

복합레진, 자이오머, 컴포머의 열순환 후 압축강도와 미세경도의 변화

윤 미 · 김종수 · 유승훈

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

자이오머는 불소를 유리하는 최근 개발된 광중합 레진 제제이다.

본 실험에서는 복합레진, 자이오머, 컴포머를 이용하여 5℃와 55℃에서 5000번 열순환 후 압축강도와 미세경도 변화를 비교 평가하였다.

1. 열순환 전·후 모두 압축강도는 복합레진이 가장 높았으며, 자이오머, 컴포머 순으로 낮아졌다. 복합레진은 자이오머, 컴포머와 통계학적으로 유의차를 보였고($p<0.05$), 자이오머와 컴포머 사이에는 유의차가 없었다.
2. 열순환 전·후 미세경도는 복합 레진, 자이오머, 컴포머 순으로 낮아졌으며, 각각 통계학적으로 유의차를 보였다 ($p<0.05$).
3. 복합레진, 자이오머, 컴포머는 열순환 후 통계학적으로 유의하게 미세경도가 감소하였다($p<0.05$).

이상의 결과를 종합해보면, 자이오머는 컴포머보다 높은 미세경도를 보이지만, 복합레진보다 낮은 압축강도와 미세경도를 보인다. 열순환 후 미세경도가 감소하므로 임상적 사용시 물리적 성질에 대한 충분한 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

주요어: 자이오머, 열순환, 미세경도, 압축강도

I. 서 론

심미수복재 중 하나인 복합레진은 1960년대 Bowen이 에폭시 레진을 충전제로 강화하기 위한 실험으로 처음 개발된 후 지속적으로 물성이 발전되어 왔다¹⁾. 마모 저항성, 중합수축의 감소, 상아질 결합력 등의 성질이 향상되었고 심미적이어서 전치부 수복은 물론, 높은 응력이 필요한 구치부 수복에도 광범위하게 이용되고 있다¹⁾.

불소를 방출하는 수복 재료들은 수복물 변연에서 발생하는 이차 치아우식증의 발생을 감소시키는 것으로 알려져 있다²⁾. 특히 우식 활성도가 높고 구강내 위생관리가 어려운 소아 환자의 경우 이차 치아우식증으로 인한 수복물의 실패가 빈번하다³⁾. 따라서 복합레진의 물성을 가지면서 불소를 유리하는 심미수복재를 개발하는 연구가 지속되어 왔다.

컴포머(polyacid-modified resin, compomer)는 초기 광중합 후 구강 내 수분을 흡수하며 경화하여 이차적인 산-염기 반응의 결과로 불소를 유리한다고 보고되었다⁴⁾. 이는 복합레진에 버금가는 심미성, 조작의 용이성, 양호한 표면 연마성을 가지며

불소 유리 능력도 가지고 있다⁵⁾. 그러나 컴포머는 전통적인 글라스 아이오노머나 레진강화형 글라스 아이오노머보다 현저히 낮은 불소 유리량을 보였다⁶⁾. 또한 중합수축의 양이 크고 복합레진에 비해서 물리적 성질이 떨어진다는 단점이 지적되었다^{7,8)}.

최근 글라스 아이오노머의 불소 방출 능력을 가지면서도 복합레진의 물성을 가지는 자이오머(giomer)가 소개되었다⁹⁾. 자이오머는 불소 유리능 뿐만 아니라 불소 재충전 능력도 가지고 있으며¹⁰⁾, 복합레진과 유사한 정도로 물리적 성질이 개선되었다고 알려져 있다⁹⁾. 또한 이차우식 예방 효과와¹⁰⁾ 치질과의 양호한 결합 강도¹¹⁾도 보고되었다.

복합레진은 구강 환경에서 수분흡수가 일어나 레진과 부형제(filler) 계면의 결합이 약화되고 과도한 응력이나 반복 응력의 작용시 레진의 물리적 성질이 낮아진다고 알려져 있다¹²⁾.

습한 구강 환경이 자이오머의 물리적 성질에 어떤 영향을 미치는지 기존의 다른 심미수복재와의 비교 연구는 미흡한 실정이다. 이에 저자는 열순환이 복합레진, 자이오머, 컴포머의 압축강도, 미세경도에 미치는 영향을 비교, 평가하였다.

