

이중중합 수복재의 시간경과에 따른 중합도 변화

양철호 · 김 신 · 정태성

부산대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

심미적 수복재료인 복합 레진과 글래스 아이오노머 시멘트는 중합방식에 따라 화학중합형, 광중합형, 그리고 이 두 가지 중합방식을 겸비한 이중중합형으로 분류할 수 있다. 화학중합형과 광중합형에 대해서는 지금까지 다수의 보고가 있었으나, 충전용 복합 레진의 경우 이들과 이중중합형을 비교한 예는 아직 찾기 힘든 실정이었으므로, 이러한 관점에서의 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

이 연구에서는 이중중합 수복재가 단일중합방식에 비해 어떠한 특성을 보이는지를 탐구하고자 하였다. 사용된 재료는 광중합형 복합 레진인 Veridonfil-Photo와 이중중합형인 Bis-core, 이중중합형의 글래스 아이오노머 시멘트인 Fuji II LC와 화학중합형인 Ketac-fil을 사용하였다. 가로 30mm, 세로 30mm, 높이 1mm와 3mm인 두 종류의 아크릴릭 몰드 중앙에 직경 7mm의 hole을 형성하여, 여기에 4 종의 수복재를 충전하였다. 충전 직후부터 시작하여 24시간 경과시까지 일정 시간의 간격으로 표면, 1mm, 3mm 깊이에서의 경도를 미세경도계(Shimadzu Micro Hardness Tester HMV-2000, Shimadzu Co. Japan)로 측정하였다. 측정치를 통계처리하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 4 종의 수복재 모두에서, 중합직후에 비해 24시간 경과후의 미세경도가 증가되었다.
2. 중합 직후부터 24시간 경과시점까지의 미세경도를 측정한 결과, Ketac-fil을 제외한 나머지 수복재에서는 각 깊이간 경도의 차이가 있었다.
3. 각 수복재의 최종중합에 도달하는 시간을 조사한 결과, 이중중합형이 3mm의 깊이에서 광중합형이나 화학중합형에 비해 중합이 더 오래 지속된 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 조사광이 충분히 도달하지 못하여 중합이 현저히 떨어지는 수복재의 심부에도 이중중합방식을 사용할 경우에는 지속적인 중합반응이 일어나 중합도가 증가하는 것으로 나타났다.

주요어 : 중합도, 미세경도, 이중중합형 수복재

I. 서 론

수복재가 갖추어야 할 구비요건으로서 전통적으로 기계적 강도나 변형강도 등의 물성을 주로 꼽아 왔으나, 최근에는 형태나 색조 등의 심미적인 측면, 그리고 사용상의 편의성 등의 측면이 점차 중요시되는 경향이 있다. 심미성의 측면을 위하여 개발된 대

표적인 수복재로 복합 레진과 글래스 아이오노머 시멘트가 있으며, 이 재료들은 물성의 지속적인 발전에 힘입어 임상적 활용성이 급증하는 추세에 있다. 이 두 재료의 물성과 임상적 적용편의성을 고려하여 현재까지 개발된 중합방식으로는 화학중합형과 광중합형이 있고, 최근에는 양자의 방식을 겸비한 이중중합형이 소개되었다. 이중중합방식은 작업시간

과 경화시간을 조절하기 힘든 화학중합형의 단점과 제한적인 중합심도를 가진 광중합형의 단점¹⁾을 극복하기 위해 창안된 방식으로서, resin modified glass ionomer cement와 이중중합형 복합레진(dual cure composite resin)이 그 예이다.

복합레진은 초기의 화학중합형 레진에 이어 비교적 조절이 쉬운 자외선 중합형이 개발되었으나 자외선의 유효효과²⁾와 중합깊이가 제한적이라는 단점³⁾이 있었다. 이러한 단점들은 1978년 가시광선 중합형 복합레진이 개발됨에 따라 대부분 극복될 수 있게 되었으며⁴⁾, 새로운 제품들이 개발되면서 중합심도가 증가되고 광조사시간은 짧아졌다. 자가중합형 복합레진에 비하여 가시광선 중합형 복합레진은 혼합이 불필요한 단일 paste형태이므로 기포발생의 위험이 없고, 작업시간이 충분하며 중합이 더 빨리 이루어지며 amine accelerator를 함유하지 않기 때문에 색조안정성이 개선된 점 등의 장점⁵⁾을 가진다. 그러나 진료대의 무영등에 의해서도 중합이 개시되는 등 조작기법에 민감하게 의존하며 부가적인 장비가 필요하고 중합심도가 제한적인 등의 단점⁵⁾을 가진다.

