 받는 부위의 수복에서는 광경화형 재료를 2mm이상으로 두껍게 적용하도록 요구되기도 한다¹⁶⁾. 이때 아말감 응축력이나 수복물의 파절저항에 대해 저항할 수 있는 높은 강도와 탄성계수가 요구된다^{17,18)}. 만약 광선을 조사시키기 어렵다거나, 수복물이나 이장재의 두께 때문에 경화가 방해받게 되면 유지부위에서 불완전한 중합이 되어 치질과 불완전한 결합이 야기되고 물리적 성질이 낮아지게 된다. 변연접합성의 상실은 지속적인 변연미세누출, 과민성, 우식증 및 수복물의 탈락으로 연결되며, 수복물 깊은 부위까지의 적절한 중합의 실패로 인해 그 물리적 성질에도 영향을 주어 저작압이나 수복물 수복시 응축력에 취약해지게 된다^{16,19)}.

복합레진의 표면경도 변화에 대한 연구에 관하여는 많은 연구자들²⁰⁻²⁴⁾이 보고한바 있으나, 글래스아이오노머 시멘트, 특히 광경화형 시멘트의 표면경도에 관한 연구는 비교적 드물다. 본 연구는 이장용과 수복용으로 사용되는 가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트를 대상으로 하여 광경화 후 시간경과 및 두께에 따른 표면경도 및 경화균일성의 변화를 알아보고자 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1) 실험재료 및 시편제작

본 실험에서 사용된 글래스아이오노머 시멘트는 총 4종으로 모두 광경화형이며, 그중 2종은 이장용, 나머지 2종은 충전용으로 Table 1과 같다. 내경 6mm, 두께 1mm, 1.5mm, 2mm, 2.5mm 및 3mm의 금속주형을 제작하여 제조회사의 지시에 따라 재료를 혼합한 후 플라스틱 기구를 이용하여 충전하였다. 주형의 상·하 양측에는 셀룰로이드지로 덮고, 윗면에 얇은 슬라이드 글래스를 대고 압력을 가하여 여분의 재료가 흘러나오게 하였다. 가시광선 중합기(470 LITE, Dentsply Inc., U.S.A.)를 사용하여 시편의 상방에 제조회사의 지시에 따라 Vitrebond와 Baseline VLC는 30초, Fuji II LC는 20초, Vitremer는 40초씩 각각 광조사하였으며 표면의 연마나 수정은 시행하지 않았다.

2) 표면경도 및 경화균일성 측정

각 재료별로 두께에 따라 10개씩의 시편을 제작하여 광조사 후 즉시, 1시간 후, 24시간 후 및 7일 경과 후의 양 표면의 표면경도를

Table 1. Light-activated glass ionomer cements tested in this study

Materials tested	Product name	Batch No.	P/L ratio (gm/ml)	Light curing time (sec)	Manufacturer
Filling Materials	Fuji II LC	P : 070732 L : 090341	3.0 : 1	20	GC, Japan
	Vitremer	P : 319 L : 321	2.5 : 1	40	3M, U.S.A.
Lining Materials	Baseline VLC	P : 920515 L : 920519	1.3 : 1	30	Dentsply, U.S.A.
	Vitrebond	P : 4203 L : 337	1.4 : 1	30	3M, U.S.A.

P : Powder

L : Liquid

12B, Zwick GmbH, Germany)를 이용해 300g의 하중을 Knoop diamond indenter를 통해 시편에 20초 동안 가한 후 그 압흔의 길이를 filar micrometer eyepiece가 부착된 금속현미경(metallurgical microscope : Ephiplot, Nikon Co., Japan)으로 각 표면을 측정하여 다음의 식에 의해 Knoop hardness number를 산출하였다.

$$KHN = \frac{F}{0.07028 d^2}$$

KHN : Knoop hardness number

F : Test load(kg)

d : Mean value of the diagonal of the indentation(mm)

각 시편당 3회씩 경도측정을 하여 평균값을 구하였다. 시편은 37°C, 100% 상대습도의 항온조에 보관하였다.

경화균일성은 측정된 경도치를 토대로, 시편두께와 광조사 후 시간경과에 따른 아래면에 의한 윗면의 경도비(KHN_{top}/KHN_{bottom})로 표시하여 평가하였다.

3) 통계학적 분석방법

시간과 두께에 따른 각 군의 경도와 경도비 변화를 비교하기 위해 단순 회귀분석법(simple regression)을, 각 군간의 비교를 위해 Duncan 다중비교를 시행하였다.

III. 실험성적

1. 표면경도 측정

가시광선 경화형 글래스아이오노머 시멘트의 두께와 광조사 후 시간변화에 대한 표면경도는 Table 2와 같다.

1) 각 군의 시간경과 및 시편두께에 따른 표면경도 측정

가) Fuji II LC군(Table 2, Fig. 1) :

광조사 후 즉시 측정시의 윗면의 표면경도는 1mm 두께에서 12.57로 가장 높았고 3mm에서 11.65로 가장 낮았다. 윗면과 아래면 모두 두께에 따른 경도의 변화에 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

1시간 후의 경도 측정치는 광조사 후 즉시의 측정치에 비해 급격한 경도 증가가 나타났으며, 윗면과 아래면 모두 두께에 따른 경도의 변화에 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

24시간 후의 경도 측정치는 윗면의 경우 3mm에서 48.84로 가장 낮았고, 아래면에서는 두께가 증가할수록 전반적으로 경도가 감소하였는데 3mm에서 45.82로 가장 낮게 나타났다.

