

Repaired glass ionomer cement의 결합강도에 관한 연구

부산대학교 치과대학 소아치과학교실

서수정 · 김 신

Abstract

A STUDY ON THE BOND STRENGTH OF REPAIRED GLASS IONOMER CEMENTS

Su-Jeong Seo, Shin Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University

The purpose of this study was to compare the bond strengths of different kinds of glass ionomer cements (GIC), which is recently increasing the clinical application in the field of pediatric dentistry and measure the repaired bond strengths in order to examine the clinical applicability of partial repaired cases.

By using one kind of the light cured type GIC and three kinds of the chemical cured type GIC, the bond strengths of the followings were compared : unrepaired group as control, repaired conditioning group, which was treated the repaired surface using 25% polyacrylic acid and repaired non-conditioning group without surface treatment. Three point bending test was performed under Universal Testing Machine in order to measure the compressive bond strengths.

The results were as follows :

1. Light cured GIC had higher bond strength than chemical cured type GIC in both of repaired and unrepaired groups.
2. In repaired cases, all of the materials decreased the bond strength when compared to the control group. In the light cured type, the bond strength of repaired conditioning group decreased 31.6%, repaired non-conditioning group decreased 40.8%. In chemical cured types, the bond strength of repaired conditioning group decreased 11.8%, repaired non-conditioning group decreased 20.9%.
3. All the materials, in the case of the chemical treatment on the repaired surface using 25% polyacrylic acid had higher bond strength than untreated but, lower than control group.

I. 서 론

Glass ionomer cement (이하 GIC)는 1972년 Wilson과 Kent¹⁾에 의해 최초로 치의학계에 소개되었다. GIC 성분중의 silicate glass 분말은 강도와 견고성을 증진시키고 불소를 유리하는 특성을 가지고 있으며, polyacrylic acid는 물질의 접착력과 생체적합성에 도움을 준다고 알려져 있다²⁾.

처음 소개되었을 당시에는 작업시간 및 경화시간에 따른 문제, 색조와 투명도의 한계로 인하여 성공적이지는 못 하였으나³⁾, 최근 Wilson⁴⁾, McLean 등⁵⁾, Mount⁶⁾의 다양하고 심도 있는 연구의 결과 GIC의 임상적 적용이 가능하게 되었다. 또, 근년에 들어 광중합능을 가미한 복합레진과의 hybrid version으로 볼 수 있는 형태가 소개되었으며⁷⁻⁸⁾, 이 새로운 광중합형은 재래의 GIC가 가졌던 문제점, 즉, 습기에 민감하고 초기의 기계적 강도가 낮았던 점을 극복할 목적으로 개발되어 임상적으로도 많은 장점을 보여주고 있다⁹⁾. GIC는 치질과의 강력한 접착력, 그리고 불소를 유리하는 성질로 인한 항우식효과를 가지고 있기 때문에, 근래에 이르러 수복재, 이장재 및 접착재 등의 다양한 용도¹⁰⁻¹³⁾로 광범위하게 이용되고 있다. GIC의 가장 성공적인 임상적 적용은 V 급 와동의 마모나 교모부위의 수복, 보존적인 III 급 와동의 수복, core의 축조, 접착재, 유치의 수복에 사용되며, 특히 어린이에서는 수복재로서의 수명보다는 항우식효과의 특성을 더 중요하게 고려할 때 사용된다¹⁴⁻¹⁶⁾.

최근 치과임상에서 사용이 증가하고 있는 GIC의 중요한 생리화학적 특성은 상아질과 법랑질에의 화학적인 결합^{17,18)}으로 인한 광범위한 와동형성의 필요성 감소, 불소유리에 의한 이차우식의 감소^{2,19)}, 치주조직에 대한 생체적합성²⁰⁾등을 들 수 있다. 반면, 임상적으로 형태부여가 힘들고, 과도한 연마, 파절, 마모 및 공기의 함입으로 인한 결손부위 등이 GIC수복 이후 짧은 기간내 나타날 수 있으며²¹⁾, 내마모성이나 파절저항성과 같은 재료 자체의 물성이 미흡하기 때문에²²⁾ 수복물의 부분적인 재수복이