복합레진과 함께 심미적 수복재의 양 축을 이루는 글래스 아이오노머 시멘트는 치질과 화학적 결합을 이루며, 경화는 polyacrylic acid와 glass 분말의 산-염기반응에 의해 일어난다⁶⁾. 작업시간이 짧고 경화가 느린 글래스 아이오노머 시멘트의 단점⁷⁾을 극복하기 위한 여러가지 노력이 집중된 바, 기존의 화학중합형 글래스 아이오노머 시멘트에 polymer를 첨가함으로써 광중합이 가능하게 된 resin modified glass ionomer cement⁸⁾가 최근에 개발되었다. 이의 중합방식은 이중중합형으로서, 혼합과 함께 일반적인 글래스 아이오노머 시멘트의 산-염기반응으로 화학중합이 개시되고 광조사와 함께 자유기(free radical)에 의한 중합이 개시된다⁹⁾. 이러한 이중중합 방식은 깊은 와동에 수복재를 충전 할 경우 또는 부족한 광원으로 인하여 광조사후 적절한 중합이 이루어지지 않았을 경우에 효과적으로 사용될 수 있다¹⁰⁾. 이는 광조사에 의한 중합이 이루어진 후 광원이 도달하지 못한 심부에서 화학반응으로 free radical을 형성하여 중합이 지속되기 때문이다¹¹⁾. 복합레진에서도 이중중합 방식이 적용되어 레진시멘트의 형태로 시판되었으며, 최근에는 수복용 복합레진에도 적

용되고 있다.

수복재의 중합도를 평가하는 방법에는 직접법과 간접법이 있으며, 직접법은 레진내의 미반응 단량체의 양을 측정하여 중합도를 알아보는 것으로서, 적외선 분광법¹²⁾, 열량계측법¹³⁾, Fourier변환 적외선분광법¹⁴⁾, Raman 분광법¹⁵⁾, F-T Raman 분광법¹⁵⁾ 등이 있으며, 간접법으로는 표면강도¹⁶⁾, 투광도¹⁷⁾, 경도¹⁶⁾, 미세경도¹⁸⁾등을 측정하는 방법이 있다. 이 중에서 재료의 경도는 흔히 기계적 강도, 견고성, 구강내의 연화성에 대한 저항과 관련있으며, 미세경도의 측정 은 중합의 상대적인 정도를 평가할 수 있는 간접적인 방법으로서¹⁹⁾ 일반적으로 높은 경도를 나타내면 중합이 많이 이루어졌음을 의미한다¹⁶⁾.

지금까지 화학중합형과 광중합형에 대해서는 다수의 보고가 있었으나, 특히 충전용 레진의 경우 최근에 소개된 이중중합방식의 복합레진을 기존의 복합레진과 비교한 예는 찾기 힘들어, 이러한 관점에서의 연구가 필요할 것으로 사료되었다. 이에 저자는 이중중합형 수복재가 단일중합형의 수복재에 비해 중합심도와 시간에 따른 중합도의 변화의 측면에서 어떠한 차이를 보이는지를 알아보고자, 수종의 심미수복재를 대상으로 연구를 진행하여 다소의 의견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

복합레진으로는 광중합형인 Veridonfil-Photo와 이중중합형인 Bis-core를 사용하였고, 글래스 아이오노머 시멘트로는 이중중합형인 Fuji II LC와 화학중합형인 Ketac-fil을 사용하였다(Table 1). 미세경도는 Micro Hardness Tester (HMV-2000, Shimadzu Co. Japan)으로 측정하였다.

2. 연구방법

1) 주형의 제작

수복재의 깊이를 부여하기 위해 1mm, 3mm 두께의 가로 30mm, 세로 30mm의 불투명한 육면체 아크릴릭 주형을 제작하였다. 중앙에 광조사기 끝과 동일한 7mm 직경의 hole을 형성하였고, 각 재료와

깊이에 따라 5개씩의 주형을 제작하였다.

2) 시편의 제작

각 재료를 제조회사의 지시대로 조작하여 유리판 위에 놓인 몰드에 채워넣고 투명한 strip을 얹은 후 그 위에 다시 유리판을 위치시켜 편평한 면이 되도록 하였다. 제조회사의 지시대로 광중합을 한 후, 미세경도 측정 이외의 시간에는 37°C 수조에 보관하였다.

3) 미세경도 측정

Micro Hardness Tester를 이용하여 미세경도를 측정하였으며, 300g의 하중에 부하시간 10초의 조건으로 Vickers Hardness number (VHN)를 구하였다.

4) 통계처리

실험결과 얻은 자료는 ANOVA, student t-test, 그리고 깊이에 따른 경도차이를 검증하기 위해

Duncan's multiple range test와 최종중합에 이르는 시간을 검증하기 위해 Tukey's multiple comparison test를 이용하였다.

