

광중합 GIC충전후 경과시간 및 표면처리에 따른 복합레진과의 결합강도에 관한 연구

부산대학교 치과대학 소아치과학교실

정혜인 · 김 신 · 정태성

Abstract

THE SHEAR BOND STRENGTHS OF COMPOSITE RESINS TO GLASS IONOMER CEMENTS BY SURFACE TREATMENT AND ELAPSED TIME

Hye-In Chung, Shin Kim, Taesung Chung

Dept. of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University

For the purpose of establishing the most appropriate method of bonding between glass ionomer liners and composite resin and comparing the materials for sandwich technique, an experiment was performed to measure the shear bond strengths between the two with the variables in the surface treatment of liners and elapsed time till composite buildup. Materials used were Vitrebond and Fuji II LC, each as the restorative and liner respectively, and each group was subdivided by surface treatment (acid etching and sandblasting) and time elapsed from GIC filling to composite buildup (immediately, 1 day, 7 days), consisting 12 groups as a whole. Each subgroup was composed of 10 specimens and the shear bond strength between GIC liners and composite resin was measured under UTM and analyzed. The result were as follows :

1. The shear bond strength between two materials was highest when initially filled Fuji II LC was sandblasted after 1 days and composite built-up (Group FS1). And the lowest value was found when GIC was acid-etched after 7 days and composite built-up (Group FE7). Significant difference was found between the two groups. ($P < 0.01$)
2. In regard of surface treatment of GI liners, acid-etched group (VE) showed higher bond strength than sandblasted group (VS) for Vitrebond. But, the reverse was true for Fuji II LC. ($P < 0.05$)

3. In regard to the time elapsed from GI filling to composite buildup, the group of 1 day elapse showed relatively higher strength for Vitrebond. On the contrary, immediate buildup group (FE0) was stronger for acid-etched group and 1 day elapse group(FS1) was higher for sand-blasted group in Fuji II LC. ($P < 0.05$)

I. 서 론

현재 치과용 심미수복재로 복합레진과 Glass Ionomer Cement(이하 GIC)가 임상에서 널리 사용되고 있다. 이 중 1970년대 Wilson과 Kent에 의해 개발된 GIC는 색조와 투명성, 강도, 타액에 대한 저항성이 개선되고 임상 적용방법의 발달과 복합레진과 병행한 수복법이 대중화되면서 치과용 수복재로 널리 사용되고 있다^{1,2)}.

초기에는 화학중합형으로 개발되었으며 지속적인 불소유리에 의한 항우식효과^{3,4)} 외에 특별한 처리없이도 범랑질과 상아질표면 모두에 화학적인 결합을 할 수 있을 뿐 아니라, 금속 및 다른 치과용 재료들과도 물리 화학적으로 결합하는 능력이 있다⁵⁾. 또한 물리적 안정성과 주위조직과의 생체적합성이 양호하여^{6,7)} 결손된 치아의 수복 및 부분적 재수복, 아말감이나 레진하방의 이장, 주조금관의 합착 및 치면열구전색 등 다양한 용도로 널리 이용되고 있다⁸⁾. 그러나 복합레진에 비해 마모저항성과 압축 및 인장강도가 낮아 쉽게 파절되는 등 기계적인 성질이 미흡하여 큰 와동이나 교합압이 집중되는 부위에는 사용이 곤란하며, 느린 경화반응으로 인해 치명적인 수분오염의 가능성이 있고 임상적으로 적합한 강도를 나타낼 때까지는 성형과 연마가 불가능하며 표면균열이 생기는 등의 단점이 있어 임상적용과정에서 세심한 주의가 요구된다⁹⁾. 치질과 화학적인 결합을 하는 GIC의 장점과 심미성 및 마모에 대한 저항성을 갖춘 레진의 장점을 상호보완하기 위해 손상된 상아질의 대체물로 GIC를 이용하는 방법인 sandwich technique (혹은 laminate restoration)이 McLean과 Wilson 등에 의해 소개되었다^{10,11)}. 이 방법은 레진과 GIC

간의 물리화학적인 결합력에 기초를 두고 있어 시술의 성패는 양 재료간에 얼마나 이상적인 결합을 얻을 수 있는가에 달려 있으며, 이들 두 재료간의 접착강도는 GIC의 분액비, 레진 접착제의 사용여부 및 점도, 복합레진의 경화 수축도 및 레진내의 filler의 함량, GIC의 종류 및 표면상태 등 여러 인자의 영향을 받을 수 있다^{12,13)}.

레진과 GIC와의 결합력을 증진시키기 위한 방법으로 레진접착제를 이용하거나^{14,15)}, 기계적인 결합력을 증진하기 위해 GIC의 표면에 산부식이나 표면처리기구 등을 이용하여 인위적인 roughness를 부여하는 등 여러 가지 방법을 이용한 많은 연구들이 시행되었다. Garcia-Godoy¹⁶⁾, McLean¹⁷⁾, Hinoura¹²⁾ 등에 따르면 화학중합형 GIC에 산부식을 시행할 경우 GIC와 레진사이의 결합력이 증가한다고 하였고 30초간의 산부식이 적당한 것으로 보고되고 있다¹⁸⁾. 그러나 화학중합형 GIC는 경화초기에 수분에 아주 민감하므로 화학중합형 GIC를 사용하여 sandwich technique을 시행할 경우 레진적용을 위한 산부식과 수세과정은 피할 수 없고 이로 인하여 경화반응에 방해가 받게 되어 레진과의 결합력이 감소될 가능성이 있으므로 GIC 충전후 적절한 경화를 얻기 위한 시간의 필요성도 제기될 수 있다^{8,19)}.

화학중합형 GIC의 단점을 보완하기 위해 비교적 최근에 개발된 광중합형 GIC는 화학중합형 GIC에 비하여 치질과 레진에 대한 결합력이 더욱 향상되었을 뿐 아니라, 기계적인 성질이 많이 개선되었고 경화시간의 조절이 가능해져 감수성(感水性)이 획기적으로 개선되었다²⁰⁾. 또한 상아질과의 결합력이 높아 sandwich technique을 시행할 경우 기존의 화학중합형 GIC를 이용할 경우보다 치질과 레진에 대해 높은 결

합력을 기대할 수 있고^{21,22)}, 레진접착제의 사용이나 산부식 및 표면처리가 불필요하므로 임상적용이 간편하다고 하였다.

