대한치과보존학회지 : Vol. 18, No. 1, 1993

Glass ionomer cement 표면의 산부식 효과에 관한 연구

경희대학교 치과대학 보존학교실

한승원 · 박상진 · 민병순 · 최호영 · 최기운

목 차

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 실험재료 및 방법
Ⅲ. 실험성적
Ⅳ. 총괄 및 고안
Ⅴ. 결 론
참고 문헌
사진 부도
영문 초록

Ⅰ. 서 론

1972년 Wilson과 Kent[1]에 의해 소개된 glass ionomer cement는 종래에 사용되던 silicate cement의 단점을 보완하기 위하여 개발되었으며, 지속적으로 불소이온을 방출하여 법랑질의 용해성을 감소시켜 치아 우식증을 억제하며[2-6] 치수와 치은에 대한 자극이 경미하고[7-12] 법랑질과 상아질 모두에 접착효과가 높아[13-15] 기계적인 유지형태를 형성하지 않고도 결합이 가능하여[16] 미세변연누출을 감소[17,18]시킬 수 있는 장점을 지니고 있다.

그러나 glass ionomer cement는 연마 후 임상 결과가 불량하게 된다. 즉, 표면활택도[19]와 투명도[20]가 레진수복물에 비하여 부족하며, 마모저항성이 낮다[21].

McLean과 Wilson[22]이 glass ionomer cement의 장점만을 취하여 경도, 마모저항성, 활택한 표면 및 심미성등[23]을 향상시켜 와동 수복술을 소개한 후 'double-laminated' 또는 'sandwich' technique으로도 glass ionomer cement를 사용하게 되었다. 즉, 'sandwich' technique은 glass ionomer cement 표면에 산부식방법을 이용하여 레진의 미세한 기계적 유지력을 증가시켜 수복하는 방법으로[24] cement 표면의 기질이 용해되고 분말입자가 돌출되어 요철면을 형성하여 이부위에 레진 bonding agent가 침투, 중합시켜 retentive tags가 형성되어 cement와 상방의 복합레진의 결합을 유도할 수 있는 방법이다.

그러나 산부식 방법은 glass ionomer cement가 화학적으로 반응성이 가장 강한 시기에 실시하게 되어 물성이 저하된다[25-29].

glass ionomer cement는 분말과 용액을 혼합하면 aluminosilicate glass와 수용성 polyacrylic acid 사이의 반응시 수용성 이온인 calcium이온이 먼저 유리되어 초기수분이내에 polyacrylic acid와 반응하기 시작하여 calcium polyacrylate가 3시간 이내에 결합, 형성되고 이후에 aluminum이온이 상온에서 1시간 후 반응을 시작하여 24-48시간동안 반응하여 gel matrix를 성숙시킨다고 보고된 바 있다[28].

초기 수분이내의 시기에 cement의 gel화는 수분오염에 매우 민감하여 충전 직후 수분에 오염되면 cement를 형성하는 calcium과 aluminum이온이 용출되어 cement의 강도가 감소된다[29].

Taggart와 Pearson[30]은 glass ionomer cement의 분말과 액을 혼합직후 및 24시간 후에 각각 10초 내지 60초동안 산부식시켜 표면구조를 주사전자현미경으로 관찰하고 4점 굴곡강도를 측정한 결과, 혼합 직후 산부식 시킨 경우에는 산부식 시간이 증가할수록 표면이 심하게 파괴된 양상을 나타내었고 10초이상 산부식 시킨 경우 시편의 굴곡강도가 현저히 감소되었으며, 24시간 경과후 산부식 시킨 경우에는 표면의 분말입자의 소실로 인한 파괴양상은 감소되었으나 10초간 산부식할 경우 분말입가가 탈락하지 않고 콤포짓드레진충전에 적절한 표면양상을 나타내었다고 보고하였다.

따라서 기계적 유지력을 증가시킬 수 있는 표면을 형성하기에 충분한 정도의 기질부를 제거하면서도 cement의 강도는 유지할 수 있는 적절한 산부식 시기와 부식시간을 규명하는 것이 glass ionomer cement에 복합레진을 결합시켜 임상에서 사용할 때 고려해야 할 사항이다[31].

적절한 etching시간에 대하여 Smith[32]는 glass ionomer cement 혼합 후 30초간 산부식 시간으로도 cement의 기질부위가 깊게 용해되었고 몇몇 glasss입자들은 소실되었음을 보고하여 산부식 시간을 30초 미만으로 하여 ionomer cement 표면이 붕괴되지 않도록 주의해야 한다고 주장하였다.

glass ionomer cement와 복합레진을 이용한 sandwich technique에서 수복의 성패를 결정하는 또다른 요인으로 cement의 자체 강도와 경화속도를 들 수 있다. 상아질 경계부나 복합레진과의 경계부에서의 cement의 강도와 경화성숙도가 결합강도에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. Sneed와 Looper[33]는 Ketac-fil®의 표면을 60초 산부식 시켜 복합레진을 수복한 후 전단결합강도를 측정한 결과 모든 시편이 glass ionomer cement자체내에서 파괴되어 glass ionomer cement의 응집강도보다 두 재료 사이의 전단결합강도가 훨씬 큰 것을 알 수 있다고 보고하였고, Meyers등[34]도 cement 표면을 15초간 산부식하고 상아질 결합제를 사용하여 복합레진을 충전한 경우에 전단결합강도가 가장 크게 나타났으며 파괴는 모두 cement 내부에서만 일어났다고 보고한 바 있다. Hinoura등[35]도 cement 자체의 간접 인장강도가 강한 경우 cement와 복합레진간의 결합강도도 높은 것으로 나타났으며 접착실패는 주로 cement 내부에서 발생되었다고 보고함으로써 glass ionomer cement의 자체강도가 glass ionomer cement에 대한 복합레진의 결합강도에 영향을 미친다고 보고한 바 있다.

경화속도가 다소 완만한 충전용 glass ionomer cement의 경우 자체 강도는 크지만 완전경화전에 산부식시킬 경우 산부식제의 산도 및 산의 종류와 수세과정에서 사용된 수분에 의해 이온이 제거되어 염(salts)을 형성하지 못하여 자체강도가 약화될 수 있다. 반면에, 급속경화형 이장용 cement의 경우 2-5분이내에 산부식이 가능하지만 급속경화를 위해 glass 성분중 alumina 함량을 증가시킴으로 인하여 투명도가 매우 낮아 심미성이 저하될 수 있고 굴곡강도, 인장강도 등 자체강도가 감소되는 단점을 지니고 있다[31].

제II형 glass ionomer cement중 무기질을 첨가하여 물성강화를 도모한 금속강화형이 개발되어[36,37] core용이나 교합력을 받는 부위에서 sandwich technique의 이장용으로 사용되고 있다. Hinoura등[38]은 sandwich technique을 임상에 이용할 경우 바람직한 임상결과를 위해서는 ionomer cement와 복합레진의 선택이 중요하다고 강조하면서 결합시 파괴는 glass ionomer cement 내부에서 일어났으며 금속강화형 glass ionomer cement에서 가장 높은 결합강도를 나타내었고 심미충전용, 이장용의 순으로 결합강도의 크기를 나타냈다고 보고한 바 있다.

최근 종래의 자가 중합형 glass ionomer cement의 경화초기 습기와 건조에 민감한 문제점을 극복하고 경화시간을 단축시키며 인성

및 마모저항성을 증진할 목적으로 광중합레진을 혼합시킨 광중합형 glass ionomer cement가 개발되어[39] 이장용 및 충전용으로 이용되고 있다.

이상과 같은 연구보고에서 cement의 종류 및 표면처리 여부에 따른 표면양상과 파괴 저항성등에 따라 최종임상결과가 달라짐을 알 수 있어 저자는 이를 구명하고자 종래의 화학중합형 glass ionomer cement와 광중합형 glass ionomer cement등을 이용하여 산부식 시간을 달리하여 그 효과를 비교하였고 산부식 시기를 분말과액 혼합 5분 후 etching한 경우와 1시간 경과 후 및 1일 경과후에 산부식을 실시한 경우로 나누어 cement의 표면양상과 파단면 양상 및 glass ionomer cement의 파괴인성에 미치는 영향을 비교 평가하여 다소 의의있는 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 glass ionomer cement는 화학중합형과 광중합형 중 충전용 2종류, 이장용 2종류, 및 core용 1종류등 모두 5종의 glass ionomer cement를 사용하였으며, 각 종류별 glass ionomer cement는 Table 1.과 같다.

2. 실험방법

(1) 파괴인성치 측정

1) 시편제작

ASTM E399[40]의 규격에 따라 길이 30 mm, 폭 5 mm, 두께 2.5 mm의 직사각형기둥 형태로 폭의 중앙에 2.5 mm 깊이의 홈이 형성된 single edge notch(SEN)형의 3점 굴곡시편제작용 금속원형을 제작한 뒤, 이를 파괴인성 측정용 시편 제작 몰드로 사용하였다.

유리판 위에 몰드를 위치시킨 후, glass ionomer cement의 액과 분말을 혼화하여 몰드에 주입하고, 1 mm 두께의 유리판을 수지압으로 눌러 시편의 상면이 평탄하도록 한 상태에서 경화시켰다.

시편제작시 5종의 glass ionomer cement 분말과 액의 혼합방법은 다음과 같다. 충전용 화학중합형인 FC는 분말과 액비를 2.7 : 1.0의 중량비로 하였고, 혼합시 분말을 두부분으로 나누어 처음 10초동안 한부분으로 혼합하고 나머지 분말을 첨가하여 20초동안 추가혼합하여

Table 1. Kinds of uses of glass ionomer cements

Kinds of uses	Cure method	Product name	Code	Batch No	Manufacturer
Filling	C*	Fuji II	FC	P 911011B L 911011A	GC Dent. Inter. Co., Japan
	L**	Fuji II LC	FL	P 130223 L 250221	GC Dent. Inter. Co., Japan
Lining	C	Lining Cement	LC	P 030381 L 080281	GC Dent. Inter. Co., Japan
	L	Fuji Lining LC	LL	P 270212 L 250211	GC Dent. Inter. Co., Japan
Core	C	Miracle Mix	MM	P 190222 L 250221	GC Dent. Inter., Co., Japan

C* – Chemical curing

L** – Light curing

총 혼합시간이 30초가 되도록 하였으며, 충전용 광중합형인 FL은 분말과 액의 비율을 3.0 : 1.0으로 하였고, 역시 두부분으로 나누어 처음에는 10초 내지 15초 동안 혼합하였고, 나머지 분말을 첨가하여 전체 혼합시간이 25초를 넘지 않도록 혼합하였다. 이장용 화학중합형인 LC는 분말과 액비를 1.2 : 1.0으로 하고 분말은 두부분으로 나누어 15초씩 혼합하여 총혼합시간이 30초가 되도록 하였다. 이장용 광중합형인 LL은 분말과 액 비가 1.4 : 1.0이 되도록 하여 두부분으로 나눈 분말 중 처음것을 액에 넣어 5초 내지 10초동안 혼합한 후 나머지 분말을 첨가하고 혼합하여 총혼합시간이 10초 내지 15초가 되도록 하였다. 금속강화형 core용인 MM은 분말과 액비를 3.2 : 1.0으로 하고 분말을 두부분으로 나누어 10초씩 혼합하였다.

광중합형인 FL과 LL시편의 제작시에는 시편의 상면을 5부분으로 등분하여 각 부분당 30초씩 광조사하였으며, 시편을 뒤집어 시편의 하면에도 동일한 방법으로 광조사하였다.