교신저자 : 김 중 수

충남 천안시 안서동 산 29 / 단국대학교 치과대학 소아치과학교실 / 041-550-1935 / jskim@dku.edu

원고접수일: 2010년 08월 30일 / 원고최종수정일: 2010년 11월 17일 / 원고채택일: 2010년 11월 18일

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

본 연구에 사용된 재료는 대조군으로 복합레진(Filtek™ Z250, 3M ESPE, USA)을 사용하였으며, 불소 유리능을 가지면서 복합레진과 비슷한 물성을 가진다고 알려진 새로운 수복재인 자이오머(Beautifil II, Shofu Inc, Japan)와 레진 기질에 글라스 아이오노머 입자를 첨가한 기존의 수복재인 컴포머(Dyract® AP, DeTrey Dentsply, Germany)를 실험군으로 사용하였다(Table 1).

복합레진을 I군, 자이오머를 II군, 컴포머를 III군으로 설정하고 각 군별로 25개씩의 시편을 제작하여 열순환 전, 후의 압축강도를 측정하였고(Table 2), 각 군별로 15개씩의 시편을 제작하여 열순환 전, 후의 미세경도를 측정하였다(Table 3).

광중합기는 Elipar FreeLight 2 LED curing light (3M ESPE, USA)를 이용하였고, 일정한 광도를 유지하기 위해 Radiometer (Dent-America, USA)를 사용하여 10회마다 한번 씩 반복 측정하여 800 mW/cm² 광량을 확인하였다. 각각의 재료는 제조사의 지시에 따라 광중합하였다.

2. 연구 방법

(1) 압축강도 평가

① 시편 제작

내경 3 mm, 높이 4 mm인 아크릴 주형에 재료를 채우고 마일라 스트립(Mylar strip)과 유리판을 개재한 상태에서 상 하면에 각각 20초씩 광중합을 시행하였다.

② 열순환 전 압축강도

시편을 광중합 한 후 37℃ 100% 상대 습도에서 24시간 보관 후 압축강도를 측정하였다. 만능 시험기(Kyung-Sung Testing Machine Co, Korea)를 이용하였고, 1 mm/min의 속도로 압축 하중을 가하여 시편이 파절된 시점의 최대값을 기록하였다.

시편이 파절된 시점의 강도(kgf)를 시편의 단면적(cm²)으로 나누어 단위면적당 압축강도인 MPa로 환산하였다.

$$\text{압축강도} = \text{시편이 파절된 시점의 강도(kgf)} / \text{시편의 단면적(cm}^2\text{)}$$

$$0.1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ MPa}$$

③ 열순환

열순환 기계(Thermocycling machine, 東京技研, Japan)의 수조의 온도를 5℃와 55℃로 설정하고 수중 침적시간을 30초, 계류시간 10초로 설정하여 열순환을 5000번 시행하였다.

④ 열순환 후 압축강도

열순환 5000번 시행 후 만능 시험기(Kyung-Sung Testing Machine Co, Korea)를 이용하여 1 mm/min의 속도로 압축 하중을 가하여 시편이 파절된 시점의 최대값을 기록하였다. 시편이 파절된 시점의 강도(kgf)를 시편의 단면적(cm²)으로 나누어 단위면적당 압축강도인 MPa로 환산하였다.

(2) 미세경도 평가

① 시편 제작

내경 5 mm, 높이 2 mm의 아크릴 주형에 재료를 채우고 마일라 스트립과 유리판을 개재한 후 상면에서 20초 광중합한다. 열순환 전 미세경도를 평가하기 위해 각 재료당 15개씩 시편을 제작하였다. 열순환 후 미세경도 평가를 위해 동일한 수의 시편을 제작하였다.

② 열순환 전 미세경도

시편 제작 후 37℃ 100% 상대습도에서 24시간 보관 후 미세경도를 측정하였다. 비커스 경도 시험기(Vickers hardness tester, KM-122, Akashi, Japan)를 이용하여 10초 동안 4.9 N의 하중을 가하여 미세경도(kgf/mm²)를 측정하였다. 한 시편에서 서로 1 mm 이상 떨어진 지점에서 5회 측정하여 평균값을 구하였다.