그러나 실제로 sandwich technique을 시행할 경우 범랑질에 국한해서 산부식을 시행하기는 어려우므로 수세과정에서 광중합 GIC의 물성 증가에 큰 기여를 하는 HEMA가 부분적으로 제거되어 레진과의 결합력이 감소될 수 있다. 레진과의 결합강도를 평가한 Fortin 등²¹⁾의 연구에서도 광중합 GIC와 레진과의 결합강도가 GIC자체의 응집강도에 미치지 못 함이 밝혀져, 레진과의 결합력을 증가시킬 수 있는 임상술식에 대한 연구의 필요성이 제기될 뿐 아니라 산부식 및 표면처리가 광중합 GIC와 레진과의 결합력에 미치는 영향에 대한 Hinoura¹²⁾, 김²³⁾ 등의 연구에서도 연구자들간에 상반된 의견이 존재하므로 이에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되었다. 또한 광중합형 GIC도 이장용과 충전용에 따라 그 구성성분에 차이를 보이므로 복합레진과의 결합강도 또한 상이할 것으로 추정되었다. 경화반응에 있어서도 광조사에 의한 초기경화 이외에 이차적인 중합반응이 일정시간 지속되므로²²⁾ GIC의 충전후 레진충전시까지 경과시간도 결합강도와 밀접한 관련이 있을 것으로 사료되었다.

따라서 본 연구는 충전용과 이장용으로 사용되는 2종의 광중합형 GIC를 대상으로 각각을 충전하고 그 상부에 복합레진을 축조하는 과정에서, GIC 충전후의 경과시간 및 그 표면처리방법에 따른 전단결합강도를 측정 비교함으로써 이장재 및 수복재로서의 접합도를 비교 평가하고 바람직한 시술방법을 규명할 목적으로 시행되었다.

II. 연구재료 및 방법

가. 연구 재료

본 실험에서 사용한 2종의 GIC는 모두 광중합형 GIC로 Vitrebond (3M Dental Products)는 이장용, Fuji II LC(GC Corp.)는 충전용이었다. 전단결합강도 측정용 복합레진은 광중합형 전치부용 복합레진 Z-100 (3M Dental Products)을 사용하였으며 GIC 표면의 부식처리는 37% 인산을 이용하였고, 레진접착제는 광중합형 Scotchbond Adhesive (3M Dental Products)를 사용하였다(표 1).

나. 연구 방법

1. 실험군의 분류

Vitrebond(V)와 Fuji II LC(F)를 각각의 표면처리방식과 일차수복후의 경과시간에 따라 조건을 구분하였는데, 표면처리방식의 구분은 GIC표면을 37% 인산으로 산부식을 시행한 군(E 군)과 GIC표면을 sandblasting한 군(S 군)의 두가지로 나누었으며, 경과시간은 GIC 수복후 즉시(0), 1일(1) 및 7(7)일을 기준으로 하였다(표 2).

2. 시편의 제작 (그림 1)

각 소실험군 당 10 개씩 총 120 개의 원주형 레진블록을 제작하였으며 블록의 크기는 직경 15 mm 높이 17 mm로 하였다. 레진블록 상단 중앙에 GIC 충전용 와동을 직경 6 mm, 깊이 2 mm가 되도록 형성하였고 와동의 하방 및 측방에는 결합강도 측정시 GIC가 탈락되지 않

Table 1. Materials used in this study

Material	Characteristics	Manufacturer
Vitrebond™	Liner / base	3M Dental Products
Fuji II LC™	Restorative	GC
Z-100™	Composite resin (shade A2)	3M Dental Products
Scotchbond™	Multi-purpose Plus Dental Adhesive	3M Dental Products
Etchant	37% phosphoric acid	Kuraray

Table 2. Codes of experimental subgroups

Group	Surface Treatment		Time elapsed	
	V(Vitrebond™)	Etching + Bonding	VE	0 : immediate
Sandblasting + Bonding		VS	VE1	
	Etching + Bonding		FE	
Sandblasting + Bonding		FS		
	F(Fuji II LC™)		Etching + Bonding	FE
Sandblasting + Bonding		FS		
	Etching + Bonding		FE	1 : 1 day
Sandblasting + Bonding		FS		7 : 7 days
	Etching + Bonding		FE	
Sandblasting + Bonding		FS		7 : 7 days
	Etching + Bonding		FE	
Sandblasting + Bonding		FS		7 : 7 days

도록 undercut을 부여하였다.

모든 재료들은 제조사의 지시에 따라 계량, 혼화 및 경화시켰다. Scotchbond와 Vitrebond, Fuji II LC는 Visilux 2 light source (3M Dental Products)로 경화시켰다.

레진블록내부에 광중합형 GIC인 Fuji II LC와 Vitrebond를 혼화하여 주입하고 셀로판 스트립으로 덮은 후 slide glass로 압박하여 평활한 경화표면이 얻어지도록 하였으며, 가시광선 조사기로 40 초간 광조사하여 경화시킨 다음 혼화개시로부터 15분이 경과한 후에 slide glass를 제거하였으며 표면의 연마나 수정은 행하지 않았다.

GIC수복후 즉시 결합에 사용된 40개의 시편을 제외한 80개의 시편은 37°C의 항온수조에서 각각 1일 및 7일간 보관후 결합에 사용하였다. 표면처리를 위하여 E 군은 시편을 37 % 인산으로 GIC 표면을 30초간 산부식하고 20초간 수세한 후 20초간 대기중 건조시켰다. S군은 입자의 크기가 50 µm인 Al₂O₃를 사용하여 sandblasting을 시행하였으며, 주수하에서 30초간 수세하여 표면의 이물을 제거후 20초간 공기 건조하였다. 표면처리후 즉시 GIC표면에 레진 접착제인 Scotchbond™를 도포하고 공기를 가볍게 불어 과잉의 접착제를 제거한 후 가시광선을 조사하여 20초간 광중합하였다. GIC가

충전 경화된 레진블록에 직경 4 mm의 구멍이 뚫린 occlusal indicator wax로 접착부위를 한정된 다음 광중합형 레진인 Z-100™(3M Dental Products)을 약 1mm 두께로 1차 충전하여 40 초간 광중합하고, 이차로 높이 4 mm의 원통형 플라스틱을 사용하여 내부에 복합레진을 충전하고 40초간 광조사하여 완전히 경화시켰다. GIC와 복합레진의 결합이 완료된 120개의 시편은 각각 37°C 항온수조에 24 시간 보관한 후 전단결합강도를 측정하였다.