예비실험 결과 glass ionomer cement시편의 균열형성은 경화초기 10분동안에 주로 관찰되었기 때문에 시편의 탈수와 흡수에 의한 균열의 형성방지를 위하여 10분동안 몰드내에서 경화시켰다. 시편을 몰드에서 제거한 후 바세린으로 방습하고 실험군에 따라 5분 경과후 산부식한 실험군의 경우는 5분간, 1시간 경과후 산부식한 실험군은 1시간 동안 그리고 1일 경과후 산부식한 실험군은 1일간 37°C, 100% 습도 조건에 보관하였다.

2) 대조군 및 실험군의 분류

5종의 glass ionomer cement, 즉 Lining Cement(LC), Fuji Lining LC(LL), Miracle Mix(MM), Fuji II(FC), Fuji IILC(FL)를 상기 시편 제작방법에 따라 cement 종류별 70개씩 총 350개의 시편을 제작하였다. 대조군은 cement 종류별 70개의 시편중 7개를 표면 부식을 하지 않고 파괴인성을 측정하여 대조군으로 정하였고, 실험군은 종류별 나머지 63개의 시편을 다시 시편제작직후 5분, 1시간 및 1일 경과후 부식하여 경과시간별 각각 21개의 시편이 포함되도록 하였으며 부식시간(30, 60 및 90초)에 따라 다시 21개의 시편중 7개씩을 배정하여 30초, 60초 및 90초간 부식하였다.

3) 산부식(etching)

시편의 산부식은 37% 인산(Clearfil F-II, Kuraray Co., Japan)을 이용하였으며, 대조군은 산부식을 하지 않았고, 실험군은 시편제작후 경과시간별로 각각 30초, 60초, 그리고 90초동안 산부식하였다. 산부식후 시편이 파괴되지 않도록 조심스럽게 40초 동안 수세하여 15초간 건조시켰다. 건조후 시편표면에 바세린을 도포한 후 37°C, 100% 습도 조건에 일주일간 보관하였다.

4) 파괴인성치 측정

350개의 파괴인성치 측정용 시편은 일주일 경과후 시편에 도포되어 있는 바세린을 제거하고, 3점 굴곡시험을 위해 제작된 양단거리 20 mm의 지그(jig) 중앙에 시편의 중앙이 위치하도록 시편을 올려놓고 압축인장시험기(Instron, 1122, USA)에서 0.5 mm/min의 속도로 시편이 파단될때까지의 파괴강도를 측정하고 응력-시간 곡선을 얻기 위해 60 mm/min의 chart speed로 penrecorder(Electronic Polyrecorder EPR-10B, TOA Electronics Ltd., Japan)에 응력의 변화를 기록하였다[40].

시편 파단 후 각 시편의 두께(B), 폭(W), notch 길이(a)를 측정하여 다음 식(1)에 따라 응력확대계수(K_Q)를 산출하였다[40].

$$K_Q = \frac{P_Q \cdot S}{B \cdot W^{3/2}} \cdot f(a/W) \qquad (1)$$

$$f(a/W) = \frac{3(a/W)^{1/2}[1.99-(a/W)(1-a/W)(2.15-3.93a/W+2.7a^2/W^2)]}{2(1+2a/W)(1-a/W)^{3/2}}$$

P_Q : peak load of failure(N)

각 시편에서 이미 측정한 두께(B)와 notch의 길이(a)에 따라 다음 식(2)를 만족할 경우, 산출된 응력확대계수(K_Q)를 평면상태에서의 임계응력 확대계수(K_{IC}), 즉 파괴인성치로 하였다.

$$B,\ a \geqq 2.5 \left(\frac{K_Q}{\sigma y}\right)^2 \qquad (2)$$

σy yield stress(MPa)

(2) 주사전자 현미경 관찰

1) 부식표면 관찰용 시편제작

부식표면을 관찰하기 위한 전자현미경 관찰용 시편은 내경 4 mm, 높이 1 mm의 고무몰드를 유리판위에 위치시킨 후 5종의 glass ionomer cement를 상기의 혼합방법에 준하여 혼합한 뒤 고무몰드에 주입하여 cement 종류별 13개씩 총 65개의 시편을 제작하였고, 시편 상면에 유리판을 대고 누른후 경화시켰다. 이때 광중합형 glass ionomer cement 경우에는 상하 각면당 30초씩 광조사하여 시편당 총 60초간 광조사하여 중합하였다.

2) 대조군 및 실험군의 분류

5종의 glass ionomer cement 종류별 13개씩 시편중 종류별 1개의 시편은 산부식하지 않고 전자현미경으로 관찰하여 대조군으로 정하였고 실험군은 종류별 12개씩 총 60개의 시편중 20개의 시편은 분말과 액의 혼합 5분 경과후 각각 15초, 30초, 60초, 90초 동안 산부식하였고, 20개의 시편은 1시간 경과후 각각 15초, 30초, 60초, 90초 동안 부식하였다. 나머지 20개의 시편은 37°C 100% 습도 조건에서 1일 경과후 각각 15초, 30초, 60초, 그리고 90초간 부식시켜 대조군 5개, 실험군 60개 총 65개의 시편을 준비하였다.

3) 파단면 관찰용 시편

notch부위의 경계부를 포함하여 파단된, 파괴인성측정이 완료된 시편 즉, 대조군에서 각 재료별 1개씩 5개, 실험군에서 5종 cement 종류별 cement 혼합 후 경과시간 및 부식시간에 따라 1개씩 45개를 합하여 모두 50개의 시편의 파단면을 관찰하였다.

4) 전자현미경 관찰

부식표면 관찰용 65개 시편, 그리고 파단면 관찰용 50개 시편 등 모두 115개의 시편을 임계점 온도 건조기(Critical point dryer, Model HCP-2, Hitachi Co., Japan)로 건조시켰으며, 금증착(Eiko ion coater, Eiko Engineering Co., Japan)후 주사전자현미경(S-2300, Hitachi Co., Japan)에 의한 가속전압 20 kv의 전자빔으로 표면을 관찰하여 5종류의 glass ionomer cement간의 부식조건에 따른 부식양상과 파괴양상을 비교 관찰하였다.

III. 실험성적

1. 파괴인성 측정결과

본 연구에서 측정된 5종의 glass ionomer cement를 산부식하지 않은 경우(대조군)와 부식전 경과시간을 달리하고 부식시간을 달리하여 부식한 경우(실험군)의 파괴인성 측정 결과는 Table 2와 같다.

① 충전용 화학중합형(FC)

Table 2 및 Fig. 1과 같이 충전용 화학중합형인 FC에서는 부식을 하지 않은 대조군에서 0.51 $MNm^{-1.5}$이었으나 30초간 부식시 0.39 $MNm^{-1.5}$, 60초간 부식시 0.36 $MNm^{-1.5}$으로 파괴인성치가 감소되었으나 90초간 부식시는 0.47 $MNm^{-1.5}$로 다소 증가하였다. 그러나 1시간 경과후에 부식시킨 경우 대조군에서 0.51 $MNm^{-1.5}$, 30초간 부식시 0.50 $MNm^{-1.5}$와 60초간 부식시 0.49 $MNm^{-1.5}$ 그리고 90초간 부

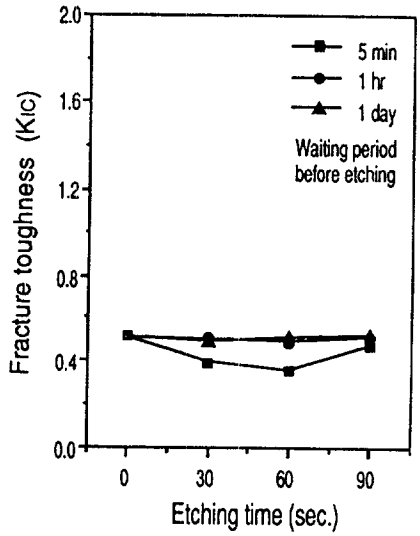
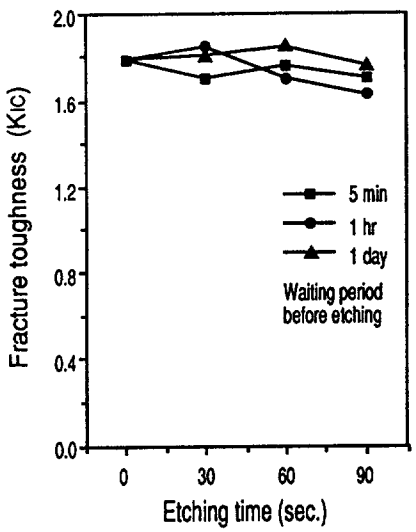


Fig. 1. Changes of fracture toughness of chemical curing glass ionomer cement for filling (FC) by the various combinations of waiting periods before etching and etching times

Table 2. Fracture toughness (K_{IC}) of glass ionomer cements used in this experiment

Codes of Materials	Etching Time (sec)	Waiting period prior to acid etching		
		5 mins	1 hour	1 day
FC	0		0.51 (0.18)	
	30	0.39 (0.14)	0.50 (0.10)	0.49 (0.10)
	60	0.36 (0.10)	0.49 (0.08)	0.51 (0.10)
	90	0.47 (0.17)	0.51 (0.07)	0.52 (0.11)
FL	0		1.79 (0.39)	
	30	1.70 (0.34)	1.86 (0.26)	1.80 (0.33)
	60	1.76 (0.33)	1.71 (0.35)	1.86 (0.44)
	90	1.71 (0.54)	1.63 (0.14)	1.76 (0.58)
LC	0		0.40 (0.10)	
	30	0.28 (0.06)	0.39 (0.12)	0.38 (0.15)
	60	0.27 (0.08)	0.40 (0.16)	0.39 (0.11)
	90	0.32 (0.04)	0.34 (0.14)	0.39 (0.13)
LL	0		1.04 (0.47)	
	30	0.89 (0.11)	0.99 (0.52)	0.99 (0.31)
	60	0.89 (0.15)	0.88 (0.12)	0.94 (0.42)
	90	0.80 (0.21)	0.83 (0.20)	0.90 (0.09)
MM	0		0.65 (0.19)	
	30	0.59 (0.08)	0.71 (0.12)	0.72 (0.18)
	60	0.57 (0.10)	0.64 (0.17)	0.70 (0.18)
	90	0.55 (0.13)	0.70 (0.19)	0.67 (0.17)

Unit of the K_{IC} is $MNm^{-1.5}$ and digits in parenthesis are standard deviation.



식시 0.51 $MNm^{-1.5}$의 파괴인성을 보였으며, 1일 경과후에 부식의 경우 30초간 부식시 0.49 $MNm^{-1.5}$, 60초간 부식시 0.51 $MNm^{-1.5}$ 그리고 90초간 부식시 0.52 $MNm^{-1.5}$로 대조군에 비하여 큰 차이가 없는 파괴인성치를 나타내었다(Table 2).

② 충전용 광중합형(FL)

충전용 광중합형인 FL은 산부식에 의해 파

Fig. 2. Changes of fracture toughness of light curing glass ionomer cement for filling (FL) by the various combinations of waiting periods before etching and etching times

괴인성이 거의 영향을 받지 않아 Table 2와 Fig. 2와 같은 부식에 의한 파괴인성의 변화 양상을 나타내었으며, 대조군에서는 1.79 $MNm^{-1.5}$로 화학중합형 FC에 비하여 현저히 높은 파괴인성을 보였으며, 5분 경과후 부식한 경우에는 1.70 $MNm^{-1.5}$, 1.76 $MNm^{-1.5}$ 그리고 1.71 $MNm^{-1.5}$으로 거의 변화가 없었으며 1시간 경과후 부식한 경우에는 1.86 $MNm^{-1.5}$, 1.71 $MNm^{-1.5}$ 그리고 1.63 $MNm^{-1.5}$의 파괴인성을 보였으며, 1일 경과후 부식한 경우, 1.80 $MNm^{-1.5}$, 1.86 $MNm^{-1.5}$ 그리고 1.76 $MNm^{-1.5}$으로 파괴인성치의 크기 변화가 없었다.