1주일 후에 경도 측정치는 윗면의 경우에 1mm에서 65.34로 가장 높았고, 아래면에서는 두께가 증가할수록 전반적으로 경도가 감소하였다($p<0.01$).

모두 시편에서 시간에 따라 경도가 유의하게 증가하였음을 보여주었다($p<0.01$).

나) Vitremer군(Table 2, Fig. 2) :

광조사 후 즉시 측정시의 윗면의 표면경도는 두께가 증가할수록 경도는 감소하였으나, 1mm, 1.5mm, 2mm 및 2.5mm사이에는 유의한 차이가 없었고 3mm 두께에서는 8.38로 낮게 나타났다($p<0.01$). 아래면 또한 두께가 증가할수록 경도가 감소하였는데, 2.5mm와 3mm 두께에서 각각 5.97과 4.68로 유의하게 낮게 나타났다($p<0.01$).

1시간 후의 경도 측정치는 광조사 후 즉시의 측정치에 비해 급격한 경도 증가가 나타났다. 윗면의 경우에 1mm에서는 34.91로, 3mm에서는 24.77로 두께가 증가함에 따라 경도가 감소하였으며 3mm에서 유의하게 낮았다($p<0.01$). 아래면의 경우에서도 두께가 증가함에 따라 경도가 감소하였는데, 1mm에서 31.60으로 가장 높았고 3mm에서 18.35로 유의하게 낮았으며, 1m와 1.5mm사이, 1.5mm와 2mm사이 및 2mm와 2.5mm사이에는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

24시간 후의 윗면의 경우 1mm에서 45.93으로, 3mm에서는 40.01로 두께가 증가함에 따라

Table 2. The mean hardness(KHN) of the top and bottom surfaces of various thickness of light-activated glass ionomer cements with time

Type of materials	Sample thickness	After irradiation		1 hour		24 hours		1 week	
		Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
Fuji II LC	1mm	12.57 (1.90)	9.29 (1.63)	40.04 (2.80)	37.42 (3.41)	51.28 (3.75)	49.37 (3.98)	65.34 (3.07)	63.31 (3.77)
	1.5mm	12.01 (1.78)	9.31 (1.13)	38.54 (2.00)	35.51 (2.37)	51.70 (3.33)	49.80 (2.16)	58.38 (2.39)	56.69 (2.86)
	2mm	11.96 (1.14)	9.85 (0.84)	40.59 (3.55)	36.45 (2.93)	49.56 (3.20)	46.51 (2.43)	57.70 (3.02)	55.71 (3.52)
	2.5mm	11.78 (2.28)	9.37 (1.62)	41.80 (2.99)	38.17 (3.22)	49.01 (3.77)	46.01 (3.60)	55.14 (3.71)	52.44 (2.33)
	3mm	11.65 (3.33)	8.87 (0.83)	41.67 (3.81)	38.34 (3.52)	48.84 (3.85)	45.82 (3.48)	61.77 (3.29)	59.05 (2.85)
Vitremer	1mm	12.39 (3.77)	10.12 (3.29)	34.91 (3.45)	31.60 (3.92)	45.93 (3.58)	43.54 (3.03)	50.05 (3.42)	49.24 (3.13)
	1.5mm	12.21 (1.41)	8.86 (0.93)	33.88 (3.71)	29.78 (2.34)	43.36 (3.42)	38.71 (3.65)	49.41 (3.00)	46.83 (3.71)
	2mm	11.59 (2.79)	8.52 (1.65)	32.21 (3.33)	27.23 (3.75)	42.19 (3.91)	36.75 (3.99)	50.44 (3.00)	44.61 (3.04)
	2.5mm	10.47 (2.89)	5.97* (0.92)	30.93 (3.52)	24.80 (2.75)	42.07 (3.62)	39.64 (3.83)	50.89 (3.87)	47.43 (3.62)
	3mm	8.38* (2.82)	4.68* (1.71)	24.77* (3.37)	18.35* (3.29)	40.01 (3.81)	33.21* (3.01)	51.65 (3.18)	45.01 (3.91)
Baseline VLC	1mm	10.78 (1.48)	9.21 (1.43)	18.41 (3.59)	16.08 (2.04)	19.30 (3.65)	17.26 (3.98)	20.16 (1.36)	19.13 (1.18)
	1.5mm	10.06 (0.68)	9.15 (0.93)	20.48 (3.25)	19.92 (3.72)	20.29 (2.44)	19.86 (2.20)	21.34 (2.61)	20.59 (2.09)
	2mm	10.46 (1.41)	9.25 (1.74)	18.18 (3.93)	16.78 (2.32)	18.56 (2.48)	16.88 (1.75)	21.79 (3.82)	19.08 (2.25)
	2.5mm	10.87 (1.03)	8.95 (0.92)	18.88 (3.02)	17.45 (1.31)	19.86 (2.67)	18.97 (1.10)	22.00 (3.65)	21.39 (2.23)
	3mm	10.90 (2.07)	6.21* (1.53)	17.81 (3.36)	14.26* (2.13)	19.16 (3.83)	15.47* (3.57)	19.51 (2.16)	16.33* (1.57)
Vitrebond	1mm	3.77 (0.79)	3.65 (0.58)	25.96 (3.36)	22.27 (3.26)	27.15 (3.25)	24.42 (2.31)	30.44 (3.94)	27.65 (2.96)
	1.5mm	3.20 (0.36)	3.08 (0.21)	25.25 (3.10)	23.09 (2.38)	29.75 (3.32)	27.78 (3.91)	31.55 (3.52)	28.89 (3.33)
	2mm	3.09 (0.31)	2.52 (0.30)	25.93 (3.06)	23.44 (3.04)	28.01 (1.95)	25.80 (3.94)	28.49 (3.56)	26.90 (3.92)
	2.5mm	3.05 (0.36)	0*	15.30* (3.23)	7.36* (2.23)	26.97 (3.30)	16.14* (3.82)	29.11 (3.15)	22.32* (3.25)
	3mm	2.54* (0.21)	0*	10.67* (1.85)	0*	24.34 (2.90)	6.06* (1.15)	27.12 (2.70)	11.58* (2.33)