3. 결합강도의 측정 (그림 1)

시편은 전단결합강도측정을 위하여 특별히 고안된 지그에 시편을 고정하여 하중이 정확히

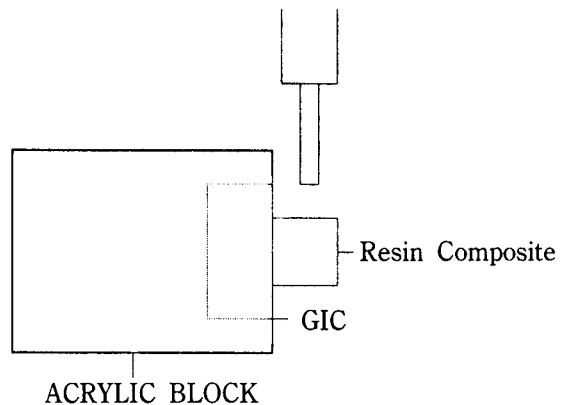


Fig. 1 Bond test setup

Table 3. Shear bond strength of each group (MPa)

Group/time	Immediate (0)	1 day (1)	7 days (7)
VE	6.41 ± 2.15	7.26 ± 2.35	3.16 ± 1.43
VS	3.47 ± 2.05	6.48 ± 1.01	2.99 ± 2.03
FE	7.40 ± 2.40	1.88 ± 1.05	1.25 ± 0.47
FS	8.25 ± 3.68	12.05 ± 3.94	4.02 ± 2.22

Table 4. Comparison of bond strength between groups

	VE1	VE7		VS1	VS7		FE1	FE7		FS1	FS7
VE0	ns	**	VE0	*	ns	FE0	**	**	FS0	**	**
VE1	-	**	VS1	-	ns	FE1	-	ns	FS1	-	ns

ns : non-significant, * $p > 0.05$, ** $p < 0.01$

GIC와 복합레진의 사이에 전단응력으로 가해 지도록 한 후, 만능시험기(Instron : Model 4301, USA)에서 500 Kg의 load cell로 cross-head speed 2 mm/min의 조건하에서 하중을 가하면서 부착시편이 탈락될 때까지의 전단결합강도를 측정하였다. 이 수치를 단위면적당으로 환산하여 각 시편에서의 전단결합강도로 하였다.

다. 통계 처리

실험에서 얻어진 수치들에 대한 통계분석은 측정된 10개의 수치 중 최대치와 최소치를 제외한 8 개의 수치에 대하여 one way ANOVA 및 t-test로 통계처리하였다.

III. 연구성적

GIC충전후 표면처리방법 및 시간경과에 따른 전단결합강도를 측정한 결과는 표 3에 제시된 바와 같다.

복합레진과의 전단결합강도는 충전용 GIC인 Fuji II LC로 충전하고 1일 경과후 sandblasting으로 표면처리한 FS1군에서 12.05±3.94 MPa로 가장 높았고, 7일 경과후 표면을 산부식으로 처리한 FE7군에서 1.25±0.47 MPa로 가장 낮았으며, 양 군간에는 유의한 차이가 인정되었다($P < 0.01$).

V군에서는 표면처리방법에 관계없이 1일 경과후 레진축조한 경우에 가장 높은 결합력을 보였으며, F군의 경우에는 표면을 산부식처리한 군(FE)은 충전직후 결합한 경우(FE0)에서 가장 높은 결합력을 나타내었고, 표면을 sandblasting 처리한 FS군에서는 충전후 1일 경과후 결합한 경우(FS1)에서 결합력이 가장 높게 나타났다(표 3).

각 재료별 표면처리와 시간경과에 따른 결합력의 변화를 살펴보면 Vitrebond를 사용하여 표면을 산부식처리한 VE군에서는 충전직후 결합한 군(VE0), 1일 경과군(VE1)과 1주후 결합한 군(VE7)간에 유의한 차이가 인정되었다($p < 0.01$). 표면을 sandblasting한 VS군에서는 충전직후 결합한 군(VS0)과 1일 경과후 결합한군(VS1)간에 유의한 차이가 인정되었다($p < 0.05$). 또한 Fuji II LC™의 경우 FE군에서는 FE0군과 FE1, FE7군 간, FS군에서도 마찬가지로 FS0군과 FS1, FS7군 간에 유의한 차이가 인정되었다 ($p < 0.01$) (표 4).

한편, 실험조건에 따른 군간의 결합력차이에 대한 유의성을 검증해 보면 다음과 같다.

1) GIC 충전 직후 축조한 경우

Fuji II LC로 충전후 sandblasting을 한 FS군에서 가장 높은 결합강도를 보였으며 t-test의 결과 이장제로 사용되는 Vitrebond로 충전후 표면을 산부식처리한 VE군을 제외한 나머지 VS

Table 5. Comparison of bond strengths between groups with immediate bonding

	VS	FE	FS
VE	*	ns	ns
VS	-	**	**
FE	ns	-	**
FS	ns	ns	-

ns : non-significant, * $p > 0.05$, ** $p < 0.01$

및 FE군 간에 유의한 차이가 인정되었다 (표 5).

2) GIC 충전 1일 경과후 축조한 경우

Fuji II LC™로 충전후 sandblasting을 한 FS군에서 가장 높은 결합강도를 보였으며 t-test결과 VE, VS 및 FE군 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 (표 6).

3) GIC 충전 7일 경과후 결합한 경우

Fuji II LC로 충전후 sandblasting을 한 FS군에서 가장 높은 결합강도를 보였으며 t-test 결과 Fuji II LC로 충전후 표면을 산부식처리한 FE군을 제외하면 군간의 결합력 차이는 유의성이 없었다(표 7).