③ 열순환

열순환 기계(Thermocycling machine, 東京技研, Japan)로 수조의 온도를 5℃와 55℃로 설정하고 수중 침적시간 30초, 계류시간을 10초로 설정하여 열순환을 5000번을 시행하였다.

Table 1. The composition of the materials

Group	Material	Product	Composition	Manufacturer
I	Composite Resin	Filtek™ Z250	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA resin, zirconia/silica(60vol%)	3M ESPE, USA
II	Giomer	Beautifil II	Bis-GMA, TEGDMA, fluoroboroaluminosilicate glass(68.6vol%)	Shofu Inc, Kyoto, Japan
III	Compomer	Dyract® AP	Strontium-fluoro-silicate glass(47vol%), strontium fluoride, Polymerisable resins, TCB resin	DeTrey Dentsply, Germany

Table 2. Specimen distribution for compressive strength measurement of each group

Group	Material	Compressive Strength	
		Before Thermocycling	After Thermocycling
I	Composite Resin	25	25
II	Giomer	25	25
III	Compomer	25	25

Table 3. Specimen distribution for microhardness measurement of each group

Group	Material	Microhardness	
		Before Thermocycling	After Thermocycling
I	Composite Resin	15	15
II	Giomer	15	15
III	Compomer	15	15

④ 열순환 후 미세경도

열순환 5000번 시행 후 비커스 경도 시험기(Vickers hardness tester, KM-122, Akashi, Japan)를 이용하여 10초 동안 4.9 N의 하중을 가하여 미세경도(kgf/mm²)를 측정하였다. 한 시편에서 서로 1 mm 이상 떨어진 지점에서 5회 측정하여 평균값을 구하였다.

(3) 통계 분석

수복재의 압축강도, 미세경도를 비교, 평가하기 위해 SPSS Ver 17.0 프로그램을 이용하여 유의수준 0.05로 One-way ANOVA test시행하고, Scheffe test로 사후 검정하였다. 열순환 시행 이후 수복재의 미세경도의 유의성 있는 변화 여부를 평가하기 위해 independent samples t-test로 통계 분석을 하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 압축강도

열순환 전 압축강도는 I군이 416.30 MPa로 가장 높았고, II군이 338.37 MPa로 그 다음으로 높았으며, III군이 322.01 MPa로 가장 낮았다. 열순환 후 압축강도는 I군이 393.58 MPa로 가장 높았고 II군이 304.79 MPa로 다음으로 높았고 III군이 279.97 MPa로 가장 낮았다(Table 4). 열순환 전 I군

Table 4. The mean value of compressive strength

Group	Compressive Strength Before Thermocycling (MPa)		Compressive Strength After Thermocycling (MPa)	
	Mean	SD	Mean	SD
	I	416.30	41.97	393.58
II	338.37	41.68	304.79	51.55
III	322.01	30.80	279.97	71.21

Table 5. Statistical comparison of compressive strength for each group before thermocycling

	I	II	III
I			
II	*		
III	*		

Statistical analysis : Oneway ANOVA and Scheffe test
* : significant difference (p<0.05)

Table 6. Statistical comparison of compressive strength for each group after thermocycling

	I	II	III
I			
II	*		
III	*		

Statistical analysis : Oneway ANOVA and Scheffe test
* : significant difference (p<0.05)

은 II군, III군보다 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 높은 압축강도를 보였으며(p<0.05), II군과 III군 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 5). 열순환 후 I군은 II군, III군보다 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 높은 압축강도를 보였으며(p<0.05), II군과 III군 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 6).

2. 미세경도

열순환 하기 전 미세경도는 I군이 85.06으로 가장 높았고, II군이 73.53으로 다음으로 높았으며, III군이 59.25로 가장 낮았다. 열순환 후 미세경도는 I군이 68.11로 가장 높았고, II군이 49.41로 다음으로 높았으며, III군이 36.38로 가장 낮았다(Table 7).