Standard deviation are in parentheses.

* : Significantly different from the other means of thickness at the same condition at $p < 0.01$

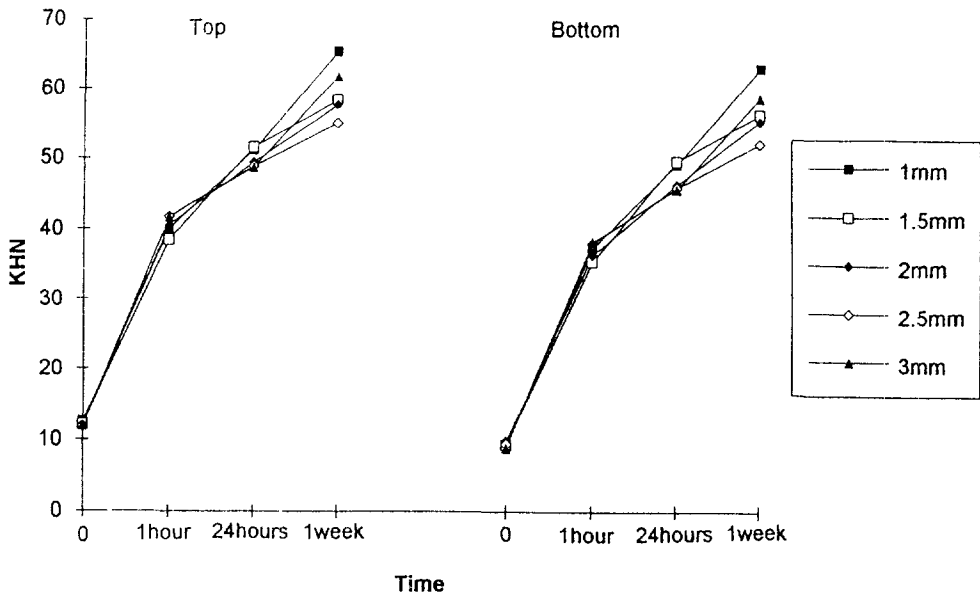


Fig. 1. The mean hardness(KHN) of the top and bottom surfaces of various thickness of Fuji II LC with time.

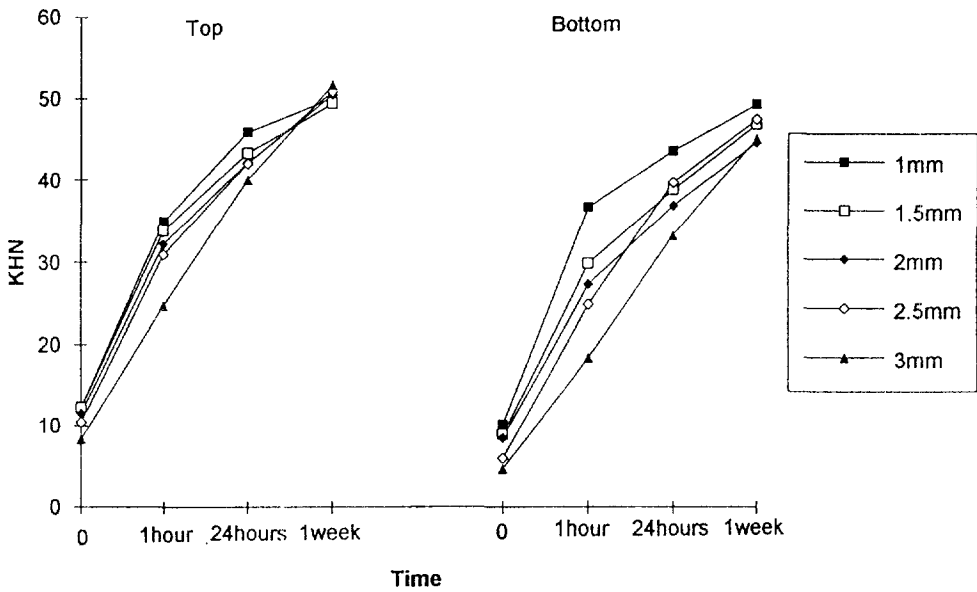


Fig. 2. The mean hardness(KHN) of the top and bottom surfaces of various thickness of Vitremer with time.