필요한 경우가 있다. 또, 경화반응이 진행되는 동안에는 수분의 영향에 매우 민감하여 경화반응 초기에는 수분과의 접촉을 피해야 하며 경화후에는 탈수를 방지해야 한다. 경화초기에 수분과 접촉되면 수복물표면의 경화상태가 불량해져 물성이 저하되며 육안적으로 투명도를 상실하게 되기도 한다. 이러한 경우 표층부의 부분적인 제거와 재수복이 필요하게 된다²³⁻²⁵⁾. 이와 같이 수복목적으로 GIC의 사용이 증가함에 따라 임상적으로 발생하는 문제점들도 다양하므로 GIC의 재수복의 필요성 또한 증가하는 추세에 있다. 일반적으로 amalgam을 재수복하는 경우는 정상적으로 old restoration에 mechanical retention을 부여하여 new restoration과 결합하고, resin based system에서는 표면에서 약간의 화학적 작용에 의한 결합을 함으로써 whole specimen과 비교해서 재수복시 40% 정도의 강도 감소를 보인다고 하였다²⁶⁾. GIC에서는 free acrylic acid를 포함하는 new specimen에 old specimen의 glass component가 노출된 면에서 화학적인 결합이 일어나 재수복된다고 보고되었다²⁶⁾. 그러나, 재수복된 GIC간의 결합강도의 변화에 관한 연구는 아직 미미한 실정이었다. 따라서, 본 연구는 근래에 개발된 광중합형 GIC와 재래의 화학중합형 GIC를 사용한 부분적인 재수복시에 나타나는 결합강도의 변화를 조사하여 재수복의 임상적 적용의 타당성을 검토하고, 또한 재수복시에 수복물의 표면처리방법이 결합강도에 미치는 영향을 평가할 목적으로 시행되었다.

II. 연구재료 및 방법

가. 연구재료

시편제작을 위해 광중합형 GIC로는 Fuji II LC, 화학중합형 GIC는 Ketac-Fil, 화학중합형 glass cermet cement로는 Ketac-Silver와 Miracle Mix를 사용하였으며, 재수복시의 시편의 표면처리재료는 Ketac conditioner를 사용하였다(표 1).

Table 1. Materials used in this study

Material Name	Chareacteristics	Manufacturer	Oraganic acid
Fuji II LC	HEMA, Light cured	GC	
Ketac-Fil	Chemically cured	ESPE	1 : 1 maleic : acrylic comolymer
Ketac-Silver	Chemically cured, cermet type.	ESPE	1 : 1 maleic : acrylic copolymer
Miracle Mix	amalgam filled.	GC	
Ketac conditioner	25 % polyacrylic acid	ESPE	

나. 연구 방법

1. 시편의 제작 및 표면 처리 방법

Vinyl polysiloxane impression material을 사용하여 가로 25 mm, 세로 4 mm, 높이 2 mm의 크기로 사각형의 mold를 제작하였다. 이 mold를 사용하여 재료별로 각 30개씩 총 120개의 동일한 크기의 시편을 제작하였다(그림 1).

(1) unrepaired specimens의 제작

광중합형 GIC는 제조사의 지시에 따라 혼합하여 syringe를 사용하여 mold에 넣고 finger pressure를 사용하여 mylar strip을 덮은 후, 유리판을 얹고 상부를 60초간 광중합하여 10개의 시편으로 제작하였다.

화학중합형 GIC는 종류별로 각각 제조사의 지시에 따라 조작하여 mold내에서 mylar strip을 덮고 20분간 경화하여, 종류별로 10개씩 총 30개를 제작하였다. 중합된 40개의 시편은 varnish를 도포한 후, 2주간 37°C의 생리식염수에 보관한 후, 결합강도를 측정하였다.

(2) repaired specimens의 제작 (그림 2)

(1)과 같은 동일한 방법으로 재료별로 각각 10개씩을 제작하여 1주일간 37°C 생리식염수에 보관후 꺼내어 disk로 시편을 반으로 절단한다.