③ 이장용 화학중합형(LC)

이장용 화학중합형인 LC는 충전용 화학중합형인 FC와 유사한 변화양상을 나타내었으며, Table 2 및 Fig. 3에 나타나 있는 바와 같이 대조군의 경우는 0.40 $MNm^{-1.5}$의 파괴인성을 보였으나 5분 경과후에 30초간 부식시 0.28 $MNm^{-1.5}$로 매우 낮은 파괴인성을 보였고, 60초간 부식시 0.27 $MNm^{-1.5}$을 그리고 90초간 부식시는 0.32 $MNm^{-1.5}$의 파괴인성을 나타내었다. 그러나 충전용 화학중합형 FC에서와 유사하게 1시간 경과후 부식한 경우에는 0.39 $MNm^{-1.5}$, 0.40 $MNm^{-1.5}$ 그리고 0.34 $MNm^{-1.5}$ 등의 파괴인성을 나타내었고, 1일 경과후 부식한 경우에는 0.38 $MNm^{-1.5}$, 0.39 $MNm^{-1.5}$, 0.39 $MNm^{-1.5}$로 파괴인성치의변화가 거의 없었다.

④ 이장용 광중합형(LL)

이장용 광중합형 LL은 대조군에서 1.04 $MNm^{-1.5}$의 파괴인성을 보였으며, 부식을 한 실험군의 경우에는 Fig. 4와 같이 미약한 변화를 보였다. 5분 경과후 30초 및 60초간 산부식하였을 때는 0.89 $MNm^{-1.5}$의 파괴인성을 나타내었으며, 90초동안 부식하였을 때는 약간 감소한 0.80 $MNm^{-1.5}$의 수치를 보였다. 1시간 경과후 부식하였을 경우는 30, 60 그리고 90초간 부식에서 각각 0.99 $MNm^{-1.5}$, 0.88 $MNm^{-1.5}$, 0.83 $MNm^{-1.5}$의 파괴인성치를 나타내어 미약하게 감소하는 경향을 나타내었으며, 1일 경과후 부식한 실험군에서도 0.99 $MNm^{-1.5}$, 0.94 $MNm^{-1.5}$ 그리고 0.90 $MNm^{-1.5}$의 순으로 부식

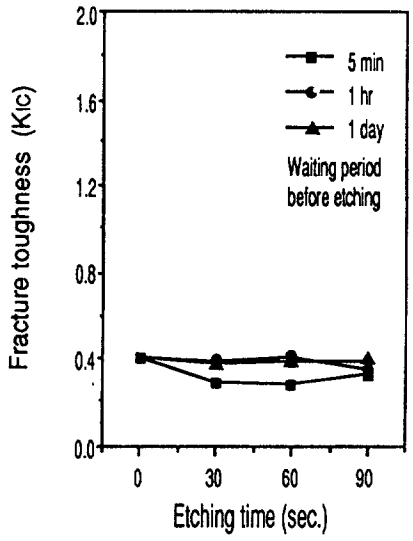


Fig. 3. Changes of fracture toughness of chemical curing glass ionomer cement for lining (LC) by the various combinations of waiting periods before etching and etching times

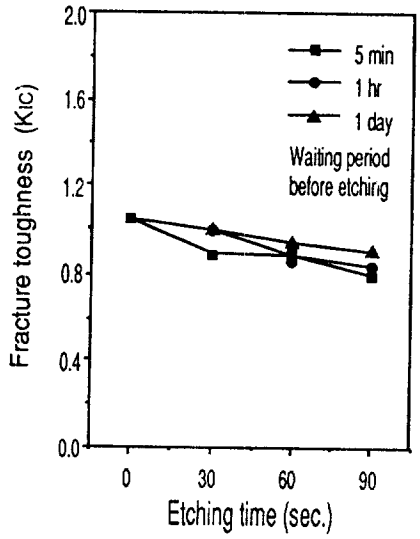


Fig. 4. Changes of fracture toughness of light curing glass ionomer cement for lining (LL) by the various combinations of waiting periods before etching and etching times

시간의 증가에 따라 파괴인성이 미약하게 감소되는 경향을 보였다.

⑤ 금속강화형(MM)

Fig. 5에 나타난 바와 같이 금속 강화형 MM은 5분 경과후 부식한 경우에는 파괴인성의 미약한 감소를 나타내었으나, 1시간 및 1일 경과후 부식한 경우 파괴인성의 감소를 나타내지 않았다. 즉 부식하지 않은 대조군의 시편에서는 0.65 $MNm^{-1.5}$의 파괴인성을 보인 반면, 5분 경과후 산부식한 시편에는 부식시간의 증가에 따라 0.59 $MNm^{-1.5}$, 0.57 $MNm^{-1.5}$ 그리고 0.55 $MNm^{-1.5}$의 순으로 약간 감소되었으며, 1시간 경과하여 부식시킨 시편에서는 0.71 $MNm^{-1.5}$, 0.64 $MNm^{-1.5}$ 그리고 0.70 $MNm^{-1.5}$으로 파괴인성치의 차이를 나타내었고 1일 경과후 부식한 시편에서는 0.72 $MNm^{-1.5}$, 0.70 $MNm^{-1.5}$, 0.67 $MNm^{-1.5}$의 순으로 파괴인성이 약간 감소되었다.

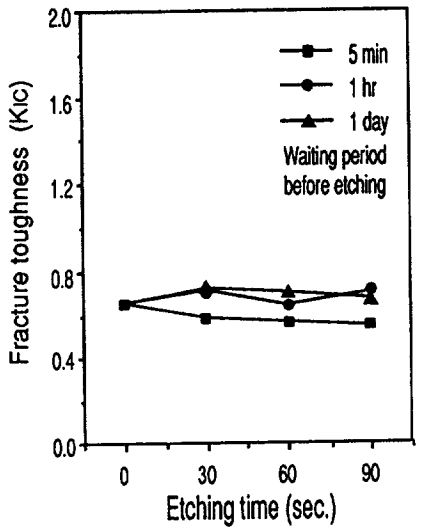


Fig. 5. Changes of fracture toughness of metal reinforced glass ionomer cement for core buildup (MM) by the various combinations of waiting periods before etching and etching times

⑥ 분석

Table 3과 Fig. 6은 종류별 및 용도별 파괴인성측정치를 비교한 것(Duncan's multiple range test)으로서 화학중합형 이장용인 LC가 가장 낮은 파괴인성을 보였고, FC, MM의 순으로 높은 파괴인성을 보였다. 광중합형인 LL과 FL은 모든 화학중합형 FC, LC 및 MM에 비하여 높은 파괴인성을 보였으며, 두재료간

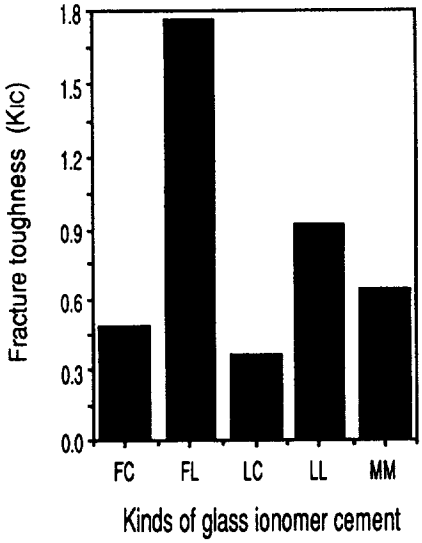


Fig. 6. Comparison of fracture toughness of five kinds of glass ionomer cements

Table 3. Duncan's multiple range test of the fracture toughness for five kinds of glass ionomer cements

Glass Ionomer Cement	Code	Fracture Toughness ($MNm^{-1.5}$)	Results of Duncan's Multiple Range Test
Lining Cement	LC	0.3625	I
Fuji II	FC	0.4795	I
Miracle Mix	MM	0.6498	I
Fuji Lining LC	LL	0.9231	I
Fuji II LC	FL	1.7595	I

비교에서는 수복용 광중합형 FL이 이장용 광중합형 LL에 비하여 높은 파괴인성을 나타내었다($p<0.05$).

glass ionomer cement를 화학중합형, 광중합형, 금속강화형으로 분류시 중합방식에 따른 유의한 차이(False probability=0.0000)가 관찰되었다(Table 4와 Fig. 7). 즉, 화학중합형 FC, LC 및 MM이 가장 적은 파괴인성을 보였으며, 이에 비하여 광중합형 FL 및 LL은 높은 파괴인성을 보였다($p<0.001$).

glass ionomer cement를 이장용, 금속강화형, 그리고 충전용으로 비교시 유의한 차이(F.prob=0.0000)가 관찰되었으며 이 결과는 Table 5 및 Fig. 8과 같다. 이장용 LC 및 LL과 core용 MM이 가장 적은 파괴인성을 보였으며, 이에 비하여 충전용 FC 및 FL은 높

Table 4. The comparison of the fracture toughness according to cure methods of glass ionomer cements

Glass Ionomer Cements		Fracture Toughness ($MNm^{-1.5}$)	Results of Duncan's Multiple Range Test
Cure methods	Codes		
Chemical	FC, LC	0.4205	
Chemical	MM	0.6495	
Light	FL, LL	1.3490	

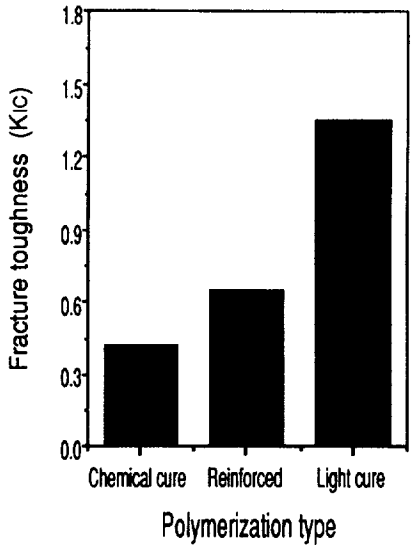


Fig. 7. Comparison of fracture toughness between chemical cure, metal reinforced, and light cure glass ionomer cements

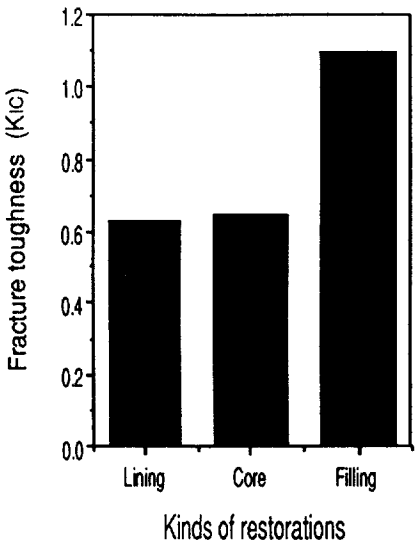


Fig. 8. Comparison of fracture toughness of glass ionomer cements at the aspects of uses of restorations

Table 5. The comparison of the fracture toughness according to the kinds of uses of glass ionomer cements

Glass Ionomer Cements		Fracture Toughness ($MNm^{-1.5}$)	Results of Duncan's Multiple Range Test
Kinds of uses	Codes		
Lining	LC, LL	0.6254	
Core	MM	0.6498	
Filling	FC, FL	1.0971	

은 파괴인성을 보였다.