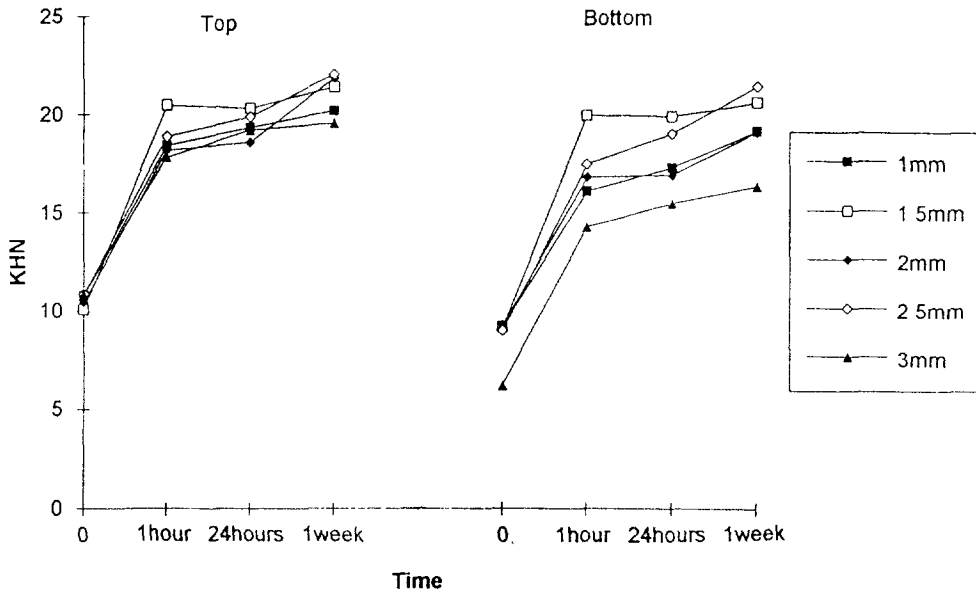


Fig. 3. The mean hardness(KHN) of the top and bottom surfaces of various thickness of Baseline VLC with time.

경도가 감소하였으나, 1.5mm이상의 두께에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). 아래면의 경우에서도 두께가 증가함에 따라 전반적으로 경도가 감소하였으며, 1mm에서 43.54로 가장 높았고 3mm에서 33.21로 유의하게 낮았는데 1.5mm, 2mm 및 2.5mm사이에는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

1주일 후에 경도 측정시, 윗면과 아래면 모두 두께에 따른 경도의 변화에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

모든 시편에서 시간이 경과함에 따라 경도가 유의하게 증가하였음을 보여주었다($p < 0.01$).

다) Baseline VLC군(Table 2, Fig. 3) :

광조사 후 즉시 측정시의 윗면의 표면경도는 두께에 따른 경도 변화에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 아래면은 두께가 증가할수록 전반적으로 경도가 감소하였는데, 1mm, 1.5mm, 2mm 및 2.5mm사이에는 유의한 차이가 없었으나, 3mm에서 6.21로 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

1시간 후의 경도측정치는 윗면의 경우, 3mm일때 17.81로 가장 낮았다. 아래면은 두께가 증가할수록 전반적으로 경도가 감소하였으며 3mm에서 14.26으로 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

24시간 후의 경도측정치는 윗면과 아래면 모두 두께에 따른 경도의 변화에 유의한 차이를 나타내지 않았다(> 0.05).

1주일후에 경도 측정시, 윗면과 아래면 모두 3mm에서 낮게 나타났으며 두께에 따른 경도의 변화에는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

모든 시편에서 시간이 경과함에 따라 경도가 유의하게 증가하였다($p < 0.01$).

라) Vitrebond군(Table 2, Fig. 4) :

광조사 후 즉시 측정시의 윗면의 표면경도는 두께가 증가할수록 감소하였는데, 1mm에서 3.77로 높게 나타났고 3mm에서 2.54로 낮게 나타났으나 1.5m, 2mm 및 2.5mm사이에는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 아래면의 경우에서도 두께가 증가함에 따라 경도가 감소하

