

치면열구전색제의 표면처리와 중합시간 증가에 따른 미반응 모노머 용리 평가

서현우

강릉대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

본 연구는 복합 레진의 중합률에 영향을 미치는 광조사 시간을 달리하여 치면열구전색제를 중합하였을 경우 이로부터 용리되는 미반응 모노머들을 확인하고 정량화하고자 하였다. 그리고 치면열구전색제 중합 후 표면에 나타나는 미반응 모노머 층을 다양한 방법으로 제거한 후 용리되는 미반응 모노머들을 정량분석함으로써 미반응 모노머의 제거효과를 비교 평가하고자 하였다.

광중합 시간에 따라 각각 20초, 40초, 60초간 중합한 후, 중합시간 별로 어떠한 처리도 시행하지 않은 군을 대조군, 증류수로 10초간 세척한 군을 I군(Group I), 75% 알콜에 젖은 면구로 10초간 문지른 군을 II군(Group II), 퍼미스와 러버컵을 이용하여 10초간 처리하고 증류수로 가볍게 세척한 군을 III군(Group III)으로 분류하였다. 표면처리 후 각 시편을 3차 증류수에 넣고 37℃ 항온 수조에서 10분간 보관한 후 각각의 용리액을 고성능 액체 크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량 분석을 시행하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 대조군과 실험군에서 TEGDMA를 제외한 어떠한 모노머들도 검출되지 않았다.
2. 최소 중합시간, 권장 중합시간, 권장 중합시간 이상의 순으로 중합시간이 증가할수록 TEGDMA의 용리량은 감소하였다.
3. 표면처리를 한 군들은 대조군에 비하여 TEGDMA의 용리량이 유의할 만하게 감소하였다.
4. 표면처리를 한 군 가운데 퍼미스와 러버컵을 이용한 경우 잔존 모노머의 제거 효과가 다른 군에 비하여 유의성 있게 높았다.
5. 권장 중합시간 이상인 60초 중합 후, 퍼미스와 러버컵을 이용하여 표면처리한 경우 가장 적은 양의 모노머 용리량을 보였다.

주요어 : 치면열구전색제, 중합시간, 표면처리, 모노머

I. 서론

복합 레진은 치질에 결합하는 능력이 뛰어나고 심미성이 우수하며 특히 광중합형 레진은 경화속도가 빨라 치과용 수복재

로 널리 이용되고 있다¹⁾. 이 중 치면열구전색제는 학령기 어린이들의 소와열구 우식을 예방하는데 매우 효과적임이 증명되어 왔고, 여러 종류의 전색제들 중 레진 계열의 광중합형 치면열구전색제는 유지력이 좋아 널리 이용되고 있다²⁾.

치면열구전색제는 2,2-bis [4-(2-hydroxy-3-methacryloyloxypropoxy) phenyl] propane (Bis-GMA), urethane dimethacrylate(UDMA), triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA) 등의 성분으로 구성되어 있는데, 광중합시 위의 성분들이 3차원적 구조를 형성하여 경화가 일어나게 된다³⁾.

교신저자 : 서현우

강원도 강릉시 지변동 123번지
강릉대학교 치과대학 소아치과학교실
Tel: 033-640-3157
E-mail: hwseo@kangnung.ac.kr

* 본 연구는 2005년도 대한소아치과학회 신진교수 연구비 지원에 의해 이루어졌음.

광중합형 복합레진의 중합률은 레진 기질과 충전재의 형태와 특성, 광조사 시간, 레진 기질에 포함된 광개시제의 형태, 농도 및 광개시제가 활성화되는 파장 범위에서의 광중합기의 출력과 에너지 분포에 크게 의존한다⁴⁾. 광중합에 의한 중합체에서 적절한 중합도를 얻기 위해서는 적절한 시간 동안 적절한 파장에서 출력 광도를 발생하여야 한다⁵⁾. 광중합기와 관련하여 1970년대 후반에 소개된 할로젠 광중합기는 몇몇 단점에도 불구하고 지금까지 가장 널리 사용되고 있다⁶⁾. 이 후 할로젠 중합기의 단점을 극복하고 효과적인 중합과 중합시간 단축을 위해 최근 플라즈마 램프나 LED 등을 이용한 새로운 중합기들이 개발되어지고 있으나⁷⁻⁹⁾, 현재의 기술로는 광중합을 통해 모노머들이 완전한 반응을 이루도록하기가 불가능하고¹⁰⁾, 이러한 미반응 모노머들은 타액이나, 구강점막 혹은 치수조직을 통해 전신적으로 영향을 줄 수 있다¹¹⁾.