Table 8에서 열순환 전 미세경도는 I군, II군, III군 각각 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

Table 9에서 열순환 후 미세경도는 I군, II군, III군 각각 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

열순환 5000번 시행 전 후 미세경도의 유의성 있는 차이 여부는 Fig. 1과 같다. I군, II군, III군 모두 열순환 시행 후 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 미세경도가 감소하였다(p<0.05).

Table 7. The mean value of microhardness

Group	Microhadness Before Thermocycling(kgf/mm ²)		Microhardness After Thermocycling(kgf/mm ²)	
	Mean	SD	Mean	SD
	I	85.06	1.59	68.11
II	73.53	3.27	49.41	2.06
III	59.25	2.91	36.38	1.76

Table 8. Statistical comparison of microhardness for each group before thermocycling

	I	II	III
I			
II	*		
III	*	*	

Statistical analysis : Oneway ANOVA and Scheffe test
* : significant difference (p<0.05)

Table 9. Statistical comparison of microhardness for each group after thermocycling

	I	II	III
I			
II	*		
III	*	*	

Statistical analysis : Oneway ANOVA and Scheffe test
* : significant difference (p<0.05)

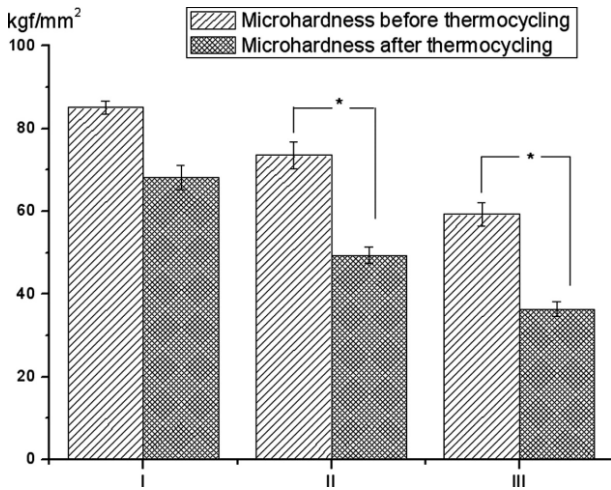


Fig. 1. Statistical analysis of the mean value of microhardness difference between before thermocycling and after thermocycling. Independent samples *t*-test. *: significant difference ($p < 0.05$)

IV. 총괄 및 고찰

구강 내 환경은 심미적 수복재의 물리적 성질의 변화를 야기한다. 복합레진은 온도 변화에 따라 팽창 수축을 일으키며, 열 팽창계수가 큰 경우 타액이나 음식물 섭취에 따른 온도 변화 시 재료 자체의 물성 변화를 일으킨다¹³⁾. 수중에서의 열순환 처리로 야기된 표면층의 퇴화(degradation)로 표면의 물성이 저하될 수 있다¹⁴⁾. Indrani 등¹⁵⁾은 수분흡수로 인한 레진 기질의 가수분해 및 레진을 통한 수분의 침투로 실란 결합이 가수분해되어 강도의 저하가 일어난다고 하였다. 이는 레진을 바탕으로 한 수복재료인 컴포머나 자이오머에도 나타나며 액상의 구강 환경이 심미적 수복재의 여러 물리적 성질 중 표면 미세경도와 압축강도에 직접적으로 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 따라서 심미적 수복재의 임상적 사용의 적절성 여부를 평가하기 위해서는 구강 내 액상 환경을 재현한 조건이 필요하다.

구강내 수복물에는 교합과 저작 과정에서 압축력이 반복적으로 작용하므로 수복물의 내구성을 평가하기 위해서 이 실험에서는 압축강도와 미세경도를 측정하였다. 경도는 재료 표면의 국소적인 부위에 외력을 가하였을 때 나타나는 영구 변형에 대한 저항력의 크기를 표시하는 물리적 성질로서 재료의 강도와 내마모성 등을 예측하는 지표로 사용되고 있다¹⁶⁾.