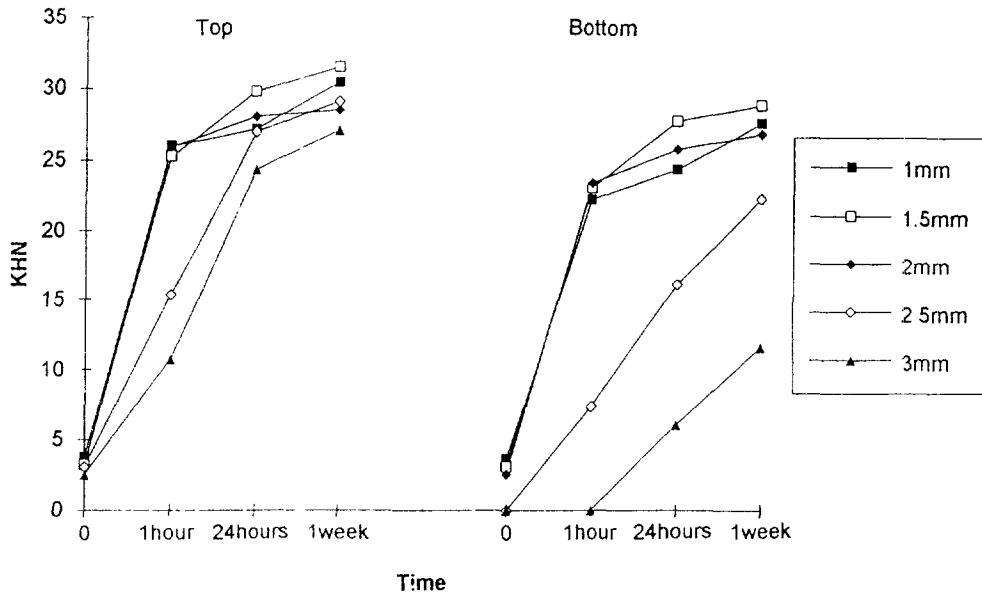


Fig. 4. The mean hardness(KHN) of the top and bottom surfaces of various thickness of Vitrebond with time.

였는데 1mm에서 3.65로 높게 나타났고 2.5mm와 3mm에서는 경화가 되지않아 측정할 수 없었다.

1시간 후의 경도측정치는 광조사 후 즉시의 측정치에 비해 급격한 경도증가가 나타났으며, 윗면의 경우에는 1mm에서는 25.96으로, 3mm에서는 10.67로 두께가 증가함에 따라 전반적으로 경도가 감소하였고 2.5mm와 3mm에서 유의하게 낮았다($p < 0.01$). 아래면의 경우에서도 두께가 증가할수록 전반적으로 경도가 감소하였는데 2.5mm와 3mm에서 낮게 나타났다. 특히 3mm에서는 압흔의 변연인 명확하지 않아 측정할 수 없었다. 24시간 후의 윗면의 경우 두께가 증가함에 따라 전반적으로 경도가 감소하여 3mm에서 24.34로 낮게 나타났다. 아래면 역시 두께가 증가할수록 전반적으로 경도가 감소하였는데, 2.5mm와 3mm두께에서 각각 16.14와 6.06으로 낮게 나타났다($p < 0.01$).

1주일 후의 경도 측정시, 윗면의 경우에 1mm에서는 30.44로, 3mm에서는 27.12로 두께가 증가할수록 전반적으로 경도가 감소하였으

며, 아래면 또한 두께가 증가할수록 전반적으로 경도가 감소하였는데 2.5mm와 3mm두께에서 각각 22.32와 11.58로 낮게 나타났다($p < 0.01$).

모든 시편에서 시간이 경과함에 따라 경도가 유의하게 증가하였다($p < 0.01$).

2) 각 군들 간의 비교

즉시 측정하였을때 윗면과 아래면의 경도는 모든 깊이에서 Fuji II LC군이 가장 높았고, Vitrebond가 다른 군에 비해 유의하게 낮은 값을 보였다($p < 0.01$).

1주일 후의 윗면과 아래면의 경도는 Fuji II LC군이 가장 높았고 이장용인 Vitrebond군과 Baseline VLC군이 수복용인 Fuji II LC군과 Vitremer군에 비해 유의하게 낮았다($p < 0.01$). 초기 측정시 가장 낮은 값을 보인 Vitrebond군은 1주일 경과 후에는 Baseline VLC군 보다 높은 값을 나타냈다(Table 3, 4).

2. 경화 균일성 측정

아래면에 대한 윗면의 경도비는 Table 5와

Table 3. Duncan's multiple range test for surface hardness variations of various type of materials measured immediately after light activation

Type of materials	Grouping*									
	1mm		1.5mm		2mm		2.5mm		3mm	
	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
Fuji II LC	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Vitremer	A	A	A	A	AB	B	A	B	B	C
Baseline VLC	B	A	B	A	B	AB	A	A	A	B
Vitrebond	C	B	C	B	C	C	B	C	B	D

* Means with the same letter are not significantly different at $p < 0.01$

Table 4. Duncan's multiple range test for surface hardness variations of various type of materials at 1 week

Type of materials	Grouping*									
	1mm		1.5mm		2mm		2.5mm		3mm	
	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
Fuji II LC	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Vitremer	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Baseline VLC	D	D	D	D	D	D	D	C	D	C
Vitrebond	C	C	C	C	C	C	C	C	C	D

* Means with the same letter are not significantly different at $p < 0.01$

Table 5. The ratio of hardness(top/bottom) of various thickness with time

Type of materials	Sample thickness	After irradiation	1 hour	24 hours	1 week
Fuji II LC	1 mm	1.35	1.07	1.04	1.03
	1.5mm	1.29	1.09	1.04	1.03
	2 mm	1.21	1.11	1.07	1.04
	2.5mm	1.26	1.10	1.07	1.05
	3 mm	1.32	1.09	1.07	1.05
Vitremer	1 mm	1.22	1.10	1.05	1.02
	1.5mm	1.38	1.14	1.12	1.06
	2 mm	1.36	1.18	1.15	1.13
	2.5mm	1.75	1.25	1.06	1.07
	3 mm	1.79	1.35	1.20	1.15
Baseline VLC	1 mm	1.17	1.14	1.12	1.05
	1.5mm	1.10	1.03	1.02	1.04
	2 mm	1.13	1.08	1.10	1.14