많은 연구들에서 레진계 재료의 미반응 모노머로 인한 세포독성과 유전자 독성, 돌연변이 등에 대해 보고하고 있으며¹²⁻¹⁵⁾, 치면열구전색 수시간 이내에 기관지 수축과 전신의 발진과 부종을 동반한 알러지 반응이 발생한 경우도 보고된바 있다¹⁶⁻²¹⁾. 그리고 Olea 등²²⁾의 연구에 따르면, 치면열구전색제로부터 estrogenicity를 가지는 bisphenol-A가 유리된다고 하였으며, 이는 불임이나 전립선 손상, 암 발생률을 높일 수 있으므로 치면열구전색제의 사용이 재평가되어야 한다고 주장하였다.

Bisphenol-A와 그 밖의 여러 모노머들이 가지는 유해성에 대해 잘 알려져 있기는 하나, 아직까지는 치면열구전색제로부터 용리되는 성분이 직접적으로 인체에 유해성을 나타낸다는 보고는 없었기에, 중합된 치면열구전색제로부터 유해성을 나타낼 만한 양의 성분들이 실제로 용리되는지 의심해 볼 수 있다¹⁰⁾.

한편 치면열구전색제는 수복재료 중 미반응 모노머 성분을 가장 많이 함유하고 있는데, 이는 치면열구전색제의 최외층이 산소와 직접 접촉하여 전색제의 최외곽층의 경화 반응을 억제하기 때문이며²³⁾, 이러한 억제층으로 인해 다른 레진 수복재료보다 더 많은 세포독성을 일으킬 가능성이 있다²⁴⁾.

따라서 본 연구에서는 치면열구전색제의 중합시 bisphenol-A, TEGDMA, UDMA, Bis-GMA, Bis-DMA와 같은 모노머들이 용리되는지 확인하고, 치과용 복합레진의 중합률에 영향을 미치는 광조사 시간을 달리하여 중합시, 용리되어 나오는 모노머 양의 차이를 비교하고자 하였다. 그리고 각각의 중합시간에 따라 중합 후 표면의 미반응 모노머 층을 임상에서 이용할 수 있는 다양한 방법으로 제거하고, 정량분석 함으로써 미반응 모노머의 제거 효과를 비교 평가하고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

치과용 광중합형 치면열구전색제는 Helioseal® F(Vivadent, Liechtenstein)를 사용하였고, 광중합기로는 할로젠 광

을 사용하는 XL3000(3M, USA)를 사용하였다. 중합기의 광도 적정을 위해 광도계(Radiometer, DentAmerica, USA)를 이용하였다. 용리된 미반응 모노머를 분석하기 위한 표준모노머로 BPA (Sigma Co., USA), Bis-GMA(Polysciences Inc., USA), Bis-DMA(Sigma Co., USA), TEGDMA (Sigma Co., USA), UDMA(Sigma Co., USA) 등을 사용하였다.

2. 연구방법

1) 시편제작 및 표면처리

두께 1 mm, 지름 5 mm의 주형에 광중합형 치면열구전색제를 일정량 충전한 후 제조사 최소 권장 중합시간, 권장 중합시간, 권장 중합시간 이상인 20초, 40초, 60초간 광중합을 시행하였다. 표면 처리 방법에 따라 광중합 후 어떠한 처리도 시행하지 않은 군을 대조군으로 하였으며, 증류수로 10초간 세척한 군을 I군(Group I), 75% 알콜에 젖은 면구로 10초간 문지른 군을 II군(Group II), 퍼미스와 리버컵을 이용하여 10초간 처리하고 증류수로 가볍게 세척한 군을 III군(Group III)으로 분류하였다. 표면처리 후 각각의 시편을 2 ml의 3차 증류수에 넣은 후 37°C 항온 수조에서 10분간 보관한 후 각각의 용리액을 HPLC(High Performance Liquid Chromatography)를 이용하여 정성 및 정량 분석하였다.