IV. 총괄 및 고안

치아의 심미성을 향상시키기 위한 재료의 발달 및 기술적인 접근이 치의학 분야에서 끊임없이 이루어져 왔다. 이러한 심미수복재료로 GIC가 널리 사용되고 있지만, 재료자체의 기계적 성질이 취약하여 큰 와동이나 교합압이 집중되는 부위에는 사용하기 곤란하며, 경화 초기에 수분오염이나 탈수로 인하여 표면의 균열이나 불투명한 상을 나타내기도 한다^{2,9)}. 또한 대표적인 심미수복재료인 복합레진도 자연치와 색상에 있어 조화가 잘되고 조작이 쉬울 뿐 아니라 매끄럽게 표면을 마무리할 수 있어 심미적인 충전재로 많이 사용되어 왔으나 중합시의 수축이 크고 미중합된 단량체에 의한 치수자극성이 나타나며 열팽창계수가 자연치와

Table 6. Comparison of bond strength between groups resin-built after 1 day

	VS	FE	FS
VE	ns	**	**
VS	-	**	**
FE	ns	-	**
FS	ns	ns	-

ns : non-significant, * $p > 0.05$, ** $p < 0.01$

Table 7. Comparison of bond strength between groups resin-built after 7 days

	VS	FE	FS
VE	ns	ns	ns
VS	-	ns	ns
FE	ns	-	*
FS	ns	ns	-

ns : non-significant, * $p > 0.05$, ** $p < 0.01$

와 상당한 차이가 있어 그로 인한 변연의 미세누출등의 단점을 보여 역시 사용상의 제한이 따른다. GIC는 치질에 특별한 처리없이 범랑질이나 상아질 모두에 화학적으로 결합할 수 있는 능력을 가지며²³⁾, 장기간에 걸친 불소유리능력에 의한 항우식능과 술후 민감성 감소, 낮은 치수자극성, 체적안정성, 와동형성의 간편성, 경화시 미약한 온도상승, 범랑질과 유사한 열팽창계수 등의 장점을 보이고 있다^{2-4,6,7)}.

McLean 등¹⁰⁾이 소개한 sandwich technique 또는 double laminate technique에서 GIC는 치경부에서 복합레진에 의한 미세누출을 감소시키고 복합레진의 부피를 감소시켜 결과적으로 중합수축을 감소시키며 물성이 우수한 복합레진이 표층에 존재하여 심미성과 내마모성이 향상되는 많은 임상적 이점이 있다^{10-12,15-17)}. 이 방법은 레진과 GIC간의 결합력에 기초를 두고 있으며, 두 재료간의 접착강도는 GIC의 분액비, 레진 접착제의 사용여부 및 점도, 복합레진의 경화수축, 레진내의 filler의 함량 및 GIC의 종류, 표면상태, GIC의 산부식 시행여부 등 여러 인자에 영향을 받는다^{12,13,23,24)}.

Mangum 등⁹⁾은 일반적으로 sandwich technique으로 시술된 수복물에 하중이 가해졌을 때 결합실패를 예상할 수 있는 부위는 치질과 GIC의 계면, GIC와 레진의 계면 및 레진과 치질사이의 계면이며 이 술식을 성공적으로 시행하기 위해서는 GIC와 레진간에 확실한 결합을 얻는 것이 중요하다고 하였다. Snead 등⁷⁾, Hinoura 등²⁴⁾, McLean 등¹⁷⁾은 실제 GIC와 레진과의 결합력을 조사한 결과, 산부식을 시행한 경우 대부분의 시편의 파절이 GIC와 레진과의 계면이 아닌 GIC 자체내에서 일어남을 관찰하여, 두 재료간의 결합실패가 GIC 자체의 낮은 강도에 기인하는 것으로, GIC와 레진과의 결합강도가 GIC 자체강도보다 크며 GIC 자체의 응집강도가 레진과의 결합력에 있어서도 중요하고, GIC와 레진의 결합력은 GIC자체의 강도를 의미한다고 보고한 바 있다. 따라서 GIC 자체의 강도가 증가되고 치아와의 결합력이 강화된 광중합형 GIC의 경우에는 GIC와 레진과의 결합강도에 대한 평가가 더욱 중요한 의미를 가질 수 있다²⁵⁾.

또한 빠른 경화를 위해 개발된 이장용 GIC는 경화를 촉진하기 위해 glass의 성분중 aluminum 함량을 증가시킴으로서 투명도가 낮아 심미성이 저하될 수 있고 굴곡강도, 인장강도등 GIC 자체강도가 감소되는 단점을 가지게 되므로, 수복된 복합레진에 인장응력이나 전단응력이 가해질 경우 GIC가 이 응력을 상쇄시켜 주지 못 하고 GIC 자체에서 파절이 일어날 수 있다. 그러므로 재료자체의 물성을 고려할 때 이장용보다 충전용이 더 바람직한 재료라고 볼 수 있으며, Shin 등²⁵⁾과 McLean 등¹³⁾도 이장용 GIC에 비해 충전용 GIC가 자체응집강도 및 결합강도가 우수하고 더 심미적이므로 sandwich technique시행시 더 적당할 것이라고 하였는데, 본 실험에 사용된 충전용 GIC인 Fuji II LC가 이장용인 Vitrebond에 비하여 레진과의 전단결합강도가 대체로 높게 나타난 결과는 이들의 연구결과와 일치하였다.