	2.5mm	1.21	1.08	1.05	1.03
	3 mm	1.76*	1.28	1.24	1.20*
Vitrebond	1 mm	1.03	1.17	1.11	1.10
	1.5mm	1.04	1.09	1.07	1.09
	2 mm	1.28	1.11	1.09	1.06
	2.5mm	∞*#	2.08*	1.67*	1.30*
	3 mm	∞*#	∞*#	4.02*	2.34*

* : $p < 0.05$

: could not be measured

같다. 경도비율(윗면/아래면)은 모든 군에서 시간에 따라 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 두께에 따른 아래면에 대한 윗면의 경도비의 변화는 광조사 후 즉시와 1시간 후 측정시의 Vitremer군, 광조사 후 즉시와 1주일 후의 Baseline VLC군, 그리고 Vitrebond의 모든 군에서 두께가 증가함에 따라 유의하게 증가하였다($p < 0.05$).

IV. 총괄 및 고찰

광경화형 수복물에서 표면경도는 경화정도를 측정하는 가장 보편적인 방법으로 마모저항등과도 관련되어 여러 물리적 성질을 반영한다^{20, 25, 26}. 표면경도의 측정은 분액비, 초기 광조사 시간, 보관조건 및 보관시간에 따라 영향을 받게되며 일반적으로 높은 경도수치는 더욱 광범위한 경화정도를 나타낸다²⁶.

재료의 경화정도에 대한 평가 방법으로 표면경도 측정법²⁰, scraping법^{14, 27}, color dye indicator법²⁸ optical법^{29, 30} 등이 보고되고 있다. De Wald와 Ferracane³¹는 중합두께를 평가하는 방법을 비교한 결과, optical법과 scraping법은 중합두께를 과대평가하는 경향이 있다고 하였고 Leung등²¹은 scraping법과 표면경도 측정법 및 optical법을 비교한 결과, scraping법과 optical법은 경도측정에 의해 얻어진 값보다 중합두께의 값이 더 크게 나타났다고 보고한 바 있다. 표면경도 측정법은 광경화형 복합레진의 중합두께를 간접적으로 평가하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있다^{13, 19-21, 31}.

Yang과 Chan³²은 경화개시 1시간과 24시간

후에 표면처리에 따른 5가지 이장용 시멘트의 경도를 조사한 결과, 표면처리에 관계없이 24시간 후에 경도가 증가하였음을 보고하였다. Burke등¹⁰은 3종류의 광경화형 글래스아이오노머 시멘트의 중합깊이를 중합 직후와 12시간 후에 측정했을 때 12시간 후에 모두 증가하였고 30초 조사시 보다 60초 조사시에 증가하였다고 하였다. Bourke등¹¹은 2종류의 이장용 글래스아이오노머 시멘트를 0.5mm, 1mm, 1.5mm 및 2.0mm두께의 시편으로 윗면과 아래면의 표면 경도를 혼합 후 3분, 10분, 15분, 30분, 1시간, 4시간, 1일 및 7일 경과 후 측정한 결과, 시간에 따라 경도가 증가하였고 1시간 후에 급격히 증가하는 양상을 보였다고 하였다. Murchison과 Moore¹⁶은 8가지 광경화형 이장용 시멘트에서 20초, 40초 및 60초 광조사시 경도를 비교했을 때 40초 이상에서 유의한 경도증가가 없음을 보고하였다. 광중합 복합레진에서 경도의 증가는 주로 10분에 일어나고 24시간까지 느리게 증가가 계속되는 양상을 보였다고 하였는데^{33, 34}, 본 연구에서는 윗면과 아래면의 표면경도가 1시간 후에 급격히 증가한 후 서서히 지속적으로 증가하는 양상을 보였으며, 이것은 Bourke등¹¹의 연구결과와 일치하였다. 이는 광경화반응이 첫 1시간 이내의 경도의 급격한 증가를 유발하지만, 그 후 효과가 감소되기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구에서 Vitrebond군은 다른 세 군에 비해 초기경도가 유의하게 낮았는데 특히 2.5mm와 3mm의 아래면은 초기에 경화가 되지 않았고, 3mm에서 1시간 후의 아래면은 경화는 되었으나 압흔(indentation)의 변연이 명확하지

않아 측정이 불가능하였다. 이는 Vitrebond군의 중합깊이가 2.5mm보다 적다는 것을 의미한다. 그러나 1시간, 24시간 그리고 1주일 후에 경도가 증가하여 1주일 후의 경도는 Baseline VLC군 보다 더 높은 결과를 나타내었다. 이러한 지속적인 물리적 성질의 개선은 교차결합과 글래스폴리아알케노이트 형태의 산-염기 경화반응이 지속적으로 증가하기 때문으로 볼 수 있다³³⁾. 윗면과 아래면의 경도는 시간이 경과함에 따라 유의하게 증가하였으나($p < 0.01$) 윗면과 아래면의 경도가 항상 같은 비율로 증가하지는 않았고, 전반적으로 수복용 글래스아이오노머 시멘트가 이장용에 비해 우수한 결과를 나타내었다.