2) 고성능 액체 크로마토그래피(HPLC) 분석

치면열구전색제로부터 용리되는 미반응 모노머의 성분 및 정량분석을 위해 3.9×150 mm의 C18 silica gel로 충전된 Nova-Pak® column(Waters, USA)이 연결된 고성능 액체 크로마토그래피(Gilson, USA)를 이용하였다. 표준 및 시험용액은 Hamilton microsyringe(Hamilton Co., Reno, Nevada)를 사용하여 정확하게 20 µl씩을 Rheodyne sample injector(Gilson, USA)에 manual injection 법으로 주입하였으며, 표준 모노머들의 정량분석은 각각 1, 0.1, 0.05, 0.01 mg/ml의 농도에서 분리시간과 크로마토그램상의 높이를 기준으로 표준곡선을 작성하여 시행되었으며, 분석컬럼은 항상 37°C를 유지시켰다.

HPLC grade의 증류수를 pore size가 0.22 µm인 수용성 펠터에 통과시킨 증류수에 HPLC용 acetonitrile(Merck, USA)를 50%가 되게 혼합한 용액(solution A)과 100% acetonitrile(solution B)를 적절비율로 혼합하였다. HPLC의 이동상은 두개의 pump를 이용하여 흘렸으며, 용액의 농도구배 조건으로, 0분에서는 100%의 solution B, 10분에서는 33%의 solution A와 67%의 solution B, 11분에서는 100%의 solution B, 그리고 12분에서 100%의 solution B가 되게 유지시켰다. 이동상의 유속은 1.0 ml/min 이었으며, UV detector를 이용하여 215 nm 파장에서 검출하였다.

3. 통계분석

광원의 조사시간과 표면처리에 따른 미반응 모노머 용리량의 차이를 알아보기 위해 SPSS 12.0을 사용하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, Scheffe's test로 사후 검정을 실시하였다.

III. 연구결과

HPLC peak를 이용한 표준 모노머들의 분리시간은 각각 BPA 2.3분, TEGDMA 3.2분, UDMA 5.6분, Bis-GMA 6.5분, Bis-DMA 10.4분 이었다.

모든 대조군과 실험군의 용리액에서 TEGDMA를 제외한 어

떠한 모노머들의 peak도 나타나지 않았다. 중합시간을 달리한 모든 실험군에서 표면처리를 한 군들은 대조군에 비해 용리되는 미반응 모노머의 양이 유의할 만하게 감소하였다(p<0.05)(Table 1, 2).

표면처리 방법에 다른 미반응 모노머의 제거효과는 증류수로 10초간 세척한 군, 75% 알콜에 젖은 면구로 10초간 문지른 군, 퍼미스와 러버컵을 이용하여 10초간 처리하고 증류수로 가볍게 세척한 군의 순으로 증가하였다(Fig. 1).

중합시간에 따른 비교에서 중합 후 미반응 모노머의 용리량은 중합시간이 증가할수록 감소하였는데, 최소 권장 중합시간 군과 권장 중합시간 이상의 군 사이에서 통계적 유의성이 나타났다(p<0.05)(Table 3, 4).

중합시간을 달리하여 표면처리를 시행하였을 경우, 최소 권

Table 1. Mean value of TEGDMA amount according to various surface treatment

Group	Mean(mg/ml)	SD	Removal rate(%)
Control	0.052	0.007	
Group I	0.041	0.006	21.2
Group II	0.023	0.008	55.8
Group III	0.017	0.005	67.4

Table 2. Results of various surface treatment group comparison by Scheffe's test

	Control	Group I	Group II	Group III
Control				
Group I	.000*			
Group II	.000*	.000*		
Group III	.000*	.000*	.027*	

* : Statistically significant (p<0.05)

Table 3. Mean value of TEGDMA amount according to curing time

Group	Mean(mg/ml)	SD
20sec	0.040	0.015
40sec	0.032	0.014
60sec	0.027	0.015

Table 4. Results of various curing time group comparison by Scheffe's test

	20sec	40sec	60sec
20sec			
40sec	.223		
60sec	.015*	.465	

* : Statistically significant (p<0.05)

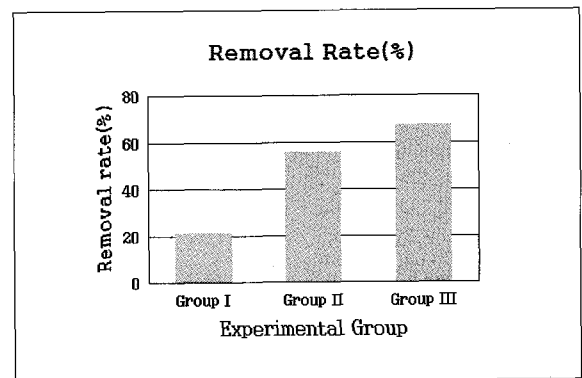


Fig. 1. Removal rate(%) of surface treatment groups.