광중합형 FL 및 LL은 부식전 경과시간(F.prob.=0.7666)이나 부식시간(F.prob.=0.7314)에 따른 파괴인성의 변화를 보이지 않았으며, 화학중합형 FC 및 LC도 부식시간에 따른 파괴인성의 변화를 보이지 않았으나(F.prob.=0.5314), 부식전 경과시간에 의해서는 유의한 차이를 보였다(F.prob.=0.0156). Table 6과 Fig. 9는 부식전 경과시간에 따른 파괴인성측정 결과의 유의차 검정을 요약한 것으로서 초기 경화후 5분 경과후 산부식한 실험군은 부식을 하지 않은 대조군이나 1시간 경과후 또는 1일 경과후에 산부식한 실험군에 비하여 낮은 파괴인성을 나타내었다.

화학중합형 FC 및 LC는 5분 경과후 산부식할 경우 파괴의 위험성이 높아짐을 알 수 있었다.

부식전 경과시간에 의해 유의한 차이를 보인 화학중합형 FC및 LC중에서 부식전 경과시간에 의해 통계학적으로 유의한 파괴인성의 변화를 보인 것은 이장용인 LC였으며(F.prob=0.0065), 충전용 화학중합형 FC는 부식전 경과시간에 의해 통계학적으로 유의한 차이를 보이지는 않아(F.prob.=0.1411) 결론적으로 이장용 화학중합형 LC만 부식전 경과시간에 의해 파괴인성이 통계학적으로 유의하게 영향을 받음을 보였다. Table 7은 LC의 부식전 경과시

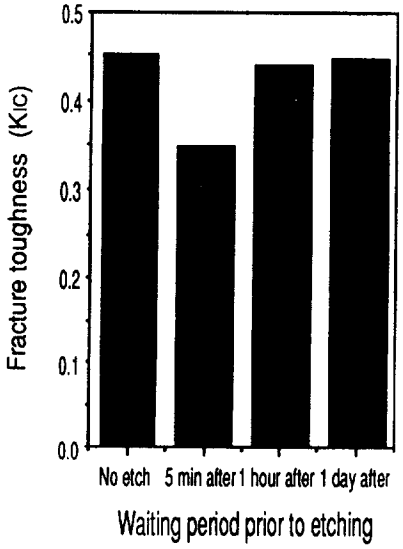


Fig. 9. Effects of waiting times on the fracture toughness of chemical curing glass ionomer cements

Table 6. The comparison of the fracture toughness according to waiting period before acid etching on chemical curing glass ionomer cements (FC and LC)

Waiting period before etch	Fracture Toughness ($MNm^{-1.5}$)	Results of Duncan's Multiple Range Test
5 minutes waiting	0.3479	|
No etching	0.4523	|
1 hour waiting	0.4387	|
1 day waiting	0.4442	|

Table 7. The comparison of the fracture toughness according to waiting period before acid etching on chemical curing glass ionomer cements (LC only)

Waiting period before etch	Fracture Toughness ($MNm^{-1.5}$)	Results of Duncan's Multiple Range Test
5 minutes waiting	0.2903	|
No etching	0.3973	|
1 hour waiting	0.3783	|
1 day waiting	0.3840	|

간에 따른 파괴인성의 유의성 검정 결과를 비교한 것이다.

2. 전자 현미경 관찰

1. 부식 표면 관찰

1) 대조군

산부식하지 않은 대조군의 경우, 표면에 균열이 나타났으나 전반적으로 모든 시편의 표면이 평활하였으며 화학중합형 FC, LC 및 MM의 경우, 광중합형 FL 및 LL보다 더 많은 균열과 기공이 관찰되었다(Fig. 10, 11).

2) 실험군

① 분말과 액 혼합 5분 경과 후 산부식시킨 표면

부식시간이 15초에서 90초로 증가될수록 점차 표면의 부식에 따른 변화를 관찰할 수 있었다. 즉, 화학중합형의 경우, 15초동안 부식시켰을 경우 glass ionomer cement 기질부의 용해로 glass 입자들이 노출되어 요철면을 나타내었으며 입자 대부분은 기질부에 잘 부착되어 있는 양상이었다(Fig. 12).

30초동안 산부식한 경우 기질부가 상당히 용해된 양상을 보였으며 15초간 부식한 경우에 비하여 glass 입자들이 더욱 많이 노출되어 거친 표면을 형성하였고 기질부에 단단히 부착되어 있지 않은 것으로 보이는 입자들도 일부 관찰되었다(Fig. 13).

60초, 90초 산부식시킨 경우 glass 입자를 둘러싸고 있는 기질부의 대부분이 용해되어 glass 입자가 약하게 부착되어 있거나 탈락되어 형성된 것으로 보이는 공동을 보편적으로 관찰할 수 있었다.

또한 산부식에 의해 기질부 표면은 glass 입자 탈락으로 표면이 거칠어지고 입자 변연부의 부식된 양상을 관찰할 수 있었다(Fig. 14, 15).

금속강화형 MM의 경우, 화학중합형 FC 및 LC와 유사한 부식양상을 보였고 물성강화를 위해 첨가된 구형의 금속입자들이 관찰되었다(Fig. 16).

광중합형 FL 및 LL의 경우, 균열을 거의 관찰할 수 없었으며 산부식시간이 증가함에 따라 점차 기질부가 소실되는 양상을 보였고 산부식으로 인하여 입자들이 노출된 것으로 보이는 요철면을 형성하였으나 화학중합형과 달리 60초, 90초 동안 산부식 하여도 기질부가 심하게 용해되거나 입자들이 거칠어지거나 탈락되는 양상은 거의 관찰되지 않았다(Fig. 17, 18).

② 분말과 액 혼합 1시간 경과후 산부식시킨 표면

화학중합형 FC 및 LC의 경우, 15초 산부식시킨 경우는 5분 경과후 부식시킨 것과 유사한 요철면을 나타내었고 30초 산부식시킨 경우 요철면은 증가되었지만 5분 경과 후 산부식 시킨 경우에 비해 기질부의 용해가 심하지 않은 부식양상을 나타내었다.

또한, 60초나 90초 산부식시킨 경우 기질부의 용해가 심화되어 glass입자가 탈락되어 형성된 것으로 보이는 공동은 관찰되었지만 5분 경과후 부식시킨 경우와 달리 glass 입자 표면이나 변연부가 부식된 양상은 관찰되지 않았다.

금속강화형 MM은 화학중합형 FC 및 LC와 유사한 양상이었으나 광중합형 FL 및 LL은 5분 경과 후 산부식시킨 시편과 1시간 경과후 산부식 시킨 시편의 표면양상의 차이점이 관찰되지 않았다.

③ 분말과 액 혼합 1일 경과 후 산부식시킨 표면

화학중합형 FC 및 LC의 경우, 15초간 산부식하였을 때 기질부가 약간 용해되면서 표면에 많은 glass입자들이 노출되었고 구조는 균일하였다(Fig. 19).

30초간 산부식시킨 경우, 입자가 많이 노출되어 요철 양상이 더욱 증가되었지만 5분 경과 후 산부식시킨 경우와 달리 잔존 기질부의 표면이나 입자표면이 거칠어진 양상은 관찰되지 않았다(Fig. 20).

60초간 산부식시킨 경우, 입자가 많이 노출되어 요철 양상이 더욱 증가되었지만 5분경과 후 산부식시킨 경우와 달리 잔존 기질부의 표면이나 입자 표면이 거칠어진 양상은 관찰되지

않았다(Fig. 21).

90초간 산부식시킨 경우 기질부의 용해가 심하게 나타났으며 몇몇 부위에서는 glass 입자가 탈락되고 분말입자를 경계로한 기질부에 공동이 형성된 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 5분 경과후 산부식시킨 경우와 비교시 기질부의 표면이 거칠어지는 양상은 관찰되지 않았다(Fig. 22).

금속강화형 MM은 화학중합형 FC 및 LC와 비슷한 양상이었으나 광중합형 FL 및 LL은 5분 경과 후 산부식시킨 시편과 1일 경과후 산부식시킨 시편간의 표면양상의 큰 차이점이 없었다.

3. 파단면 관찰

산부식시키지 않은 대조군과 산부식을 실시한 실험군 사이의 차이점은 나타나지 않았다. 즉, 표면 산부식으로 인한 glass ionomer cement의 하부구조의 변화는 나타나지 않았다. 중합방식에 따른 파단면 양상의 차이점은 있었으며 화학중합형의 경우, 규칙적이면서 평활한 파괴 양상으로 많은 균열이 관찰되었으나(Fig. 23), 광중합형의 경우, 돌출부가 많아 거칠고 매우 불규칙적이면서 둔탁하게 보이는 파괴양상으로 균열은 거의 관찰되지 않았다(Fig. 24).

금속강화형의 경우 화학중합형과 유사한 파괴양상을 나타내었으나 더 불규칙하였고 구형의 입자와 기질부의 경계부에서 파단되어 분말입자로 보이는 부분이 탈락되어 발생된 공동이 관찰되었다(Fig. 25).

IV. 총괄 및 고안

치과용 수복물은 구강내 장착후 저작에 의해 변형되지 않고 영구적으로 사용할 수 있어야 한다. 심미성 충전재로 통상 사용되는 복합레진을 이용한 충전법은 법랑질과 상아질 모두에 접착효과가 높고 생체적합성이 우수하며 지속적 불소이온유리로 항우식효과를 기대할 수 있는 glass ionomer cement를 이장재로 함께 사용하며, 마모 저항성, 강화된 경도 및 심미성 등의 장점을 지닌 복합레진을 이용한 와동수복술인 'sandwich' technique 방법으로도 이용되고 있다.

Glass ionomer cement를 복합레진 충전시 base로 사용하는 'sandwich' technique의 성패를 좌우하는 요소[38,41]로는 cement의 자체강도외에도 복합레진의 미세 기계적 유지(micromechanical retention)를 위한 거친표면을 형성할 목적으로 시행하는 산부식의 실시 시기, cement의 경화속도와 두께, 투명도와 bonding 레진의 점주도 및 복합레진의 중합수축등을 들 수 있다.

Farach등[42]은 수복물이 하중을 받을 때 cement base내에 응력이 작용함을 증명한 바 있다.

그러므로 glass ionomer cement의 강도가 약하거나 감소되면 상방의 재료에 가해진 응력에 대한 저항력이 감소되어 미세균열(microcrack)을 야기시킬 수 있으며 이 crack은 glass ionomer cement와 복합레진 사이 또는 glass ionomer cement 내부에서도 발생될 수 있다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 현재 임상에서 'sandwich' technique의 base로 사용되는 수종의 glass ionomer cement의 자체강도를 비교하고 복합레진과의 결합을 증진시키기 위해 glass ionomer cement표면에 실시하는 산부식의 영향을 평가해 보고자 하였다.

Lloyd와 Mitchell[43]은 압축파괴강도는 시편의 크기, 압력의 크기에 따라 차이가 나타나므로 취약한 심미성 수복재료의 실패양상을 평가하기 위하여는 평면변형파괴인성의 측정방법을 권하였다. 파괴인성은 단위체적당 물질파괴에 필요한 에너지로서 취성 파괴에 대한 재료 고유의 저항성 평가에 사용[40]되며 파괴인성이 낮다는 것은 불안정한 균열이 발생하기 쉬운 것을 뜻하며 균열전방에서 균열의 진행방향으로 시작되는 미세균열(microcrack)발생으로 인하여 파괴인성치가 낮게 측정될 수 있다[44].

본 연구에서는 bas 로 사용되는 glass ionomer cement중 화학중합형 FC 및 LC, 금속강화형 MM, 광중합형 FL 및 LL의 파괴인성치를 측

정한 결과 각각 0.4205 $MNm^{-1.5}$, 0.6498 $MNm^{-1.5}$, 및 1.3490 $MNm^{-1.5}$로 나타났으며 3가지 유형별 차이가 나타났다($p<0.0001$).