이중 종류별 10개씩 40개는 잘린 단면을 25% poliacyrylic acid로 20초간 표면처리한 후 30초간 세척, 건조하고, 나머지 40개는 표면처리를 하지 않았다. 이들 80개의 시편을 다시 mold

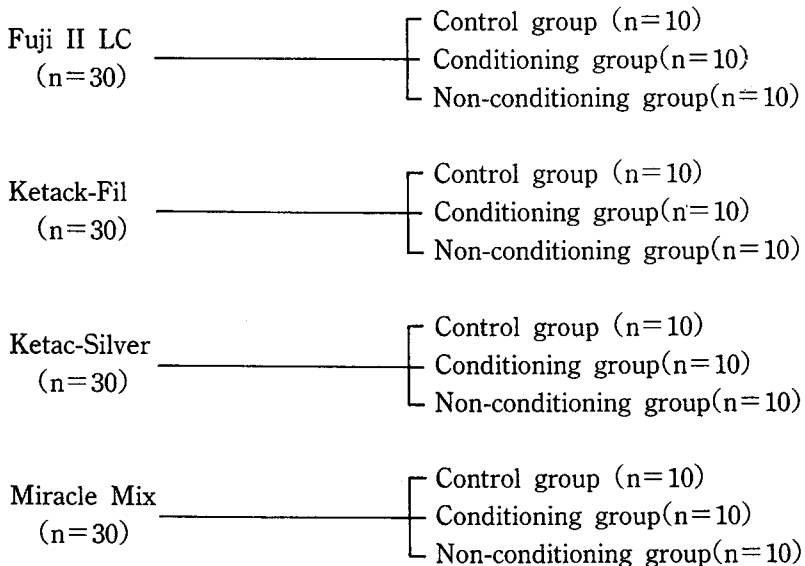


Fig. 1. Testing scheme of the each group

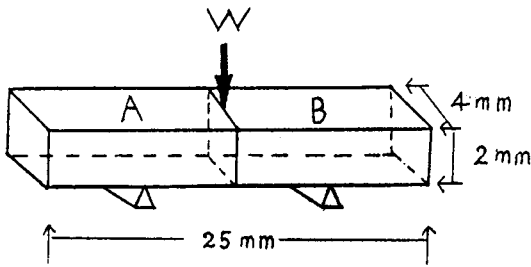


Fig. 2. Schematic diagram of repaired specimen for 3-point bending test
 A : old material B : new material W : load

내에 넣고 나머지 반쪽 부분을 새로운 재료로 채운 후 경화시켜 varnish를 도포한 후 1주간 더 37°C 생리식염수에 담군 후 시편의 결합 강도를 측정하였다.

2. 3점 굽힘시험을 통한 결합강도의 측정

시편은 만능시험기(Instron : Model 4301, U.S.A.)에서 cross head speed 0.5 mm/min의 속도로 5 kg의 하중을 가하여 시편의 파절이 일어나 load-time curve에서 하중의 급격한 감소를 나타내는 지점의 하중치를 측정하였다.

3. 통계 처리

통계분석은 SPSS/PC+를 이용한 one way ANOVA test를 이용하여 검정하였다.

III. 실험 성적

각 재료의 결합강도의 측정결과는 표 2에 나타난 제시된 바와 같다. Fuji II LC의 unrepaired group이 0.3876±0.0247 MPa 로 가장 높은 결합강도를 보였으며, Ketac-Silver의

non-conditioning group이 0.1573±0.0124 MPa 로 가장 낮은 결합강도를 나타내었다.

한편, 각 재료들간의 결합강도의 차이와 실험조건에 따른 각 군간의 결합강도의 차이에 대한 유의성을 검증해보면 다음과 같다.

1. 각 재료들의 결합강도의 차이

대조군에서 Fuji II LC가 다른 재료의 1.8 배의 강도로 가장 크게 나타났고, 다음으로 Miracle Mix, Ketac-Fil, Ketac-Silver의 순이었으며 결합강도는 차이에는 통계학적으로 유의성이 있었다($p < 0.05$). Repaired group에서도 conditioning을 시행한 군과 하지않은 군 모두에서 Fuji II LC 재료가 가장 높은 강도를 보였고 Ketac-Silver가 가장 낮은 강도를 나타냈으나, Ketac-Fil과 Miracle Mix의 결합강도는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

2. 각 재료내에서 실험조건에 따른 결합강도의 차이

실험조건에 따른 군간에 유의성 검증은 표 3 과 같고, 표 4 는 결합강도가 가장 높은 대조군을 기준으로 unrepaired group의 강도를 백분율로 표시한 것이다. 모든 재료에서 대조군의 결합강도가 가장 높았으며, conditioning을 시행한 군이 하지 않은 군보다 더 높게 나타났다.