장 중합시간인 20초 조사 후 증류수로 10초간 세척한 군에서 가장 많은 모노머가 용리되었고, 권장 중합시간 이상인 60초 중합 후 퍼미스와 러버컵을 이용하여 10초간 처리하고 증류수로 가볍게 세척한 군에서 가장 적은 양의 모노머가 용리되었다.

IV. 총괄 및 고찰

치면열구전색제로부터 용리되어 나오는 모노머들은 재료의 구조적 안전성과 생체 적합성에 잠재적인 영향을 미치며, 특히 후자의 경우는 그 중요성이 더욱 크다. 이러한 성분들은 구강점막에 접촉하고 타액내로 유입되어 국소적 혹은 전신적인 반응을 유발할 수 있다²⁵⁾.

치면열구전색제의 기질을 이루는 대표적인 모노머들로는 Bis-GMA나 UDMA 등이 있고, 이러한 모노머들은 500-1000 g/mol 정도의 분자량을 가진다²⁵⁾. Bis-GMA는 methacrylic ester와 bisphenol-A가 결합한 것으로 비교적 양호한 화학적 안정성과 물리적 성질을 가지고 있으나 점도가 매우 높아 적절한 점도를 얻기 위해 TEGDMA, EGDMA 등을 함께 사용하며³⁾, 레진의 강도를 높이고 중합시간을 감소시키기 위해 Bis-DMA를 같이 사용하기도 한다²⁶⁾. TEGDMA와 EGDMA는 긴 사슬의 유동성 있는 입체 화학적 구조를 가지고 있어, methacrylate 이중 결합이 잘 형성되도록 하여 높은 수준의 중합이 이루어질 수 있도록 한다³⁾. Bisphenol-A는 Bis-GMA와 Bis-DMA의 전구물질로서 Bis-GMA 계열의 치면열구전색제를 제조하는 과정에서 완전한 합성 반응이 이루어지지 않을 경우에 생기게 되며, 또한 수복 재료에 포함되어 있는 Bis-DMA가 salivary esterase와 반응하게 되면 Bis-DMA 내의 ester bond가 가수분해되어 만들어지게 된다²⁷⁾. Olea 등²²⁾은 치면열구전색제로부터 estrogen-mimicking agent인 bisphenol-A의 형성 가능성에 대해 보고하였으며 치면열구전색제 사용의 재평가를 주장하였다.

치면열구전색제는 다른 레진 수복제들에 비해 중합 후 미반응 모노머를 더 많이 포함하는 것으로 알려져있다. 치면열구전색제는 occlusal matrix 없이 중합하기 때문에 수복재와 공기계면에 존재하는 산소가 치면열구전색제 최외층의 경화반응을 억제하게 된다. 이것은 산소와 free radical이 반응하여 peroxy radical을 형성함으로써 나타나는 안정된 층으로 이로 인해 미반응 모노머가 치면열구전색제의 최외층을 덮게 된다. 이러한 층의 두께는 재료의 점도에 크게 의존하며 점도가 낮을수록 산소의 확산이 더 커지고, 더 두꺼운 미반응 층을 형성하게 된다²³⁾.

이러한 모노머들의 용리는 전색제의 초기 중합시기, 타액과의 접촉 시, 구강내에서 유지되는 시간 동안 발생할 수 있다²⁷⁾.

모노머 성분의 세포 독성에 관해 다양한 보고들이 있는데, Jontell 등²⁸⁾은 임파구를 이용한 수종의 레진성분(UDMA, Bis-GMA, TEGDMA, BPA)의 세포 독성에 관한 연구에서 낮은 농도의 모노머에서 임파구 증식을 촉진시킨다고 보고하였다. 또한 Geurtsen 등²⁹⁾은 EGDMA와 TEGDMA가

Lactobacillus acidophilus와 Streptococcus sorbinus의 증식을 촉진시킨다고 하였으며 TEGDMA는 인간의 치은 섬유모세포를 증식시켜 치은의 염증반응에 기여한다고 보고하였다.

본 연구에서는 모든 조건에서 TEGDMA를 제외한 다른 모노머(BPA, UDMA, Bis-GMA, Bis-DMA)들은 검출되지 않았다. 또한 검출된 TEGDMA의 최대 양도 Stanislawski 등³⁰⁾이 보고한 독성 용량의 1/10에도 미치지 않는 소량으로 실험에 사용된 치면열구전색제로부터 유해성 높은 모노머들이 용리되지 않음을 알 수 있었다.