이중 화학중합형에 대하여 Lloyd와 Mitchell[43]이 화학중합형 심미충전용 glass ionomer cement인 Chemfil®의 파괴인성치를 측정보고한 0.451 $MNm^{-1.5}$의 파괴인성치와 본 실험의 결과는 유사하게 나타나고 있다.

동일한 화학중합형으로 amalgam alloy와 같은 무기질을 첨가하여 물성을 강화시킨 금속강화형 MM의 경우 파괴인성치가 높은 것($p<0.0001$)을 보아 무기질 첨가로 인하여 glass ionomer cement의 물리적 성질뿐 아니라 기계적 성질까지 강화된 것을 알 수 있었다. 또한 화학중합형 glass ionomer cement중에 충전용 FC와 이장용 LC는 각각 0.51±0.18 $MNm^{-1.5}$와 0.40±0.10 $MNm^{-1.5}$로 차이를 나타내어 이장용 glass ionomer cement는 급속경화형으로 2-5분 이내에 cement 표면을 산부식 할 수 있다는 장점이 있지만 인장강도가 낮은 단점이외에도 파괴인성치가 낮아 충전용보다 적은 응력을 가하여도 파괴될 수 있는 재료임을 알 수 있었으며 두 재료사이의 파괴인성의 차이는 화학중합형 충전용 glass ionomer cement인 FC의 분말과 액의 비가 중량비로 2.7 : 1.0, 이장용인 LC의 분액비가 1.2 : 1.0인 것을 고려할 때 분액비의 차이에 기인하는 것으로 사료된다.

Mathis와 Ferracane[39]은 13 wt%의 광중합레진을 glass ionomer cement에 첨가시킨 hybrid material을 제조하여 실험한 결과 glass ionomer cement의 상아질에 대한 접착성은 유지, 강화되면서[45] 1시간 이내의 초기 기계적 성질이 개선되고 취성과 용해성이 감소되었으며 표면의 균열도 거의 발생하지 않았고 종래의 glass ionomer cement에 비해 1시간 이내의 파괴인성은 33%가 증가되었다고 보고하였다. 즉, 수용성 polymer를 glass ionomer cement에 첨가시켜 취성이 감소되었으며 특히 hydroxyethyl methacrylate(HEMA)가 첨가되고 광중합개시제도 첨가시켜[46] 경화시간이 단축되고 dual-cure도 가능한 장점[47]을 지닌 glass ionomer cement가 등장되었다.

본 연구에서도 광중합형 이장용 glass ionomer cement LL은 1.04 $MNm^{-1.5}$과 심미충전용 FL은 1.79 $MNm^{-1.5}$의 높은 파괴인성치를 나타내어 광중합형 FL 및 LL이 종래의 화학중합형 FC 및 LC에 비하여 파괴에 대한 저항성이 높은 것을 확인할 수 있었다.

Mitra[48]는 광중합형 glass ionomer cement (Vitrabond)의 압축강도를 측정한 결과, 종래의 화학중합형에 비해 세배이상 압축강도가 증가되었음을 보고하여 광중합형의 경우 전반적인 강도가 증가되었다고 보고한 바 있다.

Sneed와 Looper[33], Meyers등[34]과 Hinoura등[35]은 glass ionomer cement와 복합레진 사이의 결합강도를 관찰한 결과, 시편의 glass ionomer cement 자체내부에서 파괴, 즉 응집파괴가 나타났음을 보고하였다. 그러므로 광중합형 glass ionomer cement를 base로 사용하는 경우 base 자체의 파절저항과 자체강도가 증가함으로 인해 화학중합형보다 더 나은 임상결과를 예상할 수 있다고 생각되었다.

한편 Lange[49]는 복합재료의 파괴에너지를 $\gamma = \gamma_0 + F(D) \cdot T/d$의 식으로 표시하였는데 γ는 파괴에너지, γ_0는 기질의 파괴에너지, F(D)는 입자의 직경에 관련된 인자, T는 균열선단의 진전거리, 그리고 d는 입자간 거리로 정하였고, 본 연구결과를 상기의 공식에 의거하여 분석하면 광중합형 glass ionomer cement 중에서도 분말과 액의 비가 중량비로 3.0 : 1.0인 충전용 FL이 1.4 : 1.0인 이장용 LL보다 파괴인성치가 크게 나타난 것으로 생각된다. 즉 분말이 많이 포함된 FL의 경우 입자간 거리가 작아 T/d비가 커져 파괴에너지도 크게 나타난 것으로 사료되었다. 그러나 이에 대해서는 입자간의 거리 d는 체적비 함량에 따라 영향받는 것이므로 중량비를 체적비로 환산할 필요가 있고 입자의 크기나 기질의 파괴에너지 등을 고려한 연구가 더욱 필요하다고 사료된다.

Peutzfeldt와 Asmussen[50]은 복합레진과 glass ionomer cement간의 인장결합강도가 glass ionomer cement표면의 산부식 후 3.9

MPa까지 증가했음을 보고하여 산부식의 중요성을 강조하였고 Yasumoto등[51]도 cement 표면을 산부식한 후 bonding agent를 도포한 경우, 산부식은 하지않고 bonding agent만 도포한 경우에 비하여 높은 접착강도를 얻을 수 있다고 보고하였으며 Norling과 Duke[52], Nara와 Dogon[53]도 접착강도를 측정하여 산부식의 중요성을 역설한 바 있다. 그러나 Krejci등[54]은 산부식한 glass ionomer cement보다 산부식하지 않은 경우 변연적합성이 더 우수하였음을 보고하였으며, Garcia-Godoy등[55]은 산부식한 시편의 경우, 산부식하지 않은 경우에 비하여 치경부 변연부의 미세변연누출이 크게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다고 보고하였고, Suliman등[56]은 복합레진 P-30®인 경우는 cement표면을 30초 산부식한 경우 산부식하지 않은 시편에 비하여 접착강도가 높았으나 복합레진 Silux의 경우는 하방의 cement 표면을 산부식하는 것이 큰 영향을 미치지 않았다고 보고한 바 있으며, Mangum등[57]은 glass ionomer cement base표면이 기구에 의해 거칠게 형성된 경우가 매끄러운 cement의 표면을 산부식하는 경우에 비하여 표면거칠기가 증가되어 두배이상 높은 접착강도를 나타내었으며 거친 cement 표면의 산부식시간을 증가시킬수록 강도가 오히려 감소하였다고 보고하였다. 이와같이 상반된 결과가 나타나는 이유는 사용된 glass ionomer cement와 복합레진 및 접착레진의 차이와 산부식 실시시기나 부식시간, 산부식후 결합강도나 변연누출도를 측정하기까지의 경과시간 및 cement의 두께등의 차이에 기인된다.

산부식 실시시기에 관하여 glass ionomer cement 표면의 산부식은 일반적으로 가장 화학적으로 반응이 활발한 초기경화직후에 실시하게 되는데, Crisp등[58]은 glass ionomer cement의 경화 반응중 calcium이온과 aluminum이온이 유리되며 이들 이온은 유리되는 정도가 시간 경과에 따라 다른 양상을 보이고 유리된 이온은 corss-link를 형성하여 cement를 경화시키고 cement의 기계적 성질을 좌우한다고 보고하였다.

이러한 corss-link의 형성에 대하여 Crisp등[28]은 glass ionomer cement의 glass 분말과 용액을 혼합하면 수용성 polyacrylic acid와 aluminosilicate glass의 반응시 수용성 calcium이온이 먼저 유리되어 calciumpolyacrylate가 3시간 이내에 결합, 형성되고 그후 aluminum이온이 48시간 동안 반응한다고 하였다.

따라서 cement를 충전하고 즉시 산부식을 실시할 경우 미성숙된 calcium, aluminum 이온등이 산부식제의 산(acid)과 수분에 의해 유리되고 cement의 약화[29]를 초래할 수 있다. 즉, 초기 경화는 약한 이온의 crosslinking에 의해 이루어지는 gelation으로 불용성 및 가용성 gel ion이 공존하여 수분에 대한 민감도가 높은 상태이며 첫 24시간과 그 이후에 이루어지는 cement의 성숙과정중에 점차적으로 corsslinking이 증가되어 cement의 수분에 대한 민감도는 낮아지고 bound water의 비율이 증가된다[46,59].

Wexler와 Beech[60]는 cement의 성숙도와 두께가 접착강도에 미치는 영향을 연구하여 분말과 액을 혼합한 10분후에 산부식을 실시한 경우 3.5 MPa, 20분후 산부식시는 4.0 MPa로 나타났으며 30, 60분 그리고 24시간후 산부식한 경우의 평균치는 5.5 MPa이었다고 보고하면서 복합레진은 경화된 cement를 산부식한 표면에 보다 더 긴밀하게 접착된다고 하였으며 cement의 성숙도가 필수적임을 강조하였고 주사전자현미경으로 cement base표면을 관찰하여, 성숙된 cement의 경우 산(acid)에 의해 기질부만 선택적으로 용해되어 돌출된 glass 입자가 잔존되어, 산부식하지 않은 시편이나 sandpaper로 처리한 표면보다 더 거친 표면을 형성하게 된다고 보고하였다.

Taggart와 Pearson[30]은 분말과 액을 혼합하여 수 분경과후 산부식한 시편은 산부식시간이 증가할수록 표면이 심하게 파괴된 양상을 나타낸 반면, 24시간후 산부식한 시편은 그 파괴양상이 감소되었다고 하였으며 전자의 경우는 굴곡강도(flexural strength)도 현저히 감소되었다고 보고한 바 있다.

본 연구에서도 화학중합형 이장용 glass ionomer cement LC의 경우 시편제작 5분후 즉 초기경화직후 산부식한 경우, 1시간 후 혹은 1일후 산부식한 시편에 비하여 낮은 파괴인성을($p<0.05$) 보여 화학중합형 glass cement LC는 5분후에 산부식할 경우, 파괴의 위험성이 높은 것을 알 수 있었는데, 이장용 cement가 충전용 cement에 비해 산부식 시기에 따른 파괴인성의 영향을 좀 더 많이 받은 것은 전자의 경우 경화시간은 후자에 비해 약간 빠르지만 파괴인성치가 낮기 때문에, 초기 경화직후 실시한 산부식에 의한 기질부의 심한 용해와 입자탈락, 균열증가등 표면약화의 영향을 더 받았기 때문인 것으로 사료된다.

또, 본 연구에서 금속강화형 MM이나 광중합형 cement FL 및 LL도 이와 유사한 결과를 보였지만 통계적 유의성은 없었다. 광중합형 cement는 광중합에 의해 경화시간이 단축되어 산(acid)이나 수분에 의한 영향을 거의 받지 않고 초기에도 기계적성질이 우수한 것으로 여겨진다.

주사전자현미경 상에서, 5분후 산부식한 시편과 1시간후, 그리고 1일 후에 산부식한 시편의 차이가 나타났는데 화학중합형 glass ionomer cement FC 및 LC의 경우 5분후에 산부식을 실시한 시편에서는 15초간의 산부식으로도 기질부가 많이 용해되고 glass 입자들이 노출되어 요철면을 나타내었고 30초 산부식시 그림 13에서와 같이 기질부가 상당히 용해된 양상을 보이면서 일부 glass입자들은 기질부에 부착되어 있지 않은 양상을 나타내기도 하였다. 산부식시간이 60초, 90초로 증가될 경우 입자가 탈락되어 형성된 것으로 보이는 공동이 관찰되었고 산부식에 의해 제거되고 남은 기질부 표면이나 glass 입자표면까지도 거칠어지고 입자 변연부에서는 부식양상을 관찰할 수 있었으며 이는 산부식시간을 60초로 증가시킨 경우 입자의 크기가 감소된 양상을 보고한 Joynt등[61]과 산부식에 의해 polysalt 기질부의 Ca, Al, Si만 용해되는 것이 아니라 부가적으로 glass 분말입자의 붕괴(degradation)도 SEI(Secondary Electron Images)나 ESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis)등을 이용하여 확인하였다고 보고한 Papagiannoulis등[62]의 결과와 일치하는 것으로 미성숙된 cement 표면에 산부식을 하였기 때문으로 사료되었다.