1) Fuji II LC군내에서의 결합강도의 차이
 결합력의 군간 차이는 유의성이 있었으며($p < 0.05$), 대조군에 비하여 conditioning group은 31.6% 정도의 주목할 만한 감소를 보였다. 또한, repaired group중에서는 conditioning을 시행한 군이 하지 않은 군보다 결합강도가 9.2% 더 크게 나타났다.

2) Ketac-Fil 군내에서의 결합강도의 차이
 대조군에 비하여 conditioning group은 11.8

Table 2. Bond strengths of each group(MPa)

material	Unrepaired(control)	Repaired(conditioning)	Repaired(non-conditioning)
Fuji II LC	0.3876±0.0247	0.2651±0.0332	0.2295±0.0289
Ketac-Fil	0.2211±0.0150	0.1951±0.0131	0.1845±0.0263
Ketac-Silver	0.1915±0.0115	0.1698±0.0131	0.1573±0.0124
Miracle Mix	0.2364±0.0117	0.2004±0.0096	0.1871±0.0079

M±SD

Table 3. Comparison of bond strength between groups

	Control vs Conditioning	Control vs Non-conditioning	Condition vs Non-conditioning
Fuji II LC	*	*	*
Ketac-Fil	*	*	—
Ketac-Silver	*	*	*
Miracle Mix	*	*	*

* P<0.05

Table 4. Percentage of bond strength compared with control(%)

	Control	Conditioning	Non-conditioning
Fuji II LC	100	68.4	59.2
Ketac-Fil	100	88.2	83.3
Ketac-Silver	100	88.6	82.1
Miracle Mix	100	91.5	79.1

% 정도의 감소를 보였으며 ($p < 0.05$), conditioning을 시행한 군이 하지 않은 군보다 결합력이 크게 나타났으나 유의한 차이는 아니었다 ($p > 0.05$).

3) Ketac-Silver 군내에서의 결합강도의 차이

군간의 결합력비교에서는 유의한 차이가 있었으며 ($p < 0.05$), 대조군에 비하여 conditioning group은 11.4% 정도의 강도의 감소를 보였다. 또한, repaired group중에서는 conditioning을 시행한 군이 하지 않은 군보다 6.5% 더 크게 나타났다.

4) Miracle Mix 군내에서의 결합강도의 차이

군간 결합력비교에서는 유의한 차이가 있었으며 ($p < 0.05$), 대조군에 비하여 conditioning group은 18.5% 정도의 감소를 보였다. 또한, repaired group간에는 conditioning을 시행한 군이 하지 않은 군보다 결합강도가 12.4% 더 크게 나타났다.

IV. 고 찰

광중합형 GIC는 기존의 화학중합형 GIC에 비해 경화 과정이 개선되었고, 재료의 작업시

간을 수의적으로 조절 가능하며 초기 강도가 단시간 내에 이루어져 수분의 침투에 효과적으로 대응할 수 있다²⁷⁾. 반면, polyacid matrix와 polymerized ionomer간에 광굴절율이 다르기 때문에 투명도가 기존의 GIC에 비해 낮은 단점을 보이고 있다²⁸⁾. 광중합형 GIC의 치질에 대한 접착 강도는 재래의 화학중합형 GIC에 비해 일반적으로 우수하나²⁹⁻³¹⁾, 1-24 시간 동안에는 별 차이가 없는 것으로 나타났다³²⁾. 압축 강도나 인장 강도도 재래의 GIC에 비해 실험적으로 우수하다는 데 의견이 일치되고 있다^{33,34)}. 본 연구에서도 광중합형 GIC종류인 Fuji II LC가 3종의 화학중합형 GIC보다 1.8배 정도의 월등한 압축강도를 나타내었다. 본 실험에 사용된 Ketac-Silver나 Miracle Mix는 강도를 강화시키기 위해서 각각 silver와 amalgam성분을 첨가한 GIC이나 광중합형 GIC보다는 훨씬 낮은 강도를 보였다.