본 연구에서는 액상의 구강 환경을 재현하기 위하여 5℃와 55℃에서 열순환 5000번을 시행하였는데 Bae 등¹⁷⁾과 Ernst 등¹⁸⁾은 치아의 인접면에 소형 온도계를 부착한 후 구강 내에서 나타나는 온도의 변화를 측정된 결과 13.7℃에서 52.8℃로 통상적인 열순환의 조건으로 사용되는 5℃와 55℃의 온도가 적절한 온도 범위라고 하였다. 이 실험에서 정지시간은 30초로 설정하였는데 Wendt 등¹⁹⁾은 정지 시간이 15초 이상이면 60초이거나 120초일 때와 미세누출에 있어서 통계적으로 유의성이 없

다고 보고하였다. Choi 등²⁰⁾은 열순환을 2000회 시행하였을 때 모든 군에서 미세누출이 증가했다고 보고했다. 비록 이 실험에서는 미세누출이 아닌 압축강도와 미세경도를 측정하였지만, 재료의 물리적 성질이 어느 정도 변화하기에는 충분한 조건으로 열순환을 시행하였다고 사료된다. Gale과 Darvell²¹⁾은 열순환 10000번이 임상적으로 1년 정도의 기간과 비슷하다고 하였으며 Yap 등²²⁾은 열순환 5000번 시행은 임상적으로 약 6개월 정도의 기간과 비슷하다고 하였다.

본 실험에서 열순환 시행 후 모든 재료에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 미세경도가 감소하였다. 복합레진은 열순환 후 압축강도가 열순환 전에 비해 94.5% 정도로 감소하였고, 자이오머는 90.01% 정도로 감소하였으며, 컴포머는 86.95% 정도로 감소하였다. 열순환 전에 비해 열순환 후 미세경도는 복합레진이 80.05% 정도로 감소하였고 자이오머는 67.2% 정도로 감소하였으며 컴포머는 61.40% 정도로 감소하였다. 열순환 전의 압축강도와 미세경도 모두 복합레진이 가장 높았고 자이오머가 그 다음으로 높았으며 컴포머가 가장 낮았다. 초기 압축강도와 미세경도가 낮은 재료는 열순환 후 압축강도와 미세경도가 더 많이 감소하였다.

Roulet 등²³⁾은 복합레진의 기계적 물성에 영향을 미치는 요인은 부형제의 함량과 종류 및 입자의 크기, 형태, 분포에 따라 복합레진의 물리적 특성은 크게 영향을 받는다고 하였다. Braem 등²⁴⁾은 부형제의 함량은 탄성계수, 굴곡강도, 표면경도를 포함하는 대부분의 물리적 성질을 지배한다고 하였다. 일반적으로 부형제의 함량이 높을수록 기계적 물성은 증가한다. Yamamoto 등²⁵⁾은 이러한 상온에서의 기계적 물성은 액상에서도 비슷한 경향을 보인다고 하였는데, 특히 부형제의 함량이 낮을수록 레진기질의 함량이 높아져서 더 높은 수분흡수를 보인다고 하였다. 재료의 부형제의 함량을 부피비로 살펴 보면 복합레진은 60%, 자이오머는 68.6%, 컴포머는 47%로 컴포머가 부형제의 함량이 가장 낮은 것을 알 수 있다. 수분은 기질에 가소제 역할(plasticizing effect)을 가하며²⁶⁾, 부형제와 기질의 결합 파괴나 부형제의 가수성 분해를 야기하여²⁷⁾ 기질의 강도를 약화시킨다²⁸⁾. 이와 같은 이유로 컴포머가 열순환 시행 후 다른 재료들에 비해 압축강도와 미세경도가 더 큰 비율로 감소한 것을 알 수 있다.

그러나 본 실험에서 자이오머는 부형제 함량이 부피비로 68.6%로 60%인 복합레진에 비해 높음에도 불구하고 열순환 후에 압축강도와 미세경도가 더 큰 비율로 감소하였다. 따라서 레진을 바탕으로 한 재료의 물리적 성질에 영향을 미치는 요인으로 부형제의 함량 이외의 다른 요소들을 생각해 볼 수 있다. 특히 액상에서는 수분 흡수가 기계적 물성 변화의 중요한 요인이 되기 때문에 부형제 이외에 기질 자체의 특성이 매우 중요하다²⁹⁾. 레진 기질이 친수성을 함유하는지 여부에 따라 수분흡수율이 달라질 것이며 이는 액상의 구강환경을 재현한 열순환 처리시 나타나는 기계적 물성 저하에 영향을 미친다.