III 연구성적

Veridonfil-Photo, Bis-core, Fuji II LC 및 Ketac-fil 네 가지의 재료를 표면, 1mm, 3mm에 대해서 중합 직후부터 6시간까지는 1시간 단위로, 그 이후로는 3시간 단위로 microhardness tester를 이용하여 미세경도를 측정하였다(Table 2, 3).

Fig. 1, 2, 3, 4는 Veridonfil-Photo, Bis-core, Fuji II LC, Ketac-fil의 시간과 깊이에 따른 미세경도를 그래프로 나타낸 것이다.

Veridonfil-Photo와 Bis-core, Fuji II LC와 Ketac-fil의 표면, 1mm, 3mm 각각에서 중합직후와 24시간 후의 경도를 비교하였을 때, 네 가지 수복재 모두에서 미세경도가 증가하였다($p < 0.05$).

Veridonfil-Photo와 Bis-core에서 중합 직후부터 24

Table 1. Materials used in this study

Material	Classification	Manufacturer	Curing Mode
Veridonfil-Photo	composite resin	Hyosung Co. Korea	light-cure
Bis-core	composite resin	Bisco Co. U.S.A	dual-cure
Fuji II LC	glass ionomer cement	GC Co. Japan	dual-cure
Ketac-fil	glass ionomer cement	ESPE Co. Germany	chemical-cure

Table2. Vickers hardness numbers

time after curing (hrs)	Veridonfil-Photo			Bis-core		
	surface	1mm	3mm	surface	1mm	3mm
0	53.24±1.65	44.60±1.44	28.52±1.23	59.60±0.93	41.00±1.44	26.68±0.69
1	57.52±0.85	47.30±0.72	29.98±0.97	66.22±0.73	50.72±0.87	31.38±0.76
2	58.36±1.05	52.48±0.72	31.14±0.85	67.62±1.07	53.74±0.84	34.04±1.15
3	60.90±1.25	53.02±0.63	32.46±0.60	68.06±0.90	54.36±0.85	37.18±1.14
4	60.00±1.02	53.32±0.58	33.66±1.20	69.20±0.79	56.74±0.51	38.78±0.76
5	60.74±1.42	52.82±0.76	33.02±2.03	70.30±0.67	57.66±0.35	41.22±0.70
6	61.12±0.82	53.42±0.67	32.66±0.90	70.20±0.78	57.80±0.51	43.60±1.08
9	61.74±1.05	53.60±0.70	32.92±0.89	71.02±1.25	58.04±0.65	45.08±1.39
12	61.84±0.65	53.94±2.07	33.74±1.10	72.16±0.84	58.48±0.94	49.52±1.00
15	61.24±1.17	54.10±0.95	35.72±1.00	71.92±1.09	59.52±1.79	52.44±1.46
18	62.40±2.08	54.12±1.58	35.62±1.08	72.82±0.85	59.34±0.99	53.00±1.22
21	62.26±1.64	54.20±1.79	35.54±0.76	72.56±0.54	59.64±0.82	53.36±0.66
24	62.32±0.74	54.30±1.30	36.14±0.65	72.44±1.29	60.10±2.10	53.70±2.28

M±SD

Table 3. Vickers hardness numbers

time after curing (hrs)	Fuji II LC			Ketac-fil		
	surface	1mm	3mm	surface	1mm	3mm
0	27.30±0.87	24.90±1.49	23.03±0.75	27.84±0.88	26.38±0.66	27.04±0.60
1	29.32±0.70	27.27±0.74	25.90±1.20	29.78±1.49	29.34±1.28	29.62±1.43
2	31.46±1.34	29.10±1.07	27.28±1.42	31.30±2.35	30.64±2.13	30.08±0.43
3	32.32±0.58	31.20±2.01	29.34±1.78	32.82±1.51	33.32±0.85	32.68±0.61
4	36.63±0.72	34.42±0.90	32.76±0.72	34.32±0.88	34.20±1.01	33.90±1.59
5	39.88±0.91	37.90±1.20	33.74±0.27	37.12±1.91	36.50±2.69	35.06±1.91
6	41.68±0.96	39.48±1.00	34.10±0.62	38.20±1.23	37.20±1.09	36.78±1.46
9	46.63±0.59	43.87±0.63	36.04±0.43	40.20±1.52	39.86±1.06	38.94±1.93
12	47.72±0.93	46.98±1.12	38.58±0.59	44.22±0.68	43.84±1.62	43.22±2.13
15	48.57±0.86	47.38±0.69	42.86±0.84	47.66±0.57	46.80±1.20	45.36±1.61
18	49.28±0.41	47.78±1.60	45.34±0.49	47.84±1.64	47.98±1.20	46.06±2.01
21	49.98±1.28	48.08±1.06	45.98±0.80	49.32±1.20	48.18±1.21	46.28±1.88
24	49.16±1.29	48.54±1.03	46.24±0.94	49.14±2.03	48.86±1.43	46.96±1.61