시편의 두께에 의한 경도차이는 시편의 두께가 광경화반응에 어떠한 영향을 미치는지 보여주는데, 이는 시편의 아래면에서 현저했다. 수복용 글래스아이오노머 시멘트인 Vitremer군은 1주일 후의 윗면과 아래면을 제외하고 두께가 증가함에 따라 경도가 유의하게 감소하였고, Fuji II LC군에서는 24시간과 1주일 후의 아래면을 제외하고 두께에 따른 경도변화에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 이장용인 Vitrebond군은 모두 두께가 증가함에 따라 경도가 유의하게 감소하였고, Baseline VLC군에서는 광조사후 즉시 측정시와 1시간 후의 아래면을 제외하고는 두께에 따른 경도변화에 통계학적으로 유의한 차가 없었다($p > 0.05$). 글래스아이오노머 시멘트의 종류에 따라 약간의 차이는 있었지만, 1mm에서 2mm까지의 깊이에서는 광원의 통과가 심각하게 약화되지 않았고, 2.5mm와 3mm에서는 광원의 통과가 장애를 받았음을 보여주었다. 시편의 윗면에 비해 아래면의 경화시 약간의 지연이 나타나는데 이는 광중합 복합레진의 경화반응과 유사하였다³⁴⁾.

경화의 균일성을 평가하기 위한 아래면에 대한 윗면의 경도비(윗면/아래면)는 시간이 경과함에 따라 유의하게 감소되어 그 값이 1에 근접함을 알 수 있었다. 특히 3mm의 Vitrebond는 아래면에 대한 윗면의 초기 비율이 무한대이었다가 시간이 경과하면서 점차 감소하는

양상을 보였는데, 이것은 아래면의 경화가 전적으로 화학적인 경화방법에 의해 이루어짐을 의미한다. 이상의 결과로 표면경도는 경화의 정도를 평가하는 방법으로 유용하나, 시편의 정확한 경화두께와 정도를 측정하기 위해서는 여러가지 방법이 함께 사용되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서 수복용 시멘트가 이장용에 비해 경도가 더 우수했기 때문에 그 자체만을 볼 때 수복용 시멘트가 더 우수한 임상적 결과를 얻을 수 있을 것으로 추측되나, 다른 여러 물리적인 성질에 대한 비교연구도 지속적으로 검토되어야 할 것으로 사료된다. 즉, 본 실험은 외부요소를 배제한 채 두께와 시간에 따른 경도변화를 관찰한 것으로 실제 임상에서는 구강내의 복잡한 여러 요소에 의해 더욱 큰 경도변화가 초래될 것으로 생각되며 이에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

수복용 광경화형 글래스아이오노머 시멘트인 Fuji II LC, Vitremer와 이장용 광경화형 글래스아이오노머 시멘트인 Baseline VLC, Vitrebond를 1mm, 1.5mm, 2.0mm, 2.5mm 및 3.0mm의 두께로 시편을 제작하여 광조사 후 즉시, 1시간, 24시간 및 1주일 후에 Knoop hardness tester로 시편의 윗면과 아래면의 표면경도를 측정하고 경화의 균일성을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 군에서 윗면과 아래면의 표면경도는 광조사 후 시간이 경과할수록 증가하였다 ($p < 0.01$).
2. 광조사 후의 초기 표면경도는 윗면과 아래면 모두에서 Vitrebond가 다른 군보다 유의하게 낮았다($p < 0.01$).
3. 광조사 1주일 후의 표면경도는 윗면과 아래면 모두에서 수복용 글래스 아이오노머 시멘트가 이장용에 비해 유의하게 높았다 ($p < 0.01$).
4. Vitremer군에서는 1주일 후의 윗면과 아래

면을 제외하고는 두께가 증가함에 따라 경도가 유의하게 감소하였다($p < 0.01$). Fuji II LC군에서는 24시간과 1주일 후의 아래면을 제외하고는 두께에 따른 경도변화에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).

5. Vitrebond군에서는 두께가 증가함에 따라 유의하게 경도가 감소하였다($p < 0.01$). Baseline VLC군은 광조사 후 즉시 측정시와 1시간 후의 아래면을 제외하고는 두께에 따른 경도변화에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).
6. 모든 군에선 아래면에 대한 윗면의 경도비는 시간이 경과함에 따라 점차 감소하였다($p > 0.05$).
7. 두께에 따른 아래면에 대한 윗면의 경도비 변화는 Vitrebond군, 24시간과 1주일후의 Vitremer군, 광조사 후 즉시와 1주일 후 측정시의 Baseline VLC군을 제외하고는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p < 0.05$).

이상의 결과로 광경화형 수복용 글래스아이오노모 시멘트가 이장용 글래스아이오노모 시멘트에 비해 전반적으로 경도가 높았으며, 모든 군에서 시간의 경과에 따라 표면경도 및 경화 균일성이 증가함을 시사하였다.