한편 복합레진 수복을 위한 산부식이나 sandblasting 등을 통한 표면처리과정은 화학중합형 GIC의 경우 화학적으로 반응이 가장 활발한

시기에 실시하게 되어 GIC의 경화를 방해하게 하는 결과를 초래하여 재료의 물성을 저하시킬 수 있으므로²⁶⁾, GIC의 충전후 어느 정도 시간이 경과한 뒤에 산부식을 시행하는 것이 좋은가 하는 것은 큰 의미를 가진다. Chin⁸⁾, Shin 등²⁵⁾은 GIC를 혼합, 충전후 시간경과에 따른 레진과의 결합강도를 측정된 결과 시간경과에 따라 결합강도가 감소됨을 보고하였고, Wexler와 Beech¹⁹⁾는 시간경과에 비례하여 결합강도가 증가하므로 GIC의 충전후 최소 20분이 경과한 상태에서 표면에 대한 산부식처리를 해야한다고 하였다. Causton 등²⁷⁾은 산부식 시행시기와 결합력증가와는 특별한 상관관계가 없다고 하였는데 이는 실험에 사용한 각 GIC가 경화반응이 종료되는데 필요한 시간의 차이에 따른 것으로 보인다. Katsuyama 등²⁾은 레진충전시에는 중합수축이 발생하게 되고 이것은 하부의 GIC를 치아의 상아질로부터 분리시켜 술후 과민반응을 유발시키는 원인으로 작용할 수 있으므로, 일반적으로 GIC가 충분한 강도를 갖게 하기 위해서는 GIC의 충전후 경화되는데 필요한 충분한 24 시간 이상의 시간이 경과한 뒤에 레진을 충전할 것을 권한 바 있다.

그러나 기존의 화학중합형 GIC의 경우 경화반응이 완료되기 전에 레진충전 및 복합레진과의 결합력을 증가시키기 위해 산부식을 시행하게 되므로 수분에 의해 경화반응에 방해받게 되어 강도가 저하되고 투명도가 떨어져 심미성이 감소될 수 있는 등의 단점이 있다^{13,26)}.

이러한 화학중합형의 단점을 보완하기 위해 Mathis 등²⁰⁾은 기존의 GIC액에 13 wt %의 광중합레진액을 혼합하여 불소가 함유된 새로운 형태의 GIC인 광중합형 GIC를 개발하였는데, 기존의 화학중합형 GIC의 장점은 그대로 가지면서 기계적인 성질이 많이 개선되었고 수분에 대한 민감도와 용해도가 감소되어 3급 및 5급 와동의 수복, 유구치의 수복, core형성 및 불소유리를 기대해야 하는 부위의 레진과의 병행수복²⁸⁾, 복합레진수복물의 재수복 등에 널리 이용될 수 있다. 특히 친수성의 HEMA를 함유하고 있으므로 상아질과의 결합력이 증대되어 sandwich technique시행시 화학중합형보다 높

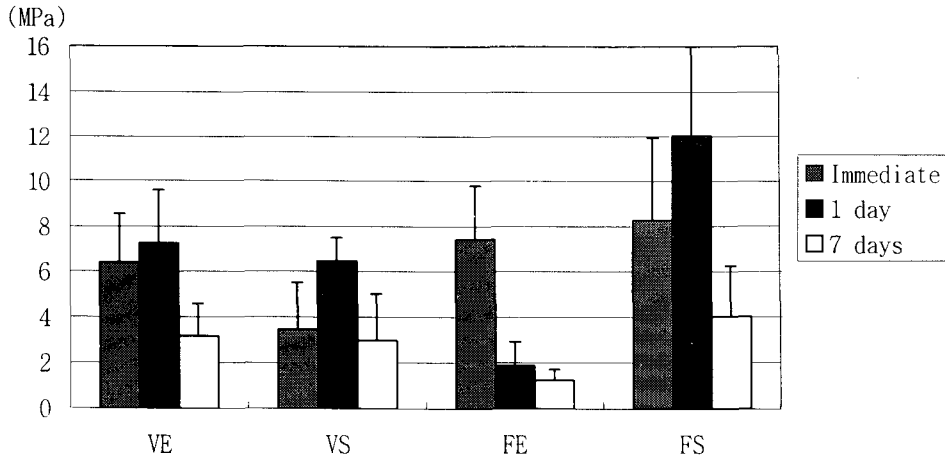


Fig 2. Shear Bond Strengths of each group.

은 결합력을 기대할 수 있다^{2,21)}.

따라서 본 연구에서는 물성이 매우 개선된 것으로 밝혀진 2종의 광중합형 GIC를 대상으로 레진과의 결합력을 측정된 결과, 시간경과에 따른 결합력의 변화에 있어서 Vitrebond는 충전후 1일 경과군에서 대체로 결합력이 높은 것으로 조사되었고, Fuji II LC는 표면처리방법에 따라 산부식의 경우 충전직후 결합시킨 FE0군에서, sandblasting을 시행한 경우는 1일 경과한 FS1군에서 결합력이 높게 나타났다($P < 0.05$) (그림 2). 이 결과는 FE군을 제외한 모든 군에서 GIC 충전후 하루가 경과한 다음 레진을 결합하는 방법이 레진과 GIC 사이의 결합력을 증가시킬 수 있음을 암시한다.

그러나 FE군에서는 GIC 충전후 즉시 레진과 결합시킨 FE0 군에서 결합력이 가장높게 나타나고 1일 이후에서는 결합력이 급감하는 양상이 나타난 것은 신 등²⁵⁾의 결과와 일치하였다. 임상에서 sandwich technique으로 수복시 일반적으로 GIC로 상아질면을 이장후 즉시 레진충전을 시행하는 경우가 대부분이다. 이러한 사실로 볼 때 충전용으로 사용되는 Fuji II LC를 레진하방에서 이장용으로 사용할 경우 GIC를 충전한 직후에 표면에 대한 산부식을 하고 레진을 충전하는 통상의 술식은 본 실험결과와도 부합되어 바람직한 것으로 판명되었다.

또한, 이장된 GIC표면에 sandblasting과 같

은 기계적인 표면조도를 부여할 경우에는 GIC를 충전후 최소한 24시간이 경과한 후에 표면처리를 하는 것이 레진과 GIC이장제간 결합력의 증가측면에서 더욱 바람직할 것으로 생각되었다.