자이오머는 기질에 주로 bis-GMA와 TEGDMA를 가지고 있어 친수성의 hydroxyl기가 치환된 Bis-EMA를 가지고 있는

복합레진에 비해 높은 수분 흡수율을 보였을 것으로 사료되며³⁰⁾, 이와 같은 이유로 본 실험에서 복합레진에 비해 자이오머가 열순환 시행 후 압축강도와 미세경도가 더 큰 비율로 감소하였다고 사료된다.

자이오머는 pre reacted glass ionomer (PRG) 부형제와 레진 기질의 혼합으로 형성된 불소를 유리하는 레진계 수복재이다. PRG 부형제 제조과정을 살펴보면 플루오르알루미늄실리케이트 글라스(Fluoroaluminosilicate glass)와 폴리알케노익 산(polyalkenoic acid)의 산-염기 반응에 의해 습윤한 siliceous hydrogel을 형성한 후³¹⁾ 이를 동결 건조한 xerogel을 분쇄하고 실란 처리하여 일정 크기의 PRG 부형제를 생성한다.

Toshiyuki 등¹⁰⁾은 자이오머가 컴포머나 불소를 함유한 복합레진보다 더 많은 불소를 유리한다고 하였다. 글라스 아이오노머나 컴포머에서 불소 재충전 능력은 글라스와 다중산의 반응으로 형성된 하이드로겔 층(hydrogel layer)과 직접적으로 관련이 있다^{32,33)}. 이 산 염기 반응은 컴포머보다 글라스 아이오노머에서 더 광범위하게 일어나며 잘 경계된 하이드로겔 층을 만든다. 반면 컴포머는 중합 과정에서 산 염기 반응이 매우 소량 일어난다³⁴⁾. 글라스 아이오노머는 불소를 저장할 수 있는 하이드로겔 층이 뚜렷하므로 컴포머보다 더 큰 불소 재충전 능력을 갖는다¹⁵⁾. 자이오머는 컴포머보다 광범위한 하이드로겔 층을 가지므로 더 큰 불소 유리능 및 불소 재충전 능력을 갖는다^{34,35)}.

글라스 부형제를 가진 복합레진이 오랜 시간이 지난 후에도 충분한 양의 불소를 방출하여 이차우식을 효과적으로 예방할 수 있는지는 논란이 있다³³⁾. 글라스 부형제를 가진 컴포머는 탈이온화된 증류수보다 산성의 용액에서 더 많은 불소를 방출한다고 보고되었다³¹⁾. Toshiyuki 등³⁶⁾에 의하면 박테리아가 생산한 lactic acid로 인하여 pH가 낮아져 이차우식이 일어나는데 자이오머가 탈이온수보다 산성의 환경에서 더 많은 불소를 유리하므로 이차우식 예방 효과를 기대할 수 있다.

Chitnis 등¹¹⁾은 법랑질에 대한 전단 결합 강도를 비교한 실험에서 자이오머는 복합레진과 레진 강화형 글라스 아이오노머보다 낮은 전단 결합 강도를 보였다 이는 자이오머에 글라스 아이오노머 성분이 첨가되면서 물리적 성질이 떨어지기 때문이다. 자이오머는 산부식된 법랑질에 레진이 침투하면서 결합하게 되는데 글라스 아이오노머의 첨가는 이런 미세기계적 결합력을 증가시키지 못한다.

이 실험에서 자이오머는 복합레진보다 통계학적으로 유의하게 낮은 ($p < 0.05$) 미세경도와 압축강도를 보였으며, 열순환 시행 후 통계학적으로 유의한 차이를 ($p < 0.05$) 보이며 미세경도가 감소하였다. 또한 긴 기간에 걸친 자이오머의 임상적 성공에 대한 평가 및 기존의 다른 재료들과의 물리적 성질 비교, 그리고 액상의 구강 환경에 노출된 후 물리적 성질의 변화에 대한 평가가 아직 미흡하므로 임상적으로 적용하기 위해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Ⅳ. 결 론