참고문헌

1. Lacefield WR, Reindl MC, Retief DH : Tensile bond strength of a glass-ionomer cement. J Prosthet Dent 53 : 194-198, 1985.
2. Katsuyama S, Ishikawa T, Fujii B : Glass ionomer dental cement - The materials and their clinical use. St. Louis, Ishiyaku EuroAmerica Inc, 1993, pp47-52.
3. Swartz ML, Phillips RW, Clark HE : Long-term F release from glass ionomer cements. J Dent Res 63 : 158-160, 1984.
4. Wilson AD, McLean JW : Glass-ionomer cement. Chicago, Quintessence publishing Co Inc, 1988, pp125-126.
5. Felton DA, Cox CF, Odom M, Kanoy BE : Pulpal response to chemically cured and experimental ligh-cured glass ionmer cavity liners. J Prosthet Dent 65 : 704-712, 1991.
6. Wilson AD, McLean JW : Glass-ionomer cement. Chicago, Quintessence Publishing Co Inc, 1988, pp63.
7. McLean JW : Glass-ionomer cement. Br Dent J 164 : 293-300, 1988.
8. Ngo H, Earl, Mount GJ : Glass-ionomer cements : A 12-month evaluation. J Prosthet Dent 55 : 203-205, 1986.
9. Reinhardt JW, Swift EJ, Bolden AJ : A national survey on the use of glass ionomer cements. Oper Dent 18 : 56-60, 1993.
10. Burke FM, Hamlin PD, Lynch EJ : Depth of cure of light-cured glass ionomer cements. Quintessence Int 21 : 977-981, 1990.
11. Bourke AM, Walls AW, McCabe JF : Light activated glass polyalkenoate (ionomer) cements : The setting reaction. J Dent 20 : 115-120, 1992.
12. Croll TP : Light-hardened class I glass ionomer - resin cement restoration of a permanent molar. Quintessence Int 24 : 109-113, 1993.
13. Swartz ML, Phillips RW, Rhodes B : Visible light-activated resinsdepth of cure. J Am Dent Assoc 106 : 634-637, 1983.
14. Yearn JA : Factors affecting cure of visible lgith acivated composites. Int Dent J 35 : 218-225, 1985.
15. Watts DS, Amer O, Combe EC : Characteristics of visible light activated composite systems. Brit Dent J 156 : 209-215, 1984.

16. Murchison DF, Moore BK : Influence of curing time and distance on microhardness of eight light cured liners. *Oper Dent* 17 : 135-141, 1992.
17. Farah JW, Hood JAA, Craig RG : Effects of cement bases on the stresses in amalgam restorations. *J Dent Res* 54 : 10-15, 1975.
18. Tam LE, Pulver E, McComb D, Smith DC : Physical properties of calcium hydroxide and glass ionomer base and lining materials. *Dent Mat* 5 : 145-149, 1989.
19. Atmadja G, Bryant RW : Some factors influencing the depth of cure of visible light-activated composite resins. *Aust Dent J* 35 : 213-218, 1990.
20. Cook WD : Factors affecting the depth of cure of ultraviolet polymerized composites. *J Dent Res* 59 : 800-808, 1980.
21. Leung RL, Kahn RL, Fan PL : Comparison of depth of polymerization evaluation methods for photo-activated composites. *J Dent Res* 63 : 392, Abst No 1095, 1984.
22. Ferracane JL : Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mat* 1 : 11-14, 1985.
23. Tirtha R, Fan PL, Dennison JB, Powers JM : In vitro depth of cure of photo-activated composites. *J Dent Res* 61 : 1184-1187, 1982.
24. Skeeters TM, Timmons JH, Mitchell RJ : Curing depth of visible-light cured composite resin. *J Dent Res* 62 : 219, Abst No 448(AADR), 1983.
25. Simonsen RJ, Kanca J : Surface hardness of posterior composite resins using supplemental polymerization after simulated occlusal adjustment. *Quintessence Int* 17 : 631-633, 1986.
26. 강승훈, 민병순 : 보관조건과 열처리에 따른 복합레진의 표면경도에 관한 연구. *대한치과 보존학회지* 19(1) : 194-203, 1994.
27. Øysæd H, Ruyter IE : Composites for use in posterior teeth : Mechanical properties tested under dry and wet conditions. *J Biomed Mater Res* 20 : 261-271, 1986.
28. Sijbrant HJ, Harder F, De gee AJ, Davidson CL : An investigation into the curing of light initiated composites with a color dye indicator. *J Dent Res* 62 : 451, Abst No 20, 1983.
29. Murray GA, Yates JL, Newman SM : Ultraviolet light and ultraviolet light-activated composite resins. *J Prosthet Dent* 46 : 167-170, 1981.
30. Newman SM, Murray GA, Yates JL : Visible lights and visible light activated composite resins. *J Prosthet Dent* 50 : 31-35, 1983.
31. Dewald JP, Ferracane JL : A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res* 66 : 727-730, 1987.
32. Yang YK, Chan KC : Effect of varnishes on surface microhardness of basing materials. *J Esthet Dent* 3 : 103-105, 1991.
33. Hansen EK : After-polymerization of visible light activated resins : surface hardness vs. light source. *Scand J Dent Res* 91 : 406-410, 1983.
34. Leung RL, Fan PL, Johnston WM : Postirradiation polymerization of visible light-activated composite resin. *J Dent Res* 62 : 363-365, 1983.