복합레진과 GIC를 함께 수복재로 이용할 경우, 결합력의 증가목적으로 레진접착제를 이용하거나 GIC의 표면조도를 증가시키는 방법론적 연구에서 Subrata 등¹⁴⁾은 표면처리법보다는 레진접착제의 사용이 결합력을 증가시키는데 더욱 중요하다고 보고하였는데, 이는 점도가 높은 레진을 바로 적용하는 것에 비해 점도가 낮은 레진접착제를 중간매체로 사용하는 것이 GIC표면에 형성된 미세한 틈 속으로 잘 들어가 유지력을 좋게 하기 때문이라고 하였고²⁹⁾, Hinoura 등¹⁵⁾은 레진접착제와 GIC간에 화학결합의 가능성이 있음을 시사하였으며, 또한 낮은 수소이온농도를 가진 레진접착제를 사용할 경우 GIC와 레진사이의 결합력의 증가를 관찰하였는데, 이것은 GIC 표면이 레진접착체에 의해 부분적으로 부식되어 산부식의 경우와 같은 효과를 가짐으로써 GIC와 레진접착제 사이의 기계적 결합의 형성 가능성이 있기 때문이라고 하였다. 또한 Causton 등²⁷⁾도 레진접착제를 GIC의 다른 표면처리방법과 병행하여 시행하였을때 레진과의 결합력이 많이 증가되는 것을 관찰하였는데 레진접착제는 법랑질과 상아질에

대한 미세누출을 감소시키는 효과도 있으므로³⁰⁾, 레진접착제의 사용은 필수적일 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 광중합 GIC와 레진간에 확실한 결합을 획득할 목적으로 GIC를 표면처리후 레진접착제인 Scotchbond™를 사용하였다.

화학중합형 GIC에 대한 산부식 시행여부와 관련한 연구에서는, Garcia-Godoy 등¹⁶⁾은 표면에 산부식을 시행했을때 GIC의 종류에 상관없이 산에 의한 침식과 GIC 자체의 기포로 인하여 거친 표면이 만들어지고 레진을 위한 적절한 유지형태를 부여함으로써 결합강도가 증가함을 보고 하였다. McLean 등¹⁷⁾도 산부식을 시행했을때 표면이 거칠고 넓어져 레진과의 결합강도가 GIC의 상아질에 대한 결합강도보다도 높아짐을 보고하였고, Hinoura 등¹²⁾도 산부식이 두 재료간의 결합력 증가에 기여한다고 하였다.

이와는 반대로 Papagiannoulis 등³¹⁾은 산부식을 시행하지 않은 경우 결합력이 더 높다는 결과를 보고하여 산부식의 시행에 따른 결합력의 증가여부에 대하여 의문을 제시하였고, Mangum 등⁹⁾은 GIC의 표면을 산부식하는 것보다는 GIC가 완전히 경화되기전에 표면에 조도를 부여(surface roughness)하는 것이 레진과의 결합력증가에 기여함을 보고하였으며, 산부식시간이 증가할수록 GIC표면의 입자가 소실되어 결합력이 감소된다고 보고한 바 있다. Meyers 등²⁹⁾도 레진과의 결합력을 평가한 실험에서 관찰된 GIC의 응집실패의 원인이 산부식후에 형성된 미세다공구조(microporosity)에 기인한다고 보고한 바 있으므로, 산부식의 시행이 결합력증가에 미치는 영향에 대해 부분적으로 이견이 있었다.

그러나 화학중합형 GIC보다 물성에 있어 매우 개선된 것으로 알려진 광중합형 GIC의 산부식과 관련된 연구에서는 Kim 등³²⁾과, 신 등²⁵⁾은 산부식을 시행하는 경우 결합강도가 감소된다고 보고하였으며, 이는 광중합형 GIC의 기질의 많은 부분이 레진으로 구성되어 있어 이를 인산으로 부식시키는 것은 불가능하고 전자현미경상에서도 인산부식시 표면요철의 형

성은 관찰되지 않았다고 보고하여, 오히려 산부식시간이 길어질수록 접착실패율이 증가함을 보고하였다. 이런 결과는 화학중합형 GIC를 대상으로 하는 실험에서 대부분의 경우 산부식이 긍정적인 술식으로 받아들여지고 있는 것과는 차이가 있다. 실제 임상에서 sandwich technique을 시행할 경우 산부식과 수세과정은 피하기가 어렵고 이로 인해 HEMA가 부분적으로 제거될 수 있으며, GIC의 삭제시 HEMA나 oxygen inhibited functional methacrylate group의 보존이 불가능하게 되어 레진과의 결합력이 감소될 수 있음을 보고하였다^{25, 33)}.

노 등³⁴⁾은 경화된 GIC의 표면에 sandblasting을 시행한 경우에서 표면처리를 하지 않은 경우와 산부식을 시행한 경우에 비해 더 높은 결합강도를 얻었는데 이는 sandblasting시 화학적인 결합 이상의 큰 기계적 유지형태가 GIC표면에 형성되었기 때문이라고 하였으며, 이는 GIC표면을 연마하는 술식이 접착강도를 증대시키기에 충분한 표면조도를 형성해 줄 수 있으므로 더 이상의 산부식은 필요하지 않다는 김 등³⁵⁾의 연구결과와 일치하며, 본 연구에서도 충전용 광중합형 GIC의 경우 산부식시에 비해 sandblasting시의 평균결합강도가 더 높게 나타난 것은 일치하나, 이장용 GIC를 사용한 경우에는 산부식으로 처리한 경우결합력이 더 높은 것으로 나타나 상반된 결과를 보였다.

충전용 GIC는 재료의 경화후 표면직하방에 존재하는 미세기포 등이 sandblasting 과정에서 표면으로 노출되어 레진접착제에 의한 유지력이 증가된 때문으로 생각된다. 그러나 산부식법 단독으로는 광중합형 GIC 표면을 부식시키는 것이 어려우므로 내부존재하는 미세한 기포가 접착력의 증가에 기여하기 보다는 레진접착제 자체의 결합력이 단독으로 두 재료간의 결합력을 좌우하게 되어 sandblasting을 시행한 경우보다 결합력이 저하된것으로 생각된다.

본 연구에서 37 % 인산용액을 사용하여 30초간 부식하는 방법을 사용하여 얻은 결과로 보면 산부식법으로 표면처리한 경우에는 충전용 GIC인 Fuji II LC에서 시간이 경과할수록 결

합력이 급격하게 감소하는 양상이 나타나므로 이는 GIC가 완전히 경화후에는 표면에 대한 산부식이 효과가 없음을 보여주는 결과로 신 등²⁵⁾의 결과와 일치하였다. 따라서 충전후 일정시간이 경과한 GIC부위에 레진을 이용하여 수복을 하고자 할 경우에는 산부식법을 이용하기보다는 표면을 기계적인 방법으로 조도를 부여하는 것이 더욱 바람직할 것으로 생각되었다.