모노머의 용리에 영향을 미치는 인자들로는 중합의 정도, 용매의 화학적 성질, 재료의 크기와 화학적 조성 등이 있다^{25,31)}. 이 중 중합 정도가 모노머 용리에 가장 직접적인 영향을 미치며, 높은 중합도를 얻기 위해서는 충분한 중합광의 광도, 중합에 적당한 파장 및 적절한 중합시간이 필요하다³²⁾. Harris 등³¹⁾은 광중합 광도가 복합 레진의 중합에 주는 영향에 대하여, Nomoto³³⁾는 광중합 광선의 파장이 복합 레진의 중합에 주는 영향에 관하여 연구하였으며, Miyazaki 등³⁴⁾은 광조사 시간과 중합 깊이의 상관관계에 관하여 보고한 바 있다. Linberg 등³⁵⁾은 중합시간을 달리하여 여러 가지 종류의 할로겐 중합기를 사용한 결과 중합시간이 증가할수록 중합률이 유의할 만하게 증가한다고 하였으며 Kim 등³⁶⁾과 Jacobsen 등³⁷⁾도 이와 같은 결과를 지지하는 보고를 하였고, 이 등³⁸⁾도 광조사 시간이 증가함에 따라 복합 레진의 표면 중합률이 유의성 있게 증가하였다고 보고한바 있다. Brosh 등³⁹⁾은 레진 재료들의 적절한 중합을 위해 제조사에서 추천하는 중합시간이 너무 짧다고 하였으며, Kim 등³⁶⁾도 완전한 중합을 위해서는 추천 중합시간보다 더 긴 중합시간이 필요할 것이라고 설명하였다. 이와 관련하여 Rueggerberg 등⁴⁰⁾은 두께 2 mm 이하의 레진 중합시 60초 정도의 중합시간을 추천하였으며 Linberg 등³⁵⁾은 적절한 중합도를 얻기 위하여 400 mW/cm² 이상의 광도와 40-60초 정도의 중합시간이 필요하다고 주장하였다. 본 실험에서도 중합시간을 증가시키기에 따라 용리되는 미반응 모노머의 양이 줄어드는 것을 관찰할 수 있었고, 따라서 중합시간의 증가를 통해 미반응 모노머에 대한 노출의 가능성을 줄일 수 있으리라 생각된다.

용리되는 모노머 성분의 종류와 양은 사용되는 용매에 따라 큰 영향을 받는다. 수복재에 대한 용매의 영향은 solubility parameter를 이용하여 평가할 수 있는데, 이것은 어떤 분자가 다른 물질내로 침투하여 용해시키는 능력을 나타내는 수치이다²⁵⁾. Wu와 Mckinney⁴¹⁾는 복합 레진을 잘 녹일 수 있는 용매의 solubility parameter는 9.0-14.5 (cal/cm³)^{1/2} 이며, 이는 75% 에탄올을 용매로 사용하였을 때 얻을 수 있는 수치라고 보고하였다. 또한 다른 연구들에 따르면 유기 용매는 물보다 레진 기질의 결합 구조에 더 잘 침투하여 레진의 표면을 잘 연화시키고 더 많은 양의 성분들을 용리시키며, Bis-GMA와 UDMA 등은 유기 용매에 용해성이 강하다고 하였다¹⁰⁾.

재료의 크기와 화학적인 조성과 관련하여 더 작은 입자를 가질수록 운동성이 증가하고 더 빠른 비율로 입자가 용리되어 나

을 것이라 기대해볼 수 있으나 아직까지는 이에 관해 정확한 연구결과가 보고되지는 않았다²⁵⁾.

이처럼 다양한 원인들에 의해 용리되어 나오는 모노머들은 세포 독성을 나타낼 잠재적인 가능성이 있고, methacrylate를 포함한 레진계 재료들에 대해 감수성을 보이는 환자들에 관한 임상보고와 치과용 수복재의 주성분들에 대한 과민증을 보고한 사례들을 볼 때^{11,16)}, 치면열구전색 후 존재하는 미반응 층을 줄이거나 제거하는 임상적 기술이 발달되어야 할 것으로 생각된다.