GIC의 일차수복물에서 결합부위가 발견이 되었을때 와동 전체의 수복물을 제거하고 재수복할 수도 있으나, 필요에 따라서는 부분적인 재수복도 가능하다. 이러한 경우에 일차수복물의 표면상태에 따라 재수복물의 결합력이 영향을 받을 수 있는데, 이런 일차수복물의 표면상태를 여러가지 다른 방법으로 처리하여

결합력을 증진시키려는 연구가 과거부터 다양하게 행해져 왔다. Hunt, McLean 그리고 Gasser^{35, 36)}는 화학중합형 GIC의 재수복시 일차수복물의 표면을 산부식함으로써 새로운 수복물의 결합강도를 증진시킨다고 하였다. Brackett와 Johnston³⁷⁾은 37% phosphoric acid로 술전 처리한 것이 40% polyacrylic acid로 처리한 것보다 더 강한 결합강도를 보인다고 하였다. Parra 등³⁸⁾은 화학중합형 GIC에서 phosphoric acid로 20초간 산부식함과 동시에 표면을 거칠게 한 경우에서 결합강도가 가장 높게 나타났다고 하였다. Schere 등³⁹⁾은 GIC를 산부식시킨 면은 경화된 cement의 matrix portion을 변화시켜 micromechanical retention의 형성을 허락하나 unfilled resin에서처럼 irregularity내로 wetting되는 작용은 없는데 이것은 GIC성분의 점성이 바람직한 micromechanical retention을 방해하기 때문이라고 하였다. 또한, 산부식법에 의한 효과가 cement의 경화 정도에 따라 변화가 심하기 때문에 일차 수복후 상당한 시간이 경과한 경우에는 결합강도가 저하되므로 재수복법으로서 resin을 사용하는 sandwich technique을 추천하였다. 허 등⁴⁰⁾은 재수복시 표면 처리방법과 일차 수복후 경과한 시간에 따른 재수복물의 결합력을 분석한 결과, 30분 경과한 Ketac-Fil시편을 30초간 phosphoric acid로 산부식시키는 것이 결합력에 가장 효과적이었으며, 30분 이상 경과한 경우에는 처리방법에 따른 결합력의 차이가 없었다. 따라서 부분적인 재수복시에는 resin을 사용한 sandwich technique이 바람직하다고 주장하였다.

본 연구에서는 smear layer의 제거에 사용되는 dentin conditioner 즉, 25% polyacrylic acid를 연마한 표면에 사용하여 debris를 제거함으로써 청결한 면을 형성하는 방법도 가능하다고 사료되어 시행해본 결과, 광중합형 GIC인 Fuji II LC와 화학중합형 GIC인 Ketac-Silver, Miracle Mix군에서 강도의 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$). 특히, 광중합형 GIC에서 conditioning을 시행한 군과 하지 않은 군간의 차이가 뚜렷했는데 이는 소량이기는 하나 GIC에 함유된 resin성분이 roughening된

일차수복물의 표면내부로 wetting되는 작용이 관여하였기 때문으로 추측된다³⁹⁾.