이에 반하여 1시간 및 1일 후에 산부식한 시편의 경우 5분후 산부식한 시편에 비해 표면의 파괴양상이 적게 나타났고 15초나 30초 산부식시 기질부는 선택적으로 용해되고 돌출된 입자는 부착된 양상을 보였다. 60초나 90초 산부식한 경우에도 요철양상은 증가하나 5분 후 산부식한 경우와는 달리 잔존 기질부의 표면이나 입자표면이 거칠어진 양상은 보이지 않아 경화가 진행된 cement는 산이나 수분에 의한 영향을 적게 받았음을 알 수 있었다. 그러나 90초 산부식시 입자가 탈락되어 형성된 공동을 관찰할 수 있었다. 한편, 광중합형 glass ionomer cement의 경우는 산부식시기의 영향을 거의 받지 않은 것으로 나타났는데 이는 polymer가 광중합으로 강화되어, polyhydroxyetyl methacrylate hydrogel이 얽혀 있는 ionic metal polyacrylate hydrogel로 구성되어 친수성과 소수성 성분을 공유하고[46] 경화시간이 단축되어 초기에 산(acid)과 수분에 노출된 영향은 거의 받지 않은 것으로 사료되었다.

Quiroz와 Lentz[63]는 glass ionomer cement의 산부식 시간에 대해서 주사전자현미경으로 산부식표면을 관찰한 결과 10초, 20초간 산부식시 glass ionomer cement 입자가 돌출되어 나오면서 균일한 표면양상을 나타내었고 90초간 산부식시 균열이 심하게 발생되고 표면이 파괴된 양상을 보였음을 보고하였고, Smith와 Soderholm[64]과 Meyers등[34]은 15초간 산부식시 복합레진과의 사이에 전단결합강도가 가장 높았다고 보고하였으며, Joynt등[65]은 60초 산부식시 glass 입자가 소실되었고 15초, 30초 산부식시 요철면이 비교적 평탄하게 나타났다고 보고하였으며 Smith[32]는 30초 산부식으로도 기질부가 깊게 용해되었음을 보고하여 30초 이상의 산부식을 시행할 경우 glass ionomer cement 표면이 크게 파괴되고 입자가 소실되는 등의 역효과를 초래하므로 산부식은 30초

미만으로 제한해야 한다고 주장한 바 있다.

본 연구에서도 화학중합형 cement FC 및 LC의 경우, 시편제작 5분 후 15초간 산부식시, 또 시편제작 1시간 및 1일후 15초간 및 30초간 산부식시 비교적 양호한 부식표면을 나타내었으며 산부식시간을 증가시킬 경우 cement 기질부의 심한 용해와 심한 경우 입자의 소실을 동반하는 파괴양상을 보여 산부식시간을 감소시킬수록 평탄한 표면양상을 관찰할 수 있었다.

또, 산부식을 실시한 시편은 물론 산부식을 하지 않은 시편에서도 화학중합형 cement와 금속강화형 cement에서는 시편표면과 파단면에서 많은 균열이 관찰된 결과에 대하여 Brune과 Smith[66]는 silicate와 glass ionomer cement의 미세구조특성을 시편파단면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하여 cement표면에 나타난 균열은 mechanical breaking, 경화과정시 수축, 또는 주사전자현미경 시편 준비과정에서 발생된 artifacts인 것으로 보고하였으며 이들은 입자와 입자주변의 siliceous layer내의 약한 수소결합으로 구성된 기질사이의 경계부에서 시작되어 기질내로 퍼져나간 것으로 추측하였고 입자와 기질사이의 경계부분은 'zone of weakness'로서 이러한 균열은 커다란 입자주변에서 더욱 뚜렷이 나타날 수 있다고 보고한 바 있다.

광중합형 cement FL 및 LL에서는 시편표면이나 파단면에서 이러한 균열이 적게 관찰되었다. 파단면을 비교하여 보면, 화학중합형 FC 및 LC는 규칙적이면서 평활한 양상을 보였으며 광중합형 FL 및 LL은 전체적으로 돌출부가 많은 불규칙한 양상을 보였고 둔탁하게 보이는 파괴양상으로 이들의 높은 파괴인성치를 고려할 때 파괴저항이 클수록 파괴양상은 불규칙함을 알 수 있었다.

또한, 산부식시키지 않은 대조군과 산부식을 실시한 실험군 사이에, 산부식 하방의 subsurface에서는 큰 차이를 관찰할 수 없었는데 산부식의 효과는 표면 양상의 변화만 초래하는 것으로 사료되며 이는 부식시간 증가에 따른 cement 하부구조의 변화는 나타나지 않았다고 보고한 Joynt 등[61]의 연구를 참고하면 본 연구에서 cement 표면에 대한 산부식 시간의 증가에 따른 파괴인성의 변화가 미미하게 나타난 것도 이와 같은 이유에서 비롯된 것이라 사료된다.

그러나 화학중합형 glass ionomer cement인 FC와 LC의 경우 산부식하지 않은 대조군의 파괴인성치 $0.51\,MNm^{-1.5}$와 $0.40\,MNm^{-1.5}$에 비해, 초기경화 5분후에 30초간 실시한 산부식에 의해 각각 $0.39\,MNm^{-1.5}$와 $0.28\,MNm^{-1.5}$으로 파괴인성치가 매우 낮아진 것을 보아($p<0.05$), 파괴저항이 낮은 재료에 초기 경화직후 실시한 산부식은 비록 cement 표면에 한정되어 변화를 일으키지만 그로인한 파괴저항의 감소효과가 큰것을 알 수 있었다.

또한 화학중합형 cement FC 및 LC의 분말과 액 혼합 5분후에 산부식을 실시한 경우, 산부식시간이 60초, 90초로 연장된 경우에는 그림 14, 15와 같이 입자를 둘러싼 기질부 대부분이 용해되어 입자가 탈락되고 잔존기질부표면이나 입자표면이 거칠어지는 양상을 보였으며 복합레진의 중합수축력[67]을 고려할 때 결과적으로 미세변연누출을 야기할 수 있고[62] 두재료가 접촉되는 부위에 압력이 가해질 경우 cement내에 응집파괴가 일어나거나 상아질과의 접촉부위에서 파단이 일어날 수 있음을 간과할 수 없다고 사료되었다.

이에 대하여 Walker등[68]은 cement의 두께가 0.5 mm 이상은 유지되어야 상아질 내부로 산의 침투가 일어나지 않는다고 보고하여 cement의 두께가 얇을 경우, 미세변연누출과 cement의 응집파괴가 더욱 심각하리라고 사료된다.

그러므로 상기의 사항을 임상에 적용시, 'sandwich' technique의 base로는 광중합형 glass ionomer cement가 기존의 화학중합형에 비하여 여러 물리적 성질[69]과 파괴인성등의 기계적 성질, 특히 경화 초기 물성이 향상되어[39] 더욱 적절한 이장재로 사료되며 화학중합형 glass ionomer cement를 이용할 경우 가능한한 산부식시기를 충전 24시간후에 실시하여 산부식에 의한 영향을 배제시키고, 산부식시간은

30초 미만으로 짧게 하며 cement의 두께를 0.5 mm 이상 충분히 부여하는 것이 바람직하다고 사료된다.

V. 결 론

저자는 glass ionomer cement의 표면을 산부식시킨 후 표면부식양상과 파괴인성에 미치는 산부삭의 효과를 관찰하기 위하여 5종의 화학중합형 및 광중합형 glass ionomer cement를 다시 충전용, 이장용, core용 glass ionomer cement로 나누고 다음과 같이 시편을 제작, 산부식하여 부식양상 및 파괴인성을 측정하였다.

부식표면 관찰용 시편은 내경 4 mm, 높이 1 mm 고무몰드에 glass ionomer cement를 혼합, 주입하여 경화시켜 65개의 시편을 제작하였고 파괴인성치 측정용 시편은 3점굴곡시편 제작용 금속 원형에(길이 30 mm, 폭 5 mm, 두께 2.5 mm, 폭중앙에 2.5 mm 깊이의 홈 형성) glass ionomer cement를 혼합, 주입하여 경화시켜 350개의 시편을 제작하였으며 상기의 시편은 다시 대조군은 산부식하지 않은 군과 실험군은 glass ionomer cement의 분말과 액의 혼합후 산부식을 실시하기까지의 경과시간에 따라 각각 5분, 1시간, 1일군으로 나누고 이를 다시 산부식시간에 따라 각각 15초, 30초, 60초 그리고 90초간 산부식하였으며 산부식용액으로는 37% 인산용액을 사용하였고 산부식후 수세, 건조과정을 거쳐 산부식된 시편의 표면양상과 파단면 양상을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고 3점굴곡시험을 실시하여 평면변형 파괴인성치(K_{IC})를 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대조군의 경우 표면의 균열이 나타났으나 전반적으로 평활하게 나타났다.

2. 화학중합형 cement를 분말과 액 혼합 5분 후에 산부식한 경우, 산부식 시간이 증가함에 따라 기질부가 심하게 용해되고 분말입자가 탈락되는 부식양상을 나타내었다.

3. 화학중합형 cement를 분말과 액 혼합 1시간 및 1일 후에 산부식한 경우, 표면파괴양상은 미약하였고 부식 시간이 15초 및 30초인 경우, 분말입자의 소실없는 표면요철양상을 나타내었다.

4. 광중합형 cement의 경우, 산부식에 의해 표면의 부식양상을 나타내었으나, 산부식시기에 따른 차이는 나타나지 않았다.

5. 파괴인성치는 광중합형 충전용 cement가 $1.79 MNm^{-1.5}$로 가장 높게 나타났으며 광중합형 이장용, 금속강화형, 화학중합형 충전용, 화학중합형 이장용 순이었다.

6. 화학중합형 이장용 cement의 초기경화 5분후 산부식한 경우, 대조군 및 1시간, 1일후에 산부식한 군에 비하여 낮은 파괴인성치를 나타내었고($p<0.05$), 광중합형 cement는 산부식 시기에 따른 차이가 나타나지 않았다.

7. 광중합형 cement의 경우 불규칙한 파단양상을 나타내었으나 화학중합형 cement의 경우 평탄한 파단양상을 나타내었다.

REFERENCES

1. Wilson, A.D. and Kent, B.E.: A new translucent cement for dentistry: The glass ionomer cement. Brit. Dent. J., 132:133-135, 1972.
2. Forsten, L.: Fluoride release from a glass ionomer cement. Scand. J. Dent. Res., 85: 503-504, 1977.
3. Council on dental materials and devices: Status report on the glass ionomer cements. J. Am. Dent. Assoc., 99:221-226, 1979.
4. Swartz, M.L., Phillips, R.W. and Clark, H.E.: Long-term F release from glass ionomer cements. J. Dent. Res., 63:158-160, 1984.
5. Hattab, F.N., El-mowafy, O.M., Salem, N.S. and El-Badrawy, W.A.G.: An in vivo study on the release of fluoride from glass-ionomer cement. Quintessence. Int., 22.

221-224, 1991.