이와 관련한 대부분의 실험실 연구에서는 에탄올과 같은 유기 용매를 이용하여 복합 레진에 남아있는 미반응 모노머를 효과적으로 제거할 수 있다고 하였으나⁴²⁾ 이러한 유기 용매는 환자의 구강내에 직접 적용할 수 없는 한계점을 가지고 있다.

본 연구에서는 mild abrasive agent를 사용한 기계적 제거 방법이 치면열구전색제의 산소 억제층을 제거하는데 효과적임을 관찰할 수 있었고, 이는 Rueggerberg 등¹¹⁾이 보고한 결과와 일치하였다. 그리고 증류수로 세척한 군은 모노머 제거 효과가 있기는 하나 다른 표면 처리 군들에 비해 상대적으로 그 효과가 떨어지는 것으로 나타났는데, 이는 TEGDMA가 Bis-GMA나 Bis-DMA에 비해 약간의 친수성을 가지기는 하나 전반적인 산소억제층 자체가 소수성 성질을 가지고 있기 때문에¹⁾, 산소억제층 최외층면 외에는 제거하지 못하기 때문에 추측된다. 또한 알콜 솜으로 문지른 군이 퍼미스와 러버컵을 이용한 기계적 제거 방법에 비하여 모노머 제거 효과가 떨어지는 것으로 나타난 것은 알콜 솜으로 문지른 경우 산소억제층의 바깥쪽 층은 제거되지만 치면열구전색제의 표면에 흡수되어 있는 얇은 층은 제거하지 못하여 나타나는 결과로 생각되며, 따라서 퍼미스와 러버컵을 사용한 mild abrasive action이 잔존 모노머의 양을 줄이는데 효과적이라 할 수 있다. Rueggerberg 등¹¹⁾은 퍼미스를 솜으로 적용하는 것보다 러버컵으로 적용하는 것이 치면열구전색제 표면의 불규칙한 면에 효과적으로 접촉하기 때문에 더 좋다고 하였으며, 퍼미스의 사용시 물을 임의로 섞어서 쓰는 것보다 미리 계량하여 조합된 퍼미스를 쓰는 것이 산소억제층을 균등하게 제거하는데 더 효과적이라 하였다.

이번 연구를 통하여 치면열구전색 시 중합시간이 증가할수록 미반응 모노머의 양이 줄어들고, 퍼미스와 러버컵을 이용하여 표면처리를 할 경우 잔존 모노머 제거 효과가 뛰어난 것을 알 수 있었으나, 용리되어 나오는 모노머들이 오직 산소억제층으로부터만 나온 모노머인지 아니면 중합된 다량체 기질에서 용리되어 나오는 미반응 모노머가 포함되어 있는지는 구분할 수 없는 한계점이 존재하였다. 또한 치면열구전색제는 수복용 레진보다 강도가 떨어지므로 퍼미스와 러버컵 사용시 치면열구전색제와 치면 사이의 계면에서 미세 파절과 표면 거칠기의 증가가 우려되며, 따라서 이를 확인하고 예방할 수 있는 방법에 관한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 중합된 치면열구전색제로부터 미반응 모노머들이 용리되는지 알아보고, 미반응 모노머의 용리량을 줄이고자 중합률에 영향을 미치는 광조사 시간을 달리하였을 경우 용리되어 나오는 모노머의 양에 차이가 있는지 알아보려고 하였다. 그리고 치면열구전색제의 중합 후 표면에 나타나는 미반응 모노머층을 다양한 방법으로 제거한 후 모노머들이 용리되는지 확인하고 정량분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 대조군과 실험군에서 TEGDMA를 제외한 어떠한 모노머들도 검출되지 않았다.
2. 최소 중합시간, 권장 중합시간, 권장 중합시간 이상의 순으로 중합시간이 증가할수록 TEGDMA의 용리량은 감소하였다.
3. 표면처리를 한 군들은 대조군에 비하여 TEGDMA의 용리량이 유의할 만하게 감소하였다.
4. 표면처리를 한 군 가운데 퍼미스와 러버컵을 이용한 경우 잔존 모노머의 제거 효과가 다른 군에 비하여 유의성 있게 높았다.
5. 권장 중합시간 이상인 60초 중합 후, 퍼미스와 러버컵을 이용하여 표면처리한 경우 가장 적은 양의 모노머 용리량을 보였다.