M±SD

Table 4. Approximate time to maximum hardness

Materials	Surface	1mm	3mm
Veridonfil-Photo	3	2	4
Bis-core	9	6	15
Fuji II LC	9	12	18
Ketac-fil	15	15	15

(hours)

시간이 경과할 때까지 각 시간마다 표면, 1mm, 3mm 사이의 미세경도를 측정 한 결과 각 깊이에서 유의한 차이가 있었으며(p<0.05), Fuji II LC에서도 시간에 따라 표면, 1mm, 3mm 사이에서 유의한 차이가 있었지만 15시간과 21시간에서 표면과 1mm가 비슷한 경도를 나타내었다.

Ketac-fil에서는 중합직후, 1시간, 15시간, 21시간에서 표면과 3mm 사이에 유의한 차이가 있었지만 1mm는 표면, 3mm와 유의한 차이가 없었으며 나머지 시간에서는 표면, 1mm, 3mm 사이에 차이가 없었다(p>0.05).

각 재료에 따라서 24시간후의 최종중합에 가장 근접하는 시간을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다(Table 4).

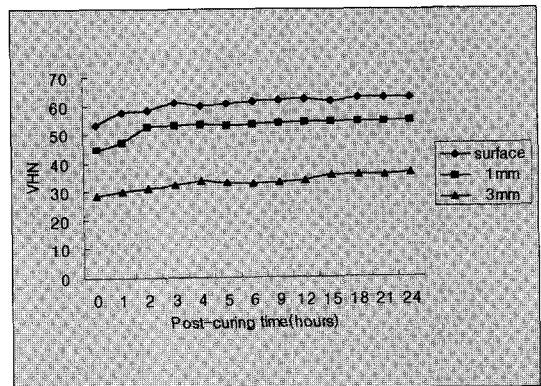


Fig. 1. Microhardness numbers of Veridonfil-Photo.

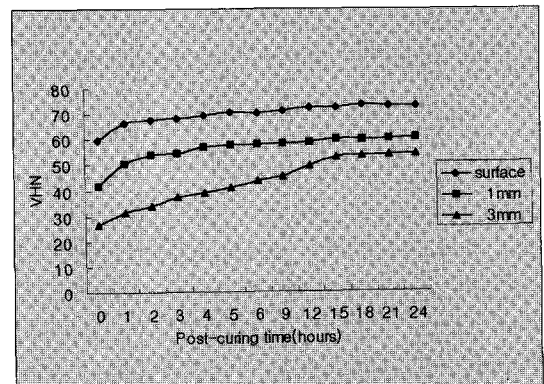


Fig. 2. Microhardness numbers of Bis-core

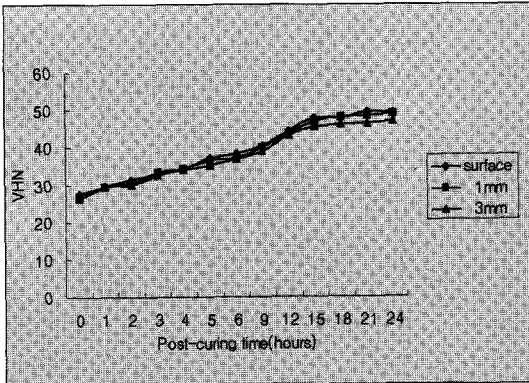


Fig. 3. Microhardness numbers of Ketac-fil.

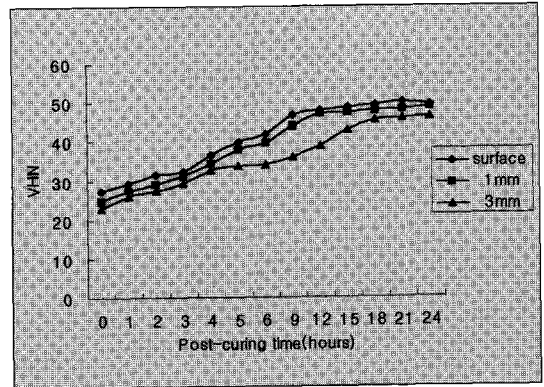


Fig. 4. Microhardness numbers of Fuji II LC

IV. 총괄 및 고찰

글래스 아이오노머 시멘트는 fluoro-aluminosilicate glass와 polyalkenoic acid에 의한 산-염기 반응으로 경화가 일어난다. 이는 불소유리로 인한 항우식 효과, 치질과의 화학적 결합, 우수한 생체적합성, 치아와 유사한 열팽창계수를 가져 유치와 영구치의 수복재료로 사용되었다. 그러나 압축 및 인장강도 등의 물리적 성질이 떨어지기 때문에 큰 와동이나 교합압을 받는 부위에서는 사용이 제한되며, 수분에 민감하고, 복합레진에 비해 심미성이 떨어지는 단점이 있다²⁰⁻²⁵. 이러한 단점을 극복하기 위해 기존의 글래스 아이오노머 시멘트에 polymer를 첨가한 resin modified glass ionomer cement가 개발되었다.