일반적으로 화학중합형 GIC에 비해 광중합형 GIC가, 이장용 GIC에 비해 충전용GIC가 응집강도 및 재료자체의 물성이 뛰어나므로 레진과의 결합강도도 높고, 표면에 기계적인 처리를 시행했을 경우 GIC 자체의 손상이 적은 까닭에 광중합형 GIC, 그 가운데도 충전용 GIC가 sandwich technique을 시행했을 때 더 우수한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다^{20, 33, 36, 37)}. 또한 Fortin 등²¹⁾은 친수성의 HEMA가 더 많이 포함되어 있는 광중합형 GIC 일수록 레진과의 결합력이 증가됨을 보고하였는데 이는 본 연구에서 전체적인 결합력이 충전용 GIC인 Fiji II LC가 이장용인 Vitrebond 보다 높게 나타난 것에서도 확인할 수 있었다.

그런데 Fortin 등²¹⁾에 따르면 두 재료간의 결합력은 재료자체의 내부 응집력의 30 -80 % 정도로 레진과의 결합강도가 GIC 자체강도에는 미치지 못 하며, Vitremer의 경우 Z 100과의 결합력이 자체응집강도의 70-78 % 정도로 다른 광중합형 GIC에 비해 높게 나타났는데 이는 Vitremer™와 Z100™이 동일한 제조회사 제품에서는 두 재료간에 화학적인 친화력이 있는 까닭으로 생각되었고, 이와 유사한 결과가 타사 제품들간에도 발견된다고 보고하였다. 이는 Vitrebond가 이장용 GIC 임에도 불구하고 Z 100과의 결합력이 비교적 높게 나타난 본 연구의 결과와도 연관이 있는 것으로 생각되었다.

광중합 GIC의 경화반응은 두 단계에 걸쳐서 일어나며, 초기 경화반응은 Ca ion과 polyanion사이에서, 다음은 Al ion과 polyanion 사이에서 일어난다. 두 번째 단계에서 일어나는 반응이 더 중요하며 많은 시간이 소요되는데,

본 실험에서 Vitrebond 에 레진을 즉시 충전하는 것에 비해 24시간 경과후 충전한 경우에서 더 결합력이 높게 나타났다. 이것은 광중합형 GIC의 범랑질과 상아질에 대한 결합강도를 측정 한 McCaghren 등³⁸⁾의 연구에서 Vitrebond의 경우 두 번째 단계에서 일어나는 경화반응이 완전히 종료되는데는 최소한 15분 이상의 시간이 필요하며 그 시간 이상이 경과한 경우 결합력의 유의한 차이는 없음을 보고한 연구 내용과 일치하였다.

그리고 광중합형 GIC가 레진수복물의 재수복용으로 사용되는 경우, 또는 그 반대의 경우에 양 재료간의 화학적인 친화력을 평가하는 것이 중요하다. 일반적으로 선행된 재료로 충전하고 일정시간이 경과한 후 다른 재료를 적용하는 경우가 많으므로, 선행 재료로 충전한 후 그것의 화학적인 결합력이 최고수준에 있을 때 다음 재료를 충전하여 양 재료간의 결합강도를 측정 한 대부분의 결과를 재수복시 참고하는 것은 바람직하지 못 하며 재수복과 관련된 경우 추후에 장기간에 걸친 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

또한 동일한 광중합형 GIC에 있어서도 종류에 따라 경화반응의 양상 및 시간에 있어 차이를 보이므로 복합레진과의 접착에 대한 화학적인 측면과 임상적 성질 등에 대해서도 지속적인 연구가 있어야 할 것으로 생각되며, 표면처리 방법도 산부식이나 sandblasting 이외에 다른 기구나 약제를 이용한 기계적, 화학적 방법에 대하여 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

V. 결 론

본 연구는 광중합 GIC를 충전한 후 경화시간 및 표면처리 방법에 따라 복합레진과 결합시킨후 그 전단결합강도를 측정비교함으로써 이장재 및 수복재로서 바람직한 재료 및 시술방법을 규명할 목적으로 시행하였다. 광중합 GIC는 이장용과 충전용으로 구분하여 Vitrebond와 Fuji II LC를 사용하였으며 이를 산부식 및 sandblasting여부에 따라 분류하였고, GIC

충전후 표면처리를 시행하기까지의 시간에 따라 각각 재분류하였다. 각 실험군당 10 개씩 120 개의 광중합형 GIC 충전시편을 제작하여 시간 경과에 따라 각각 표면처리한 후 레진접착제를 도포하고 레진과 결합시켜 GIC와 레진간의 전단결합강도를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 복합레진과의 전단결합강도는 충전용 GIC 인 Fuji II LC로 충전후 1일 경과후 sandblasting으로 표 면처리한 FS1군에서 가장 높 았고, 7일 경과후 표면을 산부식으로 처리한 FE7군이 가장 낮았으며 양 군간에는 유의한 차이가 인정되었다($P < 0.01$).
2. 표면처리방법에 따른 레진과의 결합력은 Vitrebond에서는 대체로 산부식(VE)군의 결합력이 sandblasting(VS)군에 비해 높았 으며, Fuji II LC에서는 sandblasting(FS) 군이 산부식(FE)군보다 결합력이 높게 나 타났다 ($P < 0.05$).
3. 시간경과에 따른 결합력의 변화에 있어서 Vitrebond는 충전후 1일 경과군에서 대체로 결합력이 높은 것으로 조사되었고, Fuji II LC는 표면처리방법에 따라 산부식의 경우 충전직후 결합한 (FE0)군 에서, sandblasting을 시행한 경우는 1일 경과(FS1)군에서 결합력이 높게 나타났다 ($P < 0.05$).