복합레진의 물리적 성질을 가지면서 불소 유리능이 있다고 알려진 자이오머를 액상의 구강 환경을 재현하는 열순환을 5000회 시행하여 압축강도와 미세경도의 변화를 기존의 복합레진, 컴포머와 비교 평가한 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

1. 열순환 전·후 모두 복합레진, 자이오머, 컴포머 순으로 압축강도가 낮아졌다. 열순환 시행 전·후 모두 복합레진은 자이오머와 컴포머보다 통계학적으로 유의한 차이 ($p < 0.05$)를 보였으며 자이오머와 컴포머는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).
2. 미세경도와 열순환 시행 후 미세경도 모두 복합레진이 가장 높았고 다음으로 자이오머가 높았으며 컴포머가 가장 낮았고 각 재료간에는 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).
3. 복합레진, 자이오머, 컴포머는 열순환 시행 후 미세경도가 낮아졌으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

참고문헌

1. 정내정 : 치과용 콤포짓트 레진의 수분 흡수에 따른 압축강도와 굴곡강도의 변화에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 28:146-153, 2001.
2. Mjor IA : Frequency of secondary caries at various anatomical locations. Oper Dent, 10:88-92, 1985.
3. Varpio M : Clinical aspects of restorative treatment in the primary dentition. Swed Dent J, 96:36-40, 1993.
4. Eliades G, Kakaboura A, Palaghias G : Acid-base reaction and fluoride release profile in visible light-cured polyacid-modified composite restoratives (compomers). Dent Mater, 14:57-63, 1998.
5. Abate PF, Bertacchini SM, Polack MA, et al. : Adhesion of a compomer to dental structures. Quint Int, 28:509-512, 1997.
6. Atter N, Onen A : Fluoride release and uptake characteristics of aesthetic restorative materials. JI of Oral Rehabilitation, 29:791-798, 2002.
7. Brackett WW, Gunnin TD, Gilpatrick RO, et al. : Microleakage of class V compomer and light cured ionomer restorations. J Prosthet Dent, 79:261-263, 1998.
8. Yap AU, Chung SM, Chow WS, et al. : Fracture resistance of compomer and composite restoratives Oper Dent, 29:29-34, 2004.
9. Roberts TA, Miyai K, Ikemura K, et al. : Fluoride ion sustained release pre-formed glass ionomer filler and dental compositions containing the same. US