Resin modified glass ionomer cement는 물 성분이 water/HEMA 혼합성분으로 대체된 것으로서, 광중합방식과 화학중합방식을 병용하는 이중중합방식이다. 이러한 이중중합방식은 기존 글래스 아이오노머 시멘트의 산-염기 반응, 그리고 복합레진과 유사하게 자유기에 의해 polyHEMA matrix를 형성하는 반응을 가지고 있으며, 이로 인해 metal poly-acrylate salt와 polymer의 두 가지 기질이 형성된다. 글래스 아이오노머 시멘트에 물이 부족하면 산-염기반응이 훨씬 느리게 일어나는데, resin modified glass ionomer cement는 물 대신에 water/HEMA mixture를 함유하고 있으므로 이 재료의 초기경화는 산-염기반응이 아닌 HEMA의 중합결과 때문이고, 산-염기반응은 이미 형성된 polymer matrix를 경화시키고 강하게 할뿐이다. 이처럼 산-염기반응이 천천히 일

어나기 때문에 free poly acrylic acid가 일반적인 글래스 아이오노머 시멘트보다 더 오랜시간동안 이용된다²⁶.

모든 복합레진의 중합은 자유기 중합방식(free radical polymerization mechanism)을 이용하는 것이다. 화학중합형의 경우에는 benzoyl peroxide와 amine의 화학적인 상호작용에 의해 자유기가 생성되고 가시광선 중합형의 경우에는 적절한 파장의 빛이 α -diketone (주로 camphorquinone)에 의해 흡수되어 amine reducing agent와 반응하고, 이것이 자유기를 형성한다²⁷. 이렇게 형성된 자유기가 methacrylate group의 중합을 개시하여 polymeric matrix와 가교(cross link)를 형성함으로써 중합이 이루어진다²⁸. 이중중합형 복합레진은 화학적인 활성화와 가시광선 활성화 시스템을 겸비한 중합방식이며, inlay 또는 onlay를 위한 시멘트용으로 처음 개발되었고 최근에는 orthodontic bonding이나 수복용 복합레진에도 이중중합방식이 이용되었다²⁹. 이러한 이중중합형 복합레진의 완전한 중합은 광중합이후에 지속적으로 일어나는 자가중합형 구성성분에 의해 증강된다²⁹.

본 실험에서 네 가지 수복재 모두에서 중합 직후에 비해 24시간 경과 후의 미세경도가 유의하게 증가하였다. 이렇게 점진적으로 미세경도가 증가하는 것은 초기 경화 후에 중합이 계속되기 때문이며³⁰, 이러한 경도의 변화는 network structure에 묻혀있는 자유기가 지속적으로 작용하기 때문이다³¹. Watkins³²와 Leung³³은, 광중합 방식의 경우 빛이 적용되자마자 표층에 즉각적인 경화가 일어나는데,

표층은 몇초내에 중합되지만 중합은 순간적인 반응이 아니므로 광조사 이후에도 교차결합반응(cross-linkage reaction)이 계속되어 물리적 성질이 다소 개선된다고 하였다. 이러한 복합레진의 중합은 광조사 후 느린 속도로 진행되고 약 24시간 후에 최종중합점에 도달한다³⁴⁾. Swartz와 Philips³⁵⁾에 따르면 광조사 후 1시간과 24시간 사이에 경도가 유의하게 증가하였다고 보고하였으며, 본 연구의 결과도 이와 일치하였다.