참고문헌

1. Rueggeberg FA, Dlugokinski M, Ergle JW : Minimizing patients' exposure to uncured components in a dental sealant. J Am Dent Assoc, 130:1751-1757, 1999.
2. Hamid A, Hume WR : A study of component release from resin pit and fissure sealants *in vitro*. Dent Mater, 13:98-102, 1997.
3. Moon HJ, Lim BS, Lee YK, et al. : Determination of residual monomers in dental pit and fissure sealants using food/oral simulation fluids. Bull, Korean Chem Soc, 21:1115-1118, 2000.
4. Munksgaard EC, Peutzfeldt A, Asmussen E : Elution of TEGDMA and BisGMA from a resin and a resin composite cured with halogen or plasma light. Eur J Oral Sci, 108:341-345, 2000.
5. Harrington E, Wilson HJ, Shortall AC : Light-activated restorative materials : a method of determining effective radiation times. J Oral Rehabil, 23:210-218, 1996.
6. 김상배, 박호원 : 광원에 따른 조사거리의 증가가 복합레진의 중합도에 미치는 영향. 대한소아치과학회지, 31:273-

- 279, 2004.
7. Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E : Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater*, 16:330-336, 2000.
 8. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, *et al.* : Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater*, 16:41-47, 2000.
 9. Stahl F, Ashworth SH, Jandt KD, *et al.* : Light emitting diode (LED) polymerisation of dental composites : flexural properties and polymerisation potential. *Biomaterials*, 21:1379-1385, 2000.
 10. Natanason D, Lertpitayakun P, Lamkin MS, *et al.* : *In vitro* elution of leachable components from dental sealants. *J Am Dent Assoc*, 128:1517-1523, 1997.
 11. Hume WR, Gerzina TM : Bioavailability of components of resin-based materials which are applied to teeth. *Crit Rev Oral Bio Med*, 7:172-170, 1996.
 12. Hanks CT, Strawn SE, Wataha JC, *et al.* : Cytotoxic effects of resin components on cultured mammalian fibroblast. *J Dent Res*, 70:1450-1455, 1991.
 13. Wataha JC, Hanks CT, Fat JC, *et al.* : Cytotoxicity of components of resins and other dental restorative materials. *J Oral Rehabil*, 21:453-462, 1994.
 14. Geursten W, Spahl W, Leyhausen G : Variability of cytotoxicity and leaching of substances from four light-curing pit and fissure sealants. *J Biomed Mater Res*, 44:73-77, 1998.
 15. Schedle A, Franz A, Rausch-Fan X, *et al.* : Cytotoxic effects of dental composites, adhesive substances, compomers and cements. *Dent Mater*, 14:429-440, 1998.
 16. Stanley HR : Effects of dental restorative materials : local and systemic responses reviewed. *JADA*, 124:76-80, 1993.
 17. Hallstrom V : Adverse reaction to a fissure sealant : report of a case. *ASDC. J Dent Child*, 60:143-146, 1993.
 18. Katsuno LK, Manabe A, Itoh K, *et al.* : A delayed hypersensitivity reaction to dentin primer in the guinea-pig. *J Dent*, 23:295-300, 1995.
 19. Lind PO : Oral lichenoid reactions related to composite restoration. *Acta Odontol Scand*, 46:63-65, 1988.
 20. Nathanson D, Lockhart P : Delayed extraoral hypersensitivity to dental composite material. *Oral surg*, 47:329-333, 1979.
 21. Carmichael AJ, Gibson JJ, Walls AW : Allergic contact to bisphenol-A glycidyl dimethacrylate(BIS-GMA) dental resin associated with sensitivity to epoxy resin. *Br Dent J*, 183:297-8, 1997.
 22. Olea N, Pulgar R, Perez P, *et al.* : Estrogenicity of resin-based composites and sealants used in dentistry. *Environ Health Perspect*, 104:298-305, 1996.
 23. Ruyter IE : Unpolymerized surface layers on sealants. *Acta Odontol Scand*, 39:27-32, 1981.
 24. Mohsen NM, Cratig RG, Hanks CT : Cytotoxicity of urethane dimethacrylate composites before and after aging and leaching. *J Biomed Mater Res*, 124:76-80, 1998.
 25. Ferracane JL : Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehabil*, 21:441-452, 1994.
 26. Lewis JB, Rueggeberg FA, Lapp CA, *et al.* : Identification and characterization of estrogen-like components in commercial resin-based dental restorative materials. *Clin Oral Investig*, 3:107-113, 1999.
 27. Fung EY, Ewoldsen NO, St Germain HA Jr, *et al.* : Pharmacokinetics of bisphenol A released from a dental sealant. *J Am Dent Assoc*, 131:51-58, 2000.
 28. Jontell M, Hanks CT, Bratel J, *et al.* : Effects of un-polymerized resin components on the function of accessory cells derived from the rat incisor pulp. *J Dent Res*, 74:1162-1167, 1995.
 29. Geurtsen W, Lehmann F, Spahl W, *et al.* : Cytotoxicity of 35 dental resin composite monomers/additives in permanent 3T3 and three human primary fibroblast cultures. *J Biomed Mater Res*, 41:474-480, 1998.
 30. Stanislawski L, Lefeuvre M, Bourd K, *et al.* : TEGDMA-induced toxicity in human fibroblasts is associated with early and drastic glutathione depletion with subsequent production of oxygen reactive species. *J Biomed Mater Res A*, 66:476-482, 2003.
 31. Harris JS, Jacobsen PH, O'Doherty DM : The effect of curing light intensity and test temperature on the dynamic mechanical properties of two polymer composites. *J Oral Rehabil*, 26:635-639, 1999.
 32. Yang HS, Park YJ : Effect of compositional change of composite resin on mechanical properties. *J Kor Res Soc Dent Mat*, 16:185, 1989.
 33. Nomoto R : Effect of light wavelength on polymerization of light-cured resins. *Dent Mater J*, 16:60-