- Patent No. 5,883,153, 1999.
10. Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, et al. : Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composit. *Dental Materials*, 20:789-798, 2004.
 11. Chitnis D, Dunn WJ, Gonzales DA : Comparison of in-vitro bond strengths between resin modified glass ionomer, polyacid-modified composite resin, and giomer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 129:330.e11-16, 2006.
 12. Powers JM, Fan PL, Marcotte M : In vitro accelerated aging of composite and a sealant. *J Dent Res*, 60:1672-1677, 1981.
 13. Lee SY, Lee JY, Bae TS, et al. : The effect of thermocycling on the bond strength of composit bond to dentin surface. *J Korean Res Soc Dent Mater*, 20:149-164, 1993.
 14. Bae TS, Kim TJ, Kim HS : Effect of immersion in water and thermal cycling on the mechanical properties of light-cured composit resin. *J KOSOMBE*, 17:327-335, 1996.
 15. Indrani DJ, Cook WD, Televantos F, et al. : Fracture toughness of water-aged composite restorative materials. *Dent Mater*, 11:201-207, 1995.
 16. 김영광, 김종수, 유승훈 : 스트레인 게이지를 이용한 수종의 복합레진의 중합수축 및 수축응력의 비교. *대한소아치과학회지*, 31:516-526, 2004.
 17. Baek SH, Chae MS, Lee JH, et al. : In vivo evaluation of four posterior composites. *Dent Mater*, 2:106-113, 1998.
 18. Ernst CP, Euler T, Willershausen : Approximal temperature increase and decrease during thermocycling in vivo. *J Dent Res*, 76:231, 1997.
 19. Wendt JS, McInnes PM, Dickinson GL : The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dent Mater*, 8:181-184, 1992.
 20. Choi JY, Choi WH, Bae TS, et al. : An Evaluation of Wear Characteristics of Thermocycled Restorative Composites. *치과기재학회지*, 29:87-98, 2002.
 21. Gale MS, Darvell BW : Thermal-cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*, 27:88-99, 1999.
 22. Adrian U, Jin Yap, Xiaoyan Wang, et al. : Comparative hardness and modulus of tooth-colored restoratives: A depth-sensing microindentation study. 25:2179-2185, 2004.
 23. Roulet JF, Walti C : Influence of oral fluid on composite resin and glass ionomercement. *J Prosthet Dent*, 52:182-189, 1984.
 24. Braem M, Finger W, Van Doren VE, et al. : Mechanical properties and filler fraction of dental composites. *Dent Mater*, 5:346-348, 1989.
 25. Yamamoto M, Takahashi : Tensile fatigue strength of light cure composite resins for posterior teeth. *Dent Mater*, 14:175-184, 1995.
 26. Bastoli C, Romano G, Migliaresi C : Water sorption and mechanical properties of dental composites. *Biomater*, 11:219-223, 1990.
 27. Venz S, Dickens B : NIR-spectroscopic water sorption characteristics of dental resin and composite. *J Biomed Mater Res*, 25:1231-1248, 1991.
 28. Calais JG, Soderholm KJ : Influence of filler type and water exposure on flexural strength of experimental composite resins. *J Dent Res*, 67:836-840, 1988.
 29. Asmussen E, Peutzfeldt A : Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater*, 14:44-51, 1998.
 30. Siederidou I, Tserki V, Papanastasiou G : Study of water sorption, solubility and modulud of elasticity of light-curesd dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 24:655-665, 2003.
 31. Ikemura K, Tay FR, Endo T, et al. : A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesive comprising new pre-reacted glass ionomer(PRG) fillers. *Dent Mater J*, 27:315-339, 2008.
 32. Itota T, Okamoto M, Sato K, et al. : Release and recharge of fluoride by restorative materials. *Dent Mater J*, 18:347-353, 1999.
 33. Han L, Cv E, Li M, et al. : Effect of fluoride mouth rinse on fluoride releasing and recharging from aesthetic dental materials. *Dent Mater J*, 21:285-295, 2002.
 34. Tay FR, Pashley EL, Huang C, et al. : The glass-ionomer phase in resin based restorative materials. *J Dent Res*, 80:1808-1812, 2001.
 35. Ikemura K, Tay FR, Kouro Y, et al. Optimizing filler content in an adhesive system containing pre-reacted glass-ionomer fillers. *Dent Mater*, 19:137-146, 2003.
 36. Toshiyuki I, Omar T. Al-Naimi, Thomas EC, et al. : Fluoride release from aged resin composites containing fluoridated glass filler. *Dent Mater*, 26:1033-1038, 2004.

Abstract

CHANGES OF COMPRESSIVE STRENGTH AND MICROHARDNESS OF COMPOSITE RESIN, GIOMER AND COMPOMER AFTER THERMOCYCLING TREATMENT

Mi Yoon, Jong-Soo Kim, Seung-Hoon Yoo

Department of Pediatric Dentistry, Dental College, Dankook University

Giomer is a recently developed light-cured resin-based material.

This study compared compressive strength and microhardness of composite resin, giomer and compomer after 5000 times of thermocycling at 5°C and 55°C.

The following results were obtained.

1. Composite resin resulted in the highest compressive strengths both before and after thermocycling, followed by giomer and compomer. There were statistically significant differences between composite resin and giomer/composer ($p < 0.05$), but no statistically significant differences between giomer and compomer.
2. Both before and after thermocycling, microhardness values appeared in the order of composite resin, giomer and compomer with statistically significant differences in microhardness of composite resin, giomer and compomer ($p < 0.05$).
3. After thermocycling, microhardness of composite resin, giomer and compomer decreased with a statistically significant difference ($p < 0.05$).

In conclusion, giomer demonstrates higher microhardness than compomer, but lower compressive strength and microhardness than composite resin. In addition, the decrease in microhardness and compressive strength after thermocycling proves the necessity for a thorough understanding in mechanical properties of restoration materials prior to their clinical application.

Key words : Giomer, Thermocycling, Microhardness, Compressive strength