시간경과에 따른 각 깊이에서의 미세경도를 측정 한 결과, Veridonfil-Photo, Bis-core, Fuji II LC에서는 각 깊이의 경도에서 유의한 차이가 인정되었으나, 화학중합형인 Ketac-fil에서는 각 깊이에 따른 차이가 없었다. 이는 화학중합형의 경우 중합반응이 재료 전체에서 거의 균일하게 일어나지만 광중합형의 경우는 수복재의 두께에 크게 좌우되기 때문³⁶⁾으로 생각할 수 있다. 중합심도에 영향을 미치는 요소로는 수복재의 화학조성, 충전량, 광원의 강도와 파장, 재료 자체의 광투과율 등이 있으며, 광원의 강도가 공기, 치아, 수복물을 통과하면서 점차 감소하게 되고 이로 인해 중합효율이 떨어진다³⁷⁾. 이처럼 수복재 심부에서 불완전하게 중합이 일어나면 수복재의 탈락과 치수조직에 손상을 야기할 수 있다³⁸⁾. 이러한 이유로 말미암아 광중합형의 경우, 깊이에 따른 미세경도가 유의한 차이를 보였으나, 화학중합형의 경우에는 깊이에 상관없이 균일한 미세경도를 나타낸 것으로 생각할 수 있다.

화학 중합형 복합레진의 중합은 균등하게 지속적으로 일어나지만 광중합형은 빛이 도달하는 곳에서만 중합되며, 이것은 광원에 가장 가까운 표층이 심층보다 더 효율적으로 중합된다는 것을 의미한다³⁶⁾. 이처럼 심부에서 부분적으로 중합되거나, 중합되지 않은 재료는 용해성이 증가하고 기계적 성질이 떨어지므로 바람직하지 않다³⁷⁾. 반면 이중중합형 복합레진은 부족한 광원으로 인하여 광조사 후 적절한 중합이 이루어지지 않았을 경우, 화학중합방식으로 자유기를 형성하여 초기 광조사에 의한 중합이 이루어진 후에도 화학중합성분에 의한 지속적인 반응이 일어난다¹¹⁾. 본 실험에서 광중합형 복합레진인 Veridonfil-Photo에 비해 이중중합형복합레진인 Bis-core의 중합이 더 장시간 지속된 것은 이러한 이유 때문으로 볼 수 있다. 글래스 아이오노머 시멘트

의 경우에서도 이중중합형인 Fuji II LC가 심층에서 화학중합형인 Ketac-fil 보다 더 오랫동안 중합이 지속되었다. 표층의 중합이 완성되었더라도 더 깊은 층에서는 중합되지 않았을 수 있는데, 이렇게 심층의 중합되지 않은 부위는 교합력에 대해서 수복물을 약화시킨다³⁹⁾. Resin modified glass ionomer cement의 중합은 광조사의 정도에 의존하지만 중합심도를 증가시키는 것은 화학중합의 기전이다. 광중합이 끝난 직후에는 표층이 심층보다 경도가 더 크지만 지속적으로 화학반응이 일어나서 시간이 흐름에 따라 심층의 중합정도가 증가하고 중합심도 또한 증가하게 된다^{40,41)}.

그러나 이중중합형 수복재에서 지속적으로 중합을 야기하는 화학중합 성분의 역할에 대한 반론도 제기되었다. 광중합후에 이어지는 화학적으로 유도되는 지속적인 중합을 얻는 것은 어렵다고 하며, Cook과 Standish⁴²⁾에 따르면 초기의 광중합은 레진을 급속도로 중합시켜 점도가 매우 높은 gel이 생성되는데, 이렇게 점도가 빠르게 증가하게 되면 광중합 후의 화학중합을 유도하는 active radical의 이동을 방해한다. 이와 더불어 수복과정의 조작과 적절한 작업시간을 얻기 위해서 지연된 화학반응이 바람직하며, 이를 얻기 위해서 화학적으로 유도된 자유기의 시작은 지연되어야 한다. 이에 따라 많은 양의 inhibitor가 필요하지만, 한편으로는 이러한 inhibitor가 광중합 개시에 의한 중합을 방해한다. 따라서 이러한 inhibition의 기간과 광중합에 의해 야기되는 초기 중합은 이중중합 복합레진의 최종중합에 많은 영향을 미친다고 한다. 그러나 본 실험에서는 이중중합형 수복재의 3mm 깊이에서의 미세경도가 광중합형 수복재에 비해 더 오랫동안 증가되었으므로 화학중합 성분의 영향이 상당부분 있었다고 생각된다.

본 연구에서는 수복재의 중합도를 알아보기 위해 간접법의 하나인 미세경도를 사용하였다. 미세경도와 중합도 간에 밀접한 관계가 있다고 알려져 있지만 정확한 중합도를 알아보기 위해서는 미반응 단량체의 양을 측정하는 직접법을 적용하는 것이 우선이며, 이와 동시에 간접법과 직접법 간의 유의성을 검증하는 것도 큰 도움이 되리라 생각된다.