Brackett과 Johnston³⁷⁾은 화학중합형인 Ketac-Fil을 1주일후 재수복한 경우 repaired specimen의 결합강도는 unrepaired specimen에 비해 적어도 44%의 감소를 보인다고 하였다. 반면 Robbins 등²¹⁾은 산부식 대신 old material의 surface sanding을 사용하여 GIC의 재수복시의 결합력을 조사하였는데 Ketac-Fil이 Ketac-Silver보다 강도가 컸으며, Ketac-Fil의 경우 1개월후 수복한 경우 cohesive failure가 나타났는데, 이것은 원래의 강도만큼 강한 결합력을 나타내었다. Scherer 등³⁹⁾은 경화시간과 산부식시간을 달리하여 화학중합형 GIC의 cohesive bond strength를 조사한 결과, 시간에 따라 결합력이 다양하여 5분후 재수복한 군에서 가장 높은 결합강도를 보였으며 24시간 경화시킨 군에서 특히 낮은 결합강도를 보였고, unrepaired specimen이 repaired specimen보다 더 강한 결합강도를 나타내었다. Pearson 등²⁶⁾은 경화후 1시간과 7일후에 재수복하였을때의 결합강도를 원래 재료의 결합강도와 비교하여 50% 정도의 주목할 만한 강도의 감소가 나타났다고 하였다. 1시간후보다 7일후에 재수복한 경우가 강도의 감소가 더 크게 나타났으며, Ketac-Fil이 Ketac-Silver보다 더 큰 감소를 나타내었다고 하였다. 이것은 sintered silver의 존재가 양측 시편간의 결합을 증진시키는 어떤 역할을 하였거나, sanding에 의한 표면변화가 일어나 결합이 증진된 것으로 추측하였다. 따라서, 임상적인 적용측면에서 두 재료는 재수복시에 강도가 감소하더라도 기계적인 연마이후에 수복한다면 수용가능하다고 주장하였다²⁶⁾.

Parra 등³⁸⁾은 화학중합형 GIC에서 repaired specimen은 unrepaired specimen의 65% 이상의 강도를 보였다고 하였으며, 이것은 과거의 Robbison²¹⁾, Pearson²⁶⁾, Brackett³⁷⁾의 결과보다 높다고 주장하였다. 본 연구에서는 화학중합형인 Ketac-Fil과 Ketac-Silver군에서는 conditioning후 재수복한 경우 11.8%와 11.4%의 상대적으로 미약한 감소를 보였으며, Miracle Mix에서도 18.5%의 감소가 나타났는데, 부

분적인 재수복시에 이 정도는 임상적으로 수용가능하다고 사료된다.

광중합형 GIC는 비교적 근래에 개발된 제품이므로 이를 이용한 부분적인 재수복의 결합강도에 대한 문헌은 매우 드문데, 최근에 Davis 등⁴¹⁾의 연구에 의하면, immediate repair와 delayed repair시의 결합강도가 제품에 따라 다르게 나타났다. Fuji II LC에서는 unrepaired specimen보다는 36% 정도의 강도저하가 나타났으며 immediate와 delayed repair간에는 유의한 차이를 보이지 않았고, Vitremer에서는 immediate repair bond strength는 unrepaired specimen에 비해 차이가 없거나 오히려 더 높은 강도를 보이며, delayed의 경우에는 오히려 낮은 강도를 보인다고 하였다. 또 기존의 화학중합형 GIC인 Ketac-Fil에서는 unrepaired specimen이나 immediate, delayed repair모두에서 cohesive strength에 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다⁴¹⁾.

본 연구에서는 1 주후 재수복한 delayed repair만을 시행하였는데, 광중합형 GIC에서 재수복시 결합강도가 31.6% 정도로 크게 감소한 것과 화학중합형 GIC에서 강도의 감소폭이 작았던 것은 Davis⁴¹⁾의 결과와 유사하였다. Resin의 재수복시의 결합강도에 대한 문헌은 매우 많은데, 사용된 resin의 종류에 따라서 다양하기는 하나 대부분 unrepaired specimen의 40% 정도의 강도의 저하를 보이는 것으로 보고되고 있다⁴²⁾. 광중합형 GIC는 resin성분을 함유하고 있는 재료이므로 resin의 경우와 유사한 양상을 보일 것으로 판단된다.

본 연구에서 광중합형 GIC의 경우 delayed repair를 하였을 때 현저한 강도감소를 보이므로 부분적인 재수복보다는 완전한 재수복이 더 바람직할 것으로 사료되며, 화학중합형 GIC에서는 재수복을 하더라도 결합강도의 감소가 현저하지 않으므로 부분적인 재수복도 임상적으로 수용가능할 것으로 사료되었다. 그러나, 구강내 수복물은 항상 타액에 젖어있고, 음식물 섭취에 따른 다양한 온도변화, 저작압 등의 영향을 받으므로 실제 구강내 환경이 repaired GIC 수복물의 결합강도에 미치는 영향을 고려

해야 할 것이며 이에 대한 실험적 연구가 지속되어야 할 것으로 생각된다.