참고문헌

1. Wilson, AD., Kent BE. : A new translucent cement for dentistry, The glass ionomer Cement, Br. Dent. J., 132 : 133-135, 1972..
2. Katsuyama S., Ishikawa T., Fujii B. : Glass ionomer dental cement-the materials and their clinical use. IEA Inc. Pub. Co. 1993.
3. Swartz ML., Phillips RW., Clark HE. : Long-term F release from glass ionomer cements. J. Dent. Res. 63(2) : 158-160, 1984.
4. D. H. Retief, E. L. Bradley, J. C. Denton, P. Switzer : Enamel and cementum fluo-

- ride uptake from a glass ionomer cement. Caries res. 18 : 250-257, 1984
5. Hotz D., et al. : The bonding of glass ionomer cement to metal and tooth substrates, Br. Dent. J., 142 : 41-47, 1977.
6. Garcia-Godoy, F. : Shear bond strength of a posterior composite resin to glass ionomer bases. Quint. Int. 19(5) : 357-359, 1988.
7. Sneed WD., Looper SW. : Shear bond strength of a composite resin to an etched glass ionomer. Dent. Mater. 1 : 127-128, 1985.
8. Chin YH., Tyas MJ : Adhesion of composite resin to etched glass ionomer cement. Aust. Dent. J. 33(2) : 87-90, 1988.
9. Mangum FI, et al. : Optimal etching time of glass ionomer cement for maximum bond of composite resin. JADA 120 : 535-538, 1990.
10. McLean JW, Wilson AD. : The clinical development of glass ionomer cements : formulation and properties, Aust. Dent. J., 22 : 120, 1977.
11. Suzuki M., Jordan RE. : Glass ionomer-composite sandwich technique. JADA, 120 : 55-57, 1990.
12. Hinoura K., et al. : Tensile bond strength between glass ionomer cements and composite resin. JADA 114 : 167-172, 1987.
13. McLean JW. : Glass-ionomer cements. Br. Dent. J. 164 : 293-300, 1988.
14. Subrata G., Davidson CL. : The effect of various surface treatments on the shear strength between composite resin and glass ionomer cement. J. Dent 17 : 28-32, 1989.
15. Hinoura K., Suzuki H., Onose H. : Factors influencing bond strengths between unetched glass ionomers and resins. Oper. Dent. 16 : 90-95, 1991.
16. Garcia-Godoy F. : The effect of acid et-

- ching on two glass ionomer lining cements. *Quint. Int.* 17(10) : 621-623, 1986.
17. McLean JW., Prosser HJ., Wilson AD. : The use of glass ionomer cements in bonding composite resins to dentin. *Br. Dent. J.* 158 : 410-414, 1985.
 18. Joynt RB, et al. : Effects of etching time on surface morphology and adhesion of a posterior resin to glass ionomer cement. *J. Prosthet. Dent.* 61(3) : 310-314, 1989.
 19. Wexler G., Beech DR. : Bonding of a composite restorative material to etched glass ionomer cement. *Aust. Dent. J.* 33(4) : 313-318, 1988.
 20. Mathis RS., Ferracane JL. : Properties of a glass ionomer / resin composite hybrid material. *Dent. Mater.* 5 : 355-358, 1989.
 21. Fortin D., et al. : Bonding of resin composites to resin-modified glass ionomers. *Am. J. Dent.* 8(4) : 201-203, 1995.
 22. Mitra SB : Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass ionomer liner/base. *J. Dent. Res.* 70(1) : 72-74, 1991.
 23. Mount GJ. : A method of testing the union between glass ionomer cement and composite resin. *Aust. Dent. J.* 33(6) : 462-466, 1988.
 24. Hinoura K., et al. : Factors of glass ionomer cements influencing the bond strength to resin composites. *Dent. mater.* 6 : 94-98, 1989.
 25. 신기식 등 : 베이스용 글라스 아이오노머 시멘트와 복합레진 수복재의 결합강도에 관한 연구. *경희 치대논문집*, 14 : 189-210, 1992
 26. Earl MSA., Ibbetson RJ. : The clinical disintegration of a glass ionomer cement, *Br. Dent. J.* 161 : 287-291, 1986.
 27. Causton B., Sefton J., Williams A. : Bonding Class II composit to etched glass ionomer cement. *Br. Dent. J.* 163 : 321-324, 1987.
 28. Horsted-Bindslev P., Larsen MJ. : Release of fluoride from light cured lining materials. *Scand. J. Dent. Res.* 99 : 86-88, 1991.
 29. Meyers R., Garcia-Godoy F., Norling BK. : 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. *Quint. Int.* 21(6) : 501-506, 1990.
 30. Hembree JH. : In vitro microleakage of a new dental adhesive system *J. Prosthet. dent.* 55 : 442-445, 1986.
 31. Papagiannoulis L., Eliades G., Lekka M. : Etched glass ionomer liners : surface properties and interfacial profile with composite resins. *J. Oral Rehabilit.* 17 : 25-36, 1990.
 32. 김덕, 민병순 : 광중합형 글라스 아이오노머 시멘트와 복합레진과의 전단 결합강도에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 19(2) : 447-458, 1994
 33. Hassan F., Nathanson D. : Shear bond strengths of composite to etched glass ionomer cement. *J. Dent. Res.* 66 : 132-138, 1987.
 34. 노봉환, 황호길, 조영곤 : 글라스 아이오노머 시멘트의 표면처리방법에 따른 복합레진과의 전단결합 강도에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 20(1) : 362-371, 1995.
 35. 김성교 : 광중합형 glass ionomer 이장재의 산부식이 복합레진과의 접착에 미치는 영향. *경북치대논문집* 8(1) : 1-17, 1991.
 36. Peutzfeldt A., Asmussen E. : Bonding and gap formation of glass ionomer cement used in conjunction with composite resin. *Acta Odont. Scand* 47 : 141-148, 1989.
 37. Kerby R.E. and Knobloch L. : The relative shear bond strength of visible light-curing and chemically curing glass-ionomer cement to composite resin. *Quint. Int.* 23 :

641–644, 1992.

38. McCaghren RA., et al. : Shear bond strength of light-cured glass ionomer to ena-

mel and dentin. J. Dent. Res. 69(1) : 40–45, 1990.