6. Retief, D.H., Bradley, E.L., Denton, J.C. and Switzer, P.: Enamel and Cementum Fluoride Uptake from a Glass Ionomer Cement. Caries Res., 18:250-257, 1984.
7. Kawahara, H., Imanishi, Y. and Oshima, H.: Biological evaluation on glass ionomer cement. J. Dent. Res., 58:1080-1086, 1979.
8. Nordenvall, K.J., Brännström, M. and Torstensson, B.: Pulp reactions and microorganisms under ASPA and Concise composite fillings. J. Dent. Child., 46:449-453, 1979.
9. Tobias, R.S., Browne, R.M., Plant, C.G. and Ingram, D.V.: Pulpal response to a glass ionomer cement. Brit. Dent. J., 144: 345-350, 1978.
10. Pameijer, C.H., Segal, E. and Richardson, J.: Pulpal response to a glass-ionomer cement in primates. J. Prosthet. Dent., 46:36-40, 1981.
11. Heys, R.J., Fitzgerald, M., Heys, D.R. and Charbeneau, G.T.: An evaluation of a glass-ionomer luting agent: pulpal histological response, J. Am. Dent. Assoc., 114:607-611, 1987.
12. Garcia, R., Caffesse, R.G. and Charbeneau, G.T.: Gingival tissue response to restoration of deficient cervical contours using a glass-ionomer material. A 12-month report. J. Prosthet. Dent. 46(4):393-398, 1981.
13. Maldonado, A., Swartz, M.L. and Phillips, R.W.: An in vitro study of certain properties of a glass ionomer cement. J. Am. Dent. Assoc., 96:785-790, 1978.
14. Powis, D.R., Folleras, T., Merson, S.A. and Wilson, A.D.: Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel, J. Dent. Res., 61:1416-1422, 1982.
15. Wilson, A.D., Prosser, H.J. and Powis, D.M.: Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. J. Dent. Res., 62:590-592, 1983.
16. Hotz, P., McLean, J.W., Sced, I. and Wilson, A.D.: The bonding of glass ionomer cements to metal and tooth substrates. Brit. Dent. J., 142:41-47, 1977.
17. Hembree, J.H. and Andrews, J.T.: Microleakage of several Class V anterior restroative materials: a laboratory study. J. Am. Dent. Assoc., 97:179-183, 1978.
18. Welsh, E.L. and Hembree, J.H.: Microleakage at the gingival wall with four class V anterior restorative materials. J. Prosthet. Dent., 54:370-372, 1985.
19. Pearson, G.J.: Finishing of glass ionomer cements. Brit. Dent. J., 155:226-228, 1983.
20. Crisp, S., Abel, G. and Wilson, A.D.: The quantitative measurement of the opacity of aesthetic dental filling materials. J. Dent. Res., 58:1585-1596, 1979.
21. McKinney, J.E., Antonucci, J.M. and Rupp, N.W.: Wear and microhardness of glass ionomer cements. J. Dent. Res., 66:1134-1139, 1987.
22. McLean, J.W. and Wilson, A.D.: The clinical development of a glass ionomer cement II. Some clinical applications. Aust. Dent. J., 22:120-127, 1977.
23. Phillips, R.W., Hamilton, A.I., Jendresen, M.D., McHorris, W.H. and Schallhorn, R.G.: Report of committee on scientific investigation of the american academy of restorative dentistry, J. Prosthet. Dent., 55:736-772, 1986.
24. McLean, J.W., Prosser, H.J. and Wilson, A.D.: The use of glass ionomer cements in bonding composite resins to dentine. Brit. Dent. J., 158:410-414, 1985.
25. Crisp, S. and Wilson, A.D.: Reactions in

glass ionomer cements: I. Decomposition of the powder. J. Dent. Res., 53:1408-1413, 1974.

26. Crisp, S., Lewis, B.G. and Wilson, A.D.: Characterization of glass-ionomer cements: 6. A study of erosion and water absorption in both neutral and acidic media. J. of Dentistry Res., 8:68-74, 1980.
27. Earl, M.S.A. and Ibbetson, R.J.: The clinical disintegration of a glass-ionomer cement. Brit. Dent. J., 161:287-291, 1986.
28. Crisp, S. and Wilson, A.D.: Reactions in glass ionomer cements: III. The precipitation reaction. J. Dent. Res., 53:1420-1424, 1974.
29. Causton, B.E.: The physico-mechanical consequences of exposing glass ionomer cements to water during setting. Biomaterials., 2: 112-115, 1981.
30. Taggart, S.E. and Pearson, G.I.: The effect of etching on glass polyalkenoate cements. J. Oral. Rehabil., 18:31-42, 1991.
31. Wilson, A.D. and McLean J.W.: Glass-ionomer cement. Quintessence Publishing Co. Inc., pp. 101-103, 1988.
32. Smith, G.E.: Surface morphology changes of glass ionomers due to acid etching. J. Dent. Res., 65:344 (abst. 1575), 1986.
33. Sneed, W.D., and Looper, S.W.: Shear bond strength of a composite resin to an etched glass ionomer. Dent. Mater., 1:127-28, 1985.
34. Meyers, R., Garcia-Godoy, F. and Norling, B.K.: Failure mode of a posterior composite resin bonded to a glass-ionomer cement treated with various etching times and with or without a coupling agent. Quintessence. Int., 21:501-506, 1990.
35. Hinoura, K., Suzuki, H., Yoshimura, J. and Onose, H.: Factors of glass ionomer cements influencing the bond strength to resin composites. Dent. Mater., 6:94-98, 1990.
36. McLean, J.W., and Gasser, O.: Glass-cermet cements. Quintessence. Int., 5:333-343, 1985.
37. McLean, J.W.: Alternatives to amalgam alloys, Br. Dent. J., 157:432-433, 1984.
38. Hinoura, K., Moore, B.K. and Phillips, R.W.: Tensile bond strength between glass ionomer cements and composite resins. J. Am. Dent. Assoc., 114:167-172, 1987.
39. Mathis, R.S. and Ferracane, J.L.: Properties of a glass-ionomer/resin-composite hybrid material. Dent. Mater., 5:355-358, 1989.
40. ASTM E 399-83: Standard test method for plain-strain fracture toughness of metallic materials, American National Standards Institute, 1983.
41. Mount, G.J.: The tensile strength of the union between various glass ionomer cements and various composite resins. Austra. Dent. J., 34:136-146, 1989.
42. Farah, J.W., Hood, J.A.A. and Craig, R.G.: Effects of cement bases on the stresses in amalgam restorations. J. Dent. Res., 54:10-15, 1975.
43. Lloyd, C.H. and Mitchell, L.: The fracture toughness of tooth coloured restorative materials. J. Oral. Rehabil., 11:257-272, 1984.
44. Pilliar, R.M., Smith, D.C. and Maric, B.. Fracture toughness of dental composites determined using the short-rod fracture toughness test. J. Dent. Res., 65: 1308-1314, 1986.
45. McCaghren, R.A., Retief, D.H., Bradley, E.L. and Denys, F.R.: Shear bond strength of light-cured glass ionomer to enamel and dentin. J. Dent. Res., 69:40-45, 1990.
46. Smith, D.C.: Composition and characteri-

stics of glass ionomer cements. J. Am. Dent. Assoc., 120:20-22, 1990.

47. Burke, F.M., Hamlin, P.D. and Lynch, E.J.: Depth of cure of light-cured glass-ionomer cements. Quintessence. Int., 21:977-981, 1990.
48. Mitra, S.B.. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. J. Dent. Res., 70:72-74, 1991.
49. Lange, F.F.: Fracture energy and strength behavior of a sodium borosilicate Glass-Al_2O_3 composite system. J. Am. Cera. Soc., 54: 614-620, 1971.
50. Peutzfeldt, A. and Asmussen, E.: Bonding and gap formation of glass-ionomer cement used in conjunction with composite resin. Acta. Odontol. Scand., 47:141-148, 1989.
51. Yasumoto, S., Kimura, M., Hsiao, Y.H,. Fukumitsu, Y., Kawakita, S., Terashita, M. and Nagano, M.: The combination restoration using glass-ionomer cement and composite resin. Jap. J. Conserv. Dent., 29:856-865-1986.
52. Norling, B.K. and Duke, E.S.: Bond strength of a composite resin to a glass ionomer cement. J. Dent. Res., 64:315 (abst. 1268), 1985.
53. Nara, Y., and Dogon, I.L.: Bonding of light cured posterior composite to glass ionomer cement. J. Dent. Res., 66:131 (abst. 200), 1987.
54. Krejci, I., Lutz, F. and Zwicky, C.: Marginal adaptation of MOD-composite restorations with different base materials. J. Dent. Res., 66:130 (abst. 190), 1987.
55. Garcia-Godoy, F., Draheim, R.N., Titus, H.W. and Chiesa, D.: Microleakage of composite restorations with etched and non-etched glass ionomer bases. J. Dent. Res., 67:196 (abst. 668), 1988.
56. Suliman, A.A., Schulein, T.M., Boyer, D.B. and Kohout, F.J.: The effects of etching and rinsing times and salivary contamination on etched glass-ionomer cement bonded to resin composites. Dent. Mater., 5:171-175, 1989.
57. Mangum, F.L., Berry III, EA., Parikh, U.K. and Ladd, D.: Optimal etching time of glass ionomer cement for maximum bond of composite resin, J. Am. Dent. Assoc., 120:535-538, 1990.
58. Crisp, S., Lewis, B.G., and Wilson, A.D.: Glass ionomer cements: Chemistry of erosion. J. Dent. Res., 55:1032-1041, 1976.
59. Wilson, A.D., Paddon, J.M., and Crisp, S.: The hydration of dental cements. J. Dent. Res., 58:1065-1071, 1979.
60. Wexler, G. and Beech, D.R.: Bonding of composite restorative materials to etched glass ionomer cement. J. Dent. Res., 66:476 (abstr 45), 1986.
61. Joynt, R.B., Williams, D., Davis, E.L. and Wieczkowski, G.: Effects of etching time on surface morphology and adhesion of a posterior resin to glass-ionomer cement. J. Prosthet. Dent., 61:310-314, 1989.
62. Papagiannoulis, L., Eliades, G. and Lekka, M.: Etched glass ionomer liners, surface properties and interfacial profile with composite resins. J. Oral. Rehabil., 17:25-36, 1990.
63. Quiroz, L., and Lentz, D.L.: Laboratory evaluation of etching time on three different glass ionomers. J. Dent. Res., 66:131 (abst. 197), 1987.
64. Smith, G.E., and Soderholm, K.J.M.: Etching time effects upon glass ionomer-resin shear bond strengths. J. Dent. Res. 66: 131 (abst. 199), 1987.
65. Joynt, R.B., Williams, D., Davis, E.L. and Wieczkowski, G.: Effects of etching time on

surface morphology and adhesion of resin to glass ionomer. J. Dent. Res., 66:131 (abst. 198), 1987.

66. Brune, D. and Smith, D.: Microstructure and strength properties of silicate and glass ionomer cements. Acta. Odontol. Scand., 40:389-396, 1982.
67. Davidson, C.L. and de Gee, A.J.: Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composities. J. Dent. Res., 63:146-148, 1984.
68. Walker, T.M., Jensen, M.E., and Chan, D.C.N.: Acid penetration through glass ionomer base. J. Dent. Res., 65:344 (abst. 1580), 1980.
69. Tam, L.F., McComb, D. and Pulver, F.: Physical properties of proprietary light-cured lining materials. Oper. Dent., 16.210-217, 1991.