IV. 결 론

치과 특히 소아 치과 임상에서 사용이 증가하고 있는 몇 가지 다른 종류의 glass ionomer cement의 강도를 비교하고, 또한 이들의 부분적인 재수복시의 임상적인 적용 가능성을 알아볼 목적으로 재수복시의 결합 강도를 조사 비교하였다.

재료로는 최근에 개발된 광중합형의 GIC중의 1종과 재래의 화학중합형 GIC중의 3종을 사용하여 실험적으로 재료간의 원래의 압축 강도를 측정 비교하고, 재수복시 표면 처리를 하지 않은 군과 25% polyacrylic acid로 화학적인 표면처리를 한 군을 3점 굽힘 시험으로 각 재료간의 재수복시 강도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 광중합형 GIC는 화학중합형에 비하여 대조군과 실험군 모두에서 높은 강도를 보였다.
2. 재수복군은 대조군에 비하여 모든 재료에서 결합강도가 저하되었다. 광중합형에서는 표면처리를 시행한 군은 31.6%, 시행하지 않은 군은 40.8%의 강도저하를 보였고, 화학중합형에서는 11.8% 와 20.9% 이하의 저하를 나타냈다.
3. 실험대상의 모든 재료에서 재수복시 표면처리를 시행한 군이 하지않은 군보다 결합강도가 증가하였으나, 대조군의 강도에는 미치지 못하였다.

Reference

1. Wilson, A.D. and Kent, B.E. : A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. Br. Dent. J., 131 : 132-133, 1972.1
2. Walls, A.W.G. : Glass polyalkenoate (glass-ionomer) cements. A review. J. Dent., 14 : 231-246, 1986.
3. Mount, G.J. : Polyacrylic cements in den-

- tristry. *Am. J. Dent.*, 3 : 79–84, 1990.
4. Wilson, A.D. : Developments in glass-ionomer cements. *Int. Prosth. J.*, 2 : 438–445, 1989.
 5. McLean, J.W., Wilson, A.D. and Prosser, M.J. : Development and use of water hardening glass ionomer luting agents. *J. Prosthet. Dent.*, 52 : 175–181, 1985.
 6. Mount, G.J. : Glass ionomer cements. Obtaining optimum results. *Dent. Outlook* 165 : 13–17, 1988.
 7. Antonucci, J.M., McKinney, J.E. and Stansbury, J.W. : Resin modified glass ionomer dental cement. U.S. Patent 160856, 1988.
 8. Mitra, S.B. : Photocurable ionomer cement systems. European Patent Application 323120, 1988.
 9. Mathis, R.S. and Ferracane, J.L. : Properties of a glass ionomer/resin-composite hybrid material. *Dent. Mater.*, 5 : 355–358, 1989.
 10. Council on Dental Material and Devices. Status report on the glass ionomer cements. *JADA.*, 99 : 221–226, 1979.
 11. McLean, J.W. et al. : Glass-ionomer cements. *Brit. Dent. J.*, 164 : 293–300, 1983.
 12. Tay, W. M. and Lynch, E. : Glass-ionomer cements—Clinical usage and experience. 1. *Dent. Mater.*, 17 : 11–16, 1990.
 13. Tay, W.M. and Lynch, E. : Glass-ionomer cements—Clinical usage and experience. 2. *Dent. Mater.*, 17 : 51–56, 1990.
 14. Walls, A.W.G., Murray, J.J. and McCabe, J.F. : The use of glass polyalkenoate (ionomer) cements in the deciduous dentition. *Br. Dent. J.*, 165 : 13–17, 1988.
 15. Croll, T.P. : Glass ionomers for infants, children and adolescents. *JADA.*, 120 : 65–68, 1990.
 16. Kopel, H.M. : Use of glass ionomer cements in pediatric dentistry. *CDA. J.*, 19 : 35–40, 1991.
 17. Wilson, A.D., Prosser, H.J. and Prowis, D. M. : Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *J. Dent. Res.* 62 : 590–592, 1983.
 18. McLean, J.W. : New concepts in cosmetic dentistry using glass-ionomer cements and composites. *CDA. J.*, 11 : 20–27, 1983.
 19. Swartz, M.I., Phillips, R.W. and Clark, H.E. : Long-term F release from glass ionomer cements. *J. Dent. Res.*, 63 : 158–160, 1984.
 20. Knibbs, P.J. : Glass ionomer cement : 10 years of clinical use. *J. Oral. Rehabili.*, 15 : 103–115, 1988. 21. Robbins, J.W., et al. : Repair bond strength of glass-ionomer restoratives. *Oper. Dent.*, 14 : 129–132, 1989.
 22. Smales, R.J. : Clinical use of ASPA glass-ionomer cement. *Brit. Dent. J.*, 151 : 58–60, 1981.
 23. Roulet, J.F., et al. : Influence of oral fluid on composite resin and glass-ionomer cement. *J. Prosthet. Dent.*, 52 : 182–189, 1984.
 24. Earl, M.S.A., et al. : Effect of varnishes and other surface treatment on water movement across the glass-ionomer cement surface. *Aust. Dent. J.*, 30 : 298–301, 1985.
 25. Earl, M.S.A. and Ibbetson, R.J. : The clinical disintegration of a glass-ionomer cement. *Brit. Dent. J.*, 161 : 287–291, 1986.
 26. Pearson, G.J., et al. : The flexural strength of repaired glass-ionomer cements. *Dent. Mater.*, 5 : 10–12, 1989.
 27. Wilson, A.D. : Resin-modified glass ionomer cements. *Int. J. Prosth.*, 3 : 425–429, 1990.
 28. McLean, J.W. : Clinical applications of glass ionomer cements. *Oper. Dent. (Suppl 5)*, 184–190, 1984.