- 73, 1997.
34. Miyazak M, Oshida Y, Moore BK, *et al.* : Effect of light exposure on fracture toughness and flexural strength of light cured composite. *Dent Mater*, 12:328-332, 1996.
35. Lindberg A, Peutzfeldt A, van Dijken JW : Effect of power density of curing unit, exposure duration, and light guide distance on composite depth of cure. *Clin Oral Invest*, 9:71-76, 2005.
36. Kim JW, Jang KT, Lee SH, *et al.* : Effect of curing method and curing time on the microhardness and wear of pit and fissure sealants. *Dent Mater*, 18:120-127, 2002.
37. Jacobsen PH, Koliniotou-Kubia E : The effect of irradiation time on the physical properties of light-cured resins. *Clin Mater*, 6:21-28, 1990.
38. 이영준, 최남기, 양규호 등 : Halogen lamp 광조사기와 Plasma xenon arc lamp 광조사기에 의한 광중합 복합레진의 중합률 비교. *대한소아치과학회지*, 29:328-336, 2002.
39. Brosh T, Baharav H, Gross O, *et al.* : The influence of surface loading and irradiation time during on mechanical properties of a composite. *J Prosthet Dent*, 77:573-577, 1997.
40. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr. : Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent*, 19:26-32, 1994.
41. Wu W, McKinney JE : Influences of chemical on wear of dental composites. *J Dent Res*, 61:1180-1183, 1982.
42. Ferracane JL, Condon JR : Rate of elution of leachable components from composites. *Dent Mater*, 6:282-287, 1990.

Abstract

**MONOMER RELEASE FROM PIT AND FISSURE SEALANT
FOLLOWING BY SURFACE TREATMENT AND CURING TIME**

Hyun-Woo Seo

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

The purpose of this study was to evaluate the effects of a various light curing time on the residual monomers released from light-cured dental sealant, and to examine the effectiveness of surface treatment in reducing the oxygen-inhibited layer of light-cured dental sealant(Helioseal® F, Vivadent, Liechtenstein). Specimens were cured with a halogen light curing unit(XL 3000, 3M, USA) for 20, 40, 60s. Surface treatment of a light-cured dental sealant included no treatment(control group), a 10-seconds exposure to distilled water(Group I), 10-seconds manual application using a cotton pellet wetted with 75% alcohol(Group II), and 10-seconds application of a water/pumice slurry using a rubber cup on a slow-speed handpiece. The specimens were eluted in distilled water for 10 minutes. All elutes were analyzed by HPLC for identification and quantitative analysis of monomers.

The results of this study can be summarized as follows.

1. None of the chromatograms of the tested sealant displayed peaks with the same retention time as that of the standard solution, except for TEGDMA.
2. The release of TEGDMA decreased with increasing curing time in conventional halogen light.
3. All surface treatment group had a decrease of monomer release in comparison with no treatment group.
4. Treatment that Group III eliminated the greatest amount of any type of residual monomers.
5. The elution of unreacted monomers from curing with halogen curing unit for 60s and Group III was less than other groups.

Key words : Pit and fissure sealant, Curing time, Surface treatment, Monomer