최근 광중합과 화학중합 모두를 공유하는 이중중합방식의 글래스 아이오노머 시멘트와 복합 레진이

많이 소개되었으며, 레진의 경우 레진 시멘트에서 처음 이중중합방식이 사용된 이후 수복용 복합레진에도 적용되고 있다. 그러나 이중중합방식의 효용성에 대해서는 여전히 논란이 많고 이중중합형의 수복용 복합레진에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 이중중합방식의 가장 큰 장점은 수복재의 심부에서도 화학중합방식에 의한 중합이 일어나 수복물의 중합 깊이를 증가시키는 점이지만, 표층과 심부의 중합도가 유사한 화학중합방식에는 아직 도달하지 못하고 있다. 이중중합형의 수복용 복합레진에 대한 물성이나 기계적 특성에 대해 제조사에서 조사한 이외에는 실제 임상적인 비교연구가 부족하였으므로 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

V. 결 론

광중합형과 화학중합형에 비한 이중중합형 수복재의 중합도에 대한 특성을 비교분석할 목적으로, 광중합형 복합레진, 이중중합형 복합레진, 이중중합형 글래스 아이오노머 시멘트와 화학중합형 글래스 아이오노머 시멘트를 대상으로 초기 경화 후의 경과 시간과 깊이에 따른 미세경도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 4종의 수복재 모두에서, 중합 직후에 비해 24시간 경과 후의 미세경도가 증가되었다.
2. 중합 직후부터 24시간 경과시점까지의 미세경도를 측정한 결과, Ketac-fil을 제외한 나머지 수복재에서는 각 깊이간 경도의 차이가 있었다.
3. 각 수복재의 최종중합에 도달하는 시간을 조사한 결과, 이중중합형이 3mm의 깊이에서 광중합형이나 화학중합형에 비해 중합이 더 오래 지속된 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 조사광이 충분히 도달하지 못하여 중합이 현저히 떨어지는 수복재의 심부에도 이중중합방식을 사용할 경우에는 지속적인 중합반응이 일어나 중합도가 증가하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Rueggeberg FA, Caughman WF : The Influence of Light Exposure on Polymerization of Dual-Cure Resin Cements.

- Oper Dent 18:48-55, 1993.
2. Burdsell DC, Bannon PJ, Webb PB : Harmful effects of near ultra violet radiation used for polymerization of a sealant and a composite resin. J Am Dent Assoc 92: 775, 1976.
3. Lee HL, Orłowski JA, Rogers BJ : A comparison of ultra violet curing and self curing polymers in preventative, restorative and orthodontic dentistry. Int Dent 26: 134, 1976.
4. Bassiouny MA, Grant AA : A visible light cured composite restorative material. Br Dent J 145:327, 1978.
5. Kazuo O : Effect of light exposure time on the depth of curing in various composite resin systems. Pediatr Dent 7:19-22, 1985.
6. Li J : Strength and setting behavior of resin-modified glass ionomer cements. Acta Odontol Scand 53:311-317, 1995.
7. Wilson AD, Kent BE : A new translucent cement for dentistry, The Glass Ionomer Cements. Br Dent J 132:133-135, 1972.
8. McCarthy MF, Hondrum SO : Mechanical and bond strength properties of light-cured and chemically cured glass ionomer cements. Am J Orthod 105:135-141, 1994.
9. Wilson AD : Resin-modified glass-ionomer cements. Int J Prosthodont 3:425-4 29, 1990.
10. Edward J : Depth of cure of resin-modified glass ionomers. Dent Mater 11: 196-200, 1995.
11. Cook W, Thomas F : A photocured composite resin with an apparent infinite depth of cure. Aust Dent J 28:243, 1983.
12. Ruyter LE, Gyorosi PP : An infrared spectroscopic study of sealants. Scand J Dent Res 84:396, 1976.
13. Antonucci JM, Toth EE : Extent of poly-