29. Hinoura, K., Miyazaki, M. and Onose, H. : Dentin bond strength of light-cured glass ionomer cements. *J. Dent. Res.*, 70 : 1542-1544, 1990.
30. Mitra, S.B. : Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass ionomer liner/ base. *J. Dent. Res.*, 70 : 72-74, 1991.
31. 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.
32. Compton, A.M., et al. : Comparison of the shear bond strength of a light-cured glass ionomer and a chemically cured glass ionomer for use as an orthodontic bonding agent. *Am.J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 101 : 138-144, 1992.
33. Kitamura, M., Aoyama, M. and Miyazaki, T. : Direct tensile strength of a light-cured glass ionomer. *J. Dent. Res.*, 72 : 309(Abstr 1649), 1993.
34. Burgess, J.O., et al. : A comparative study of three glass ionomer base materials. *Am. J. Dent.*, 6 : 137-141, 1993.
35. Hunt, P.R. : A modified Class II cavity preparation for glass ionomer restorative materials. *Quint. Int.*, 15 : 1011-1018, 1984.
36. McLean, J.W. and Gasser, O. : Glass cermet cements. *Quint. Int.*, 5 : 333-343, 1985.
37. Brakett, W.W. and Johnston, W.M. : Repair of glass ionomer restorative materials. Flexure strength of specimens repaired by two methods. *J. Prosthet. Dent.* 62 : 261-264, 1989.
38. Parra, M. and Kopel, H.M. : Shear bond strength of repaired glass ionomers. *Am.J. Dent.*, 5 : 133-136, 1992.
39. Scherer, W., et al. : Evaluation of the ability of glass ionomer cement to bond to glass ionomer cement. *Oper. Dent.*, 14 : 82-86, 1989.
40. 허복, 이희주 : 표면처리가 glass ionomer cement간의 결합력에 미치는 영향. 부산치대 논문집. 제8권 제 1호 : 9-13, 1991.
41. Davis, R.D., Woody, T.L. and Moore, B.K. : Repair bond strength of type II light-cured glass ionomer cements. *J. Dent. Res.*, 73 : 134(Abstr 263), 1994.
42. Causton, B.E. : Repairs of Abraded composite. *Br. Dent. J.*, 139 : 286-289, 1975.