EXPLANATION OF FIGURES

Fig. 10. The surface of the Lining Cement in control group (orig. mag. x2000)

Fig. 11. The surface of the Fuji Lining LC in control group (orig. mag. x2000)

Fig. 12. The surface of the Lining Cement, wating for 5 mins of setting period prior to etching and etched for 15 secs with 37% phosphoric acid (orig. mag. x2000)

Fig. 13. The surface of the Lining Cement, wating for 5 mins of setting period prior to etching and etched for 30 secs with 37% phosphoric acid (orig. mag. x2000)

Fig. 14. The surface of the Lining Cement, wating for 5 mins of setting period prior to etching and etched for 60 secs with 37% phosphoric acid (orig. mag. x2000)

Fig. 15. The surface of the Lining Cement, wating for 5 mins of setting period prior to etching and etched for 90 secs with 37% phosphoric acid (orig. mag. x2000)

Fig. 16. The surface of the Miracle Mix, wating for 5 mins of setting period prior to etching and etched for 30 secs with 37% phosphoric acid (orig. mag. x2000)

Fig. 17. The surface of the Fuji Lining LC, wating for 5 mins of setting period prior to etching and etched for 30 secs with 37% phosphoric acid (orig. mag. x2000)

Fig. 18. The surface of the Fuji Lining LC, wating for 5 mins of setting period prior to etching and etched for 90 secs with 37% phophoric acid (orig. mag. x2000)

Fig. 19. The surface of the Lining Cement, wating for 1 day of setting period prior to etching and etched for 15 secs with 37% phophoric acid (orig. mag. x2000)

Fig. 20. The surface of the Lining Cement, wating for 1 day of setting period prior to etching and etched for 30 secs with 37% phophoric acid (orig. mag. x2000)

Fig. 21. The surface of the Lining Cement, wating for 1 day of setting period prior to etching and etched for 60 secs with 37% phophoric acid (orig. mag. x2000)

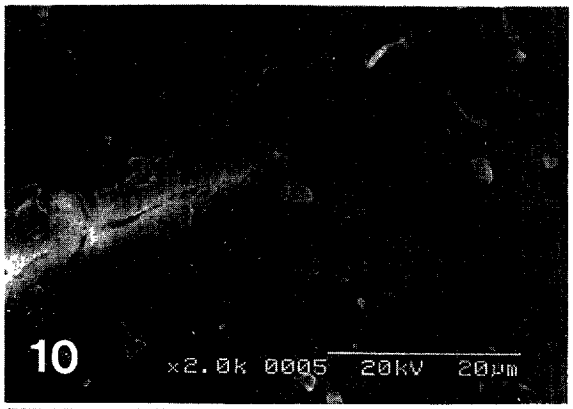
Fig. 22. The surface of the Lining Cement, wating for 1 day of setting period prior to etching and etched for 90 secs with 37% phophoric acid (orig. mag. x2000)

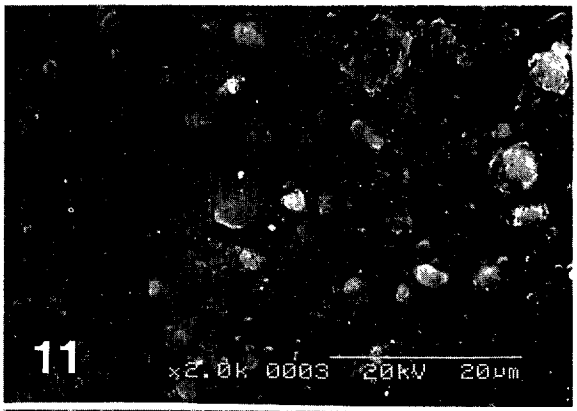
Fig. 23. The fractured surface of the Lining Cement (orig. mag. x2000)

Fig. 24. The fractured surface of the Fuji II LC (orig. mag. x2000)

Fig. 25. The fractured surface of the Miracle Mix (orig. mag. x2000)

논문 사진부도 ①

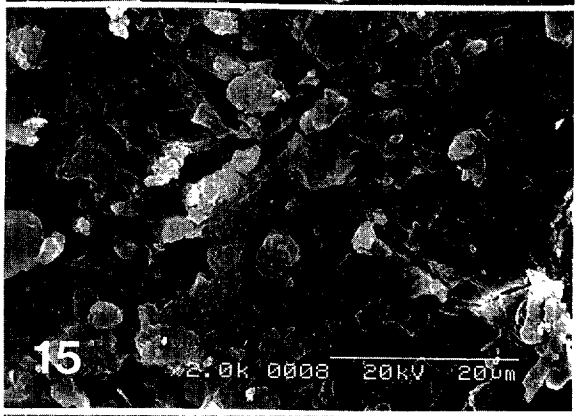

10
×2.0k 0005 20kV 20μm


11
×2.0k 0003 20kV 20μm

12
×2.0k 0000 20kV 20μm

13
0k 0005 20kV 20μm

14
×2.0k 0008 20kV 20μm


15
×2.0k 0008 20kV 20μm

16
×2.0k 0014 20kV 20μm

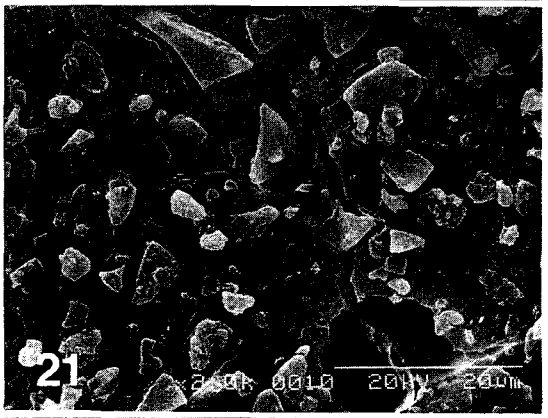
17
×2.0k 0009 20kV 20μm

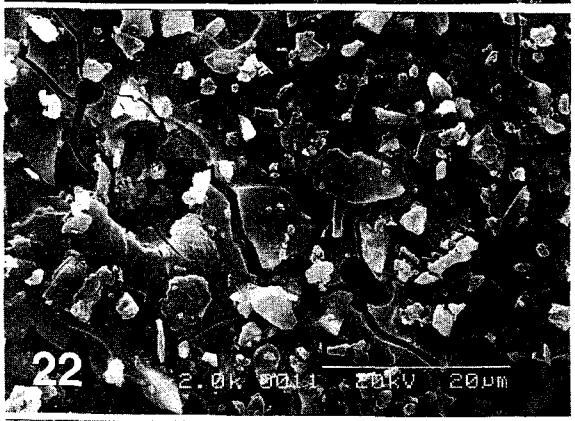
논문 사진부도 ②

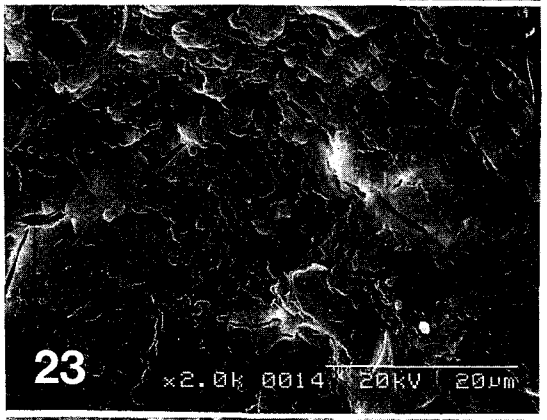
18
×2.0k 0012 20kV 20μm

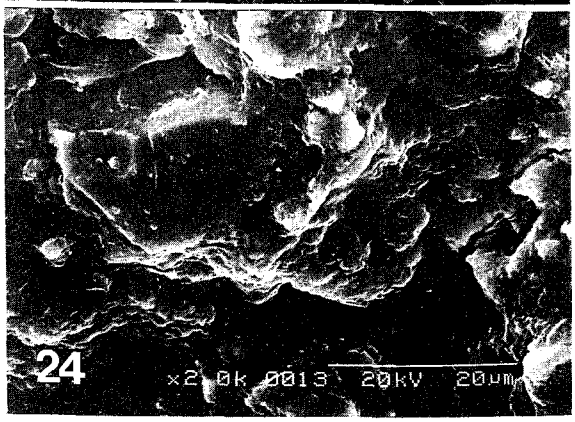
19
×2.0k 0001 20kV 20μm

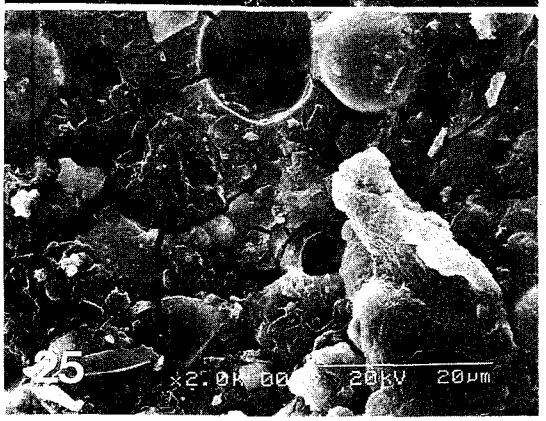
20
×2.0k 0009 20kV 20μm


21
×2.0k 0010 20kV 20μm


22
×2.0k 0011 20kV 20μm


23
×2.0k 0014 20kV 20μm


24
×2.0k 0013 20kV 20μm


25
×2.0k 00 20kV 20μm

THE EFFECT OF ACID ETCHING ON GLASS IONOMER CEMENT SURFACES

Seung - Weon Han, Sang - Jin Park, Byung - Soon Min,
Ho - Young Choi, Gi - Woon Choi

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

The purpose of this study was to investigate the effect of acid etching on the surface appearance and fracture toughness of five glass ionomer cements.

Five kinds of commercially available glass ionomer cements including chemical curing filling type, chemical curing lining type, chemical curing metal reinforced type, light curing filling type and light curing lining type were used for this study.

The specimens for SEM study were fabricated by treating each glass ionomer cement with either visible light curing or self curing after being inserted into a rubber mold (diameter 4mm, depth 1mm).

Some of the specimens were etched with 37% phosphoric acid for 0, 15, 30, 60, 90 seconds, at 5 minutes, 1 hour and 1 day after mixing of powder and liquid

Unetched ones comprised the control group and the others were the experimental groups.

The surface texture was examined by using scanning electron microscope at 20 kV. (S-2300, Hitachi Co., Japan).

The specimens for fracture toughness were fabricated by curing of each glass ionomer cement previously inserted into a metal mold for the single edge notch specimen according to the ASTM-E399.

They were subjected to a three-point bend test after etching for 0, 30, 60, and 90 seconds at 5 minutes-, 1 hour-and 1 day-lapse after the fabrication of the specimens.

The plane strain fracture toughness (K_{IC}) was determined by three-point bend test which was conducted with cross-head speed of 0.5 mm/min using Instron universal testing machine (Model No. 1122) following seven days storage of the etched specimens under 37°C, 100% humidity condition.

Following conclusions were drawn.

1. In unetched control group, crack was present, but the surface was generally smooth.
2. Deterioration of the surface appearance such as serious dissolving of gel matrix and loss of glass particles occured as the etching time was increased beyond 15s following immediate etching of chemical curing type of glass ionomer cements.
3. Etching after 1 h, and 1 d reduced surface damage, 15 s, and 30s etch gave rough surface appearance without loss of glass particle of chemical curing type of glass ionomer cements.

4. Light curing type glass ionomer cement was etched by acid, but there was no difference in surface appearances according to various waiting periods.
5. It was found that the value of plane strain fracture toughness of glass ionomer cements was highest in the light curing filling type as 1.79 $MNm^{-1.5}$ followed by the light curing lining type, chemical curing metal reinforced type, chemical curing filling type and chemical curing lining type.
6. The value of plane strain fracture toughness of the chemical curing lining type glass ionomer cement etched after 5 minutes was lower than those of the cement etched after 1 hour or 1 day or unetched ($P < 0.05$).
7. Light curing glass ionomer cement showed irregular fractured surface and chemical curing cement showed smooth fractured surface.