- merization of dental resins by differential scanning calorimetry. *J Dent Res* 62:121, 1983.
14. Ferracane JL, Greener EH : Fourier transform infrared analysis of degree of polymerization in unfilled resins-methods comparison. *J Dent Res* 63:1093, 1984
 15. Shin WS : Determination of dental resins using Raman and FT-Raman spectroscopy. *Dent Mater* 9:317-324, 1993.
 16. Asmussen E : Restorative resins : Hardness and strength vs quantity of remaining double bonds. *Scand J Dent* 90:484-489, 1982.
 17. Leung RL, Kahl RL, Fan PL : Comparison of depth of polymerization evaluation method for photo-activated composite. *J Dent Res* 63:292, 1984.
 18. Rueggeberg FA, Craig RG : Correlation of parameter used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. *J Dent Res* 67:932-937, 1988.
 19. Watts DC, Amer OM, Combe EC : Surface hardness development in light -cured composites. *Dent Mater* 3:265-269, 1987.
 20. Hattab FH : An in vitro study on the release of fluoride from glass ionomer cement. *Quint Int* 22:221-224, 1991.
 21. Aboush YEY, JenKins CBG : An evaluation of the bonding of glass ionomer restorative to dentine and enamel. *Br Dent J* 161:179-184, 1986.
 22. Kawahara H, Imanishi Y, Oshima H : Biologic evaluation on glass ionomer cement. *J Dent Res* 58:1080-1086, 1979.
 23. McKinney JE, Antonucci JM, Rupp NW : Wear and microhardness of glass -ionomer cements. *J Dent Res* 66:1134-1139, 1989.
 24. Mount GJ, Makinson OF : Glass-ionomer restorative cements : clinical implications of the setting reaction. *Oper Dent* 7:134-141, 1982.
 25. Wilson AD : Developments in glass-ionomer cements. *Int J Prosthodont* 2:438-446, 1989.
 26. Alan DW : Resin-modified Glass-Ionomer Cements. *Int J Prosthodont* 3:425-4 29, 1990.
 27. Watts DC, Amer O, Combe EC : Characteristics of visible-light-activated composite systems. *Br Dent J* 156:209-215, 1984.
 28. Yearn JA : Factors affecting cure of visible light activated composites. *Int Dent J* 35 :218-225, 1985.
 29. Anne ES, John FM, Peter HG : An ex vivo study of self-, light-, and dual-cured composites for orthodontic bonding. *Br J Orthod* 22:319-323, 1995.
 30. Leung RL, Fan PL, Johnston WM : Post-irradiation polymerization of visible light-activated composite resin. *J Dent Res* 62:363-365, 1983.
 31. Griffith JR, Cannon RWS : The properties and clinical application of the modern composite resins. *Aust Dent J* 18:26-31, 1973.
 32. Watkins JJ : The surface hardness of three bisphenol-A and glycidylmethacrylate fissure sealants. *J Dent* 3:68-72, 1975.
 33. Leung RL, Fan PL, Johnston WH : Post-exposure polymerization of visible light activated composite resins. *J Dent Res* 61:302, 1982.
 34. Leung RL, Adishian SR, Fan PL : Postirradiation comparison of photoactivated composite resins. *J Prosth Dent* 54:645-649, 1985.
 35. Swartz ML, Phillips RW : Visible light-activated resins-depth of cure. *J Am Dent Assoc* 106: 634-637, 1983.
 36. Cook WD : Factors affecting the depth of cure of UV-polymerized composites. *J*

- Dent Res 59:800-808, 1980.
37. Rees JS, Jacobsen PH : The current status of composite materials and adhesive systems Part 6 : Technique for indirect placement. Rest Dent 7:21, 1991.
 38. Buonocore MG, Davila J : Restoration of fractured anterior teeth with ultra-violet-light polymerized bonding materials : A new technique. J Am Dent Assoc 86:1349-54, 1973.
 39. Thomas A, Michael V, Elmar H : Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials. Quint Int 27:203-209, 1996.
 40. Watts DC, McNaughton V, Grant AA : The development of surface hardness in visible light-cured posterior composites. J Dent 14:169-174, 1986.
 41. Pilo R, Cardash HS : Post-irradiation polymerization of different anterior and posterior visible light-activated resin composite. Dent Mater 8:299-304, 1992.
 42. Cook W, Standish P : Cure of resin-based restorative materials II. White light photopolymerized resins. Aust Dent J 28:307-311, 1983.

Abstract

A STUDY ON THE CHANGES IN DEGREE OF CONVERSION OF DUAL-CURE RESTORATIVE MATERIALS WITH TIME-ELAPSE

Chul-ho Yang, Shin Kim, Tae-sung Jeong

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

For the purpose of elucidating the polymerization modes of dual-cure restorative materials and comparing them with single-cure restorative materials, a study was performed on the light-cured composite resin, dual-cure composite resin, dual-cure glass ionomer cement and chemical-cure glass ionomer cement.

By measuring the microhardness of each material at 0mm, 1mm and 3mm depth during initial 24 hours with predetermined interval, the state of polymerization and degree of conversion was indirectly evaluated for each material, and obtained results are as follows :

1. All of four materials tested showed significant increase in microhardness after 24hrs compared with just after curing starts.
2. In all materials except Ketac-fil, there showed a significant difference in microhardness between each depth at each time interval.
3. In the test of lap time till final curing for each material, the polymerization process was revealed to last longer in the dual-cure type materials than in single-cure type materials at 3mm depth.

Based on the results above, it was demonstrated with materials of dual-cure mode that the degree of conversion increases by successive curing reactions even in the deeper layers where sufficient curing light is impermeable.

Key word : Polymerization, Microhardness